	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>  <b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>	<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15
		<b>VERSIÓN</b>	02
		<b>FECHA</b>	03/04/2017
		<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>	
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

### AUTOR:

NOMBRES: INNIAS MIGUEL      APELLIDOS: CADENA GONZALEZ

### FACULTAD DE EDUCACIÓN ARTES Y HUMANIDADES

PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA

### DIRECTOR:

NOMBRES: JULIO ALFREDO APELLIDOS: DELGADO ROJAS

**TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS):** OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA EN LA DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL Y COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. CASO DEL MUNICIPIO DE PELAYA CESAR

### RESUMEN

El municipio de Pelaya - Cesar cuenta con un clima cálido húmedo, en el cual las condiciones de temperaturas elevadas evidencian espacios con poco confort térmico tras el uso de materiales que no respetan el contexto ambiental en el que se implantan. Desde este punto la investigación se centra en el estudio del contexto articulando disciplinas como la matemática, la topología, la bioclimática y las disposiciones estructurales.

El modelo arquitectónico es arrojado de un análisis amplio del componente urbano, presentando análisis socioeconómicos, medioambientales, urbano sociales y físico-construido, aportando información de dinámicas como el crecimiento urbano del municipio, llenos y vacíos, zonas de expansión y diseños de crecimiento urbano, trama vial y propuestas de ejes ambientales que plantean mejoramiento a las condiciones del sector, logrando luego de la caracterización del clima y de los sistemas constructivos en tierra del municipio, presentar un modelo arquitectónico que articula sistemas constructivos en tierra desde composiciones como el bahareque, articulando técnicas estructurales contemporáneas que hacen viable la implantación de estos proyectos en el contexto urbano del municipio, dando como resultado un proyecto de vivienda unifamiliar, con el uso de materiales vernáculos y tipología de vivienda que mantiene la identidad de la región.

**PALABRAS CLAVES:** ARQUITECTURA EN TIERRA, ARQUITECTURA VERNÁCULA, TOPOLOGÍA, MUNICIPIO DE PELAYA, DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

### CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 217 FOTOGRAFÍAS:14 FIGURAS:133 TABLAS:10 ANEXOS:23    CD ROOM: 0

OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA EN LA DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL Y  
COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA EN  
CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. CASO DEL MUNICIPIO DE PELAYA CESAR

INNIAS MIGUEL CADENA GONZALEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE EDUCACIÓN ARTES Y HUMANIDADES  
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
AÑO 2021

OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA EN LA DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL Y  
COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA EN  
CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. CASO DEL MUNICIPIO DE PELAYA CESAR

Autor:

INNIAS MIGUEL CADENA GONZALEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:

ARQUITECTO

Director:

Arq. Julio Alfredo Delgado Rojas

Codirector:

Arq. Astrid Matilde Portillo Rodríguez

Dra. Mawency Vergel Ortega

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE EDUCACIÓN ARTES Y HUMANIDADES  
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
AÑO 2021

**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS  
PLAN DE ESTUDIOS DE ARQUITECTURA**

Fecha: noviembre 22 de 2021

**TITULO:** "OPTIMIZACIÓN TOPOLOGICA EN LA DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL Y COMPORTAMIENTO BIOCLIMATICO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. CASO DEL MUNICIPIO DE PELAYA CESAR"

**Presentado por:** INNIA MIGUEL CADENA GONZALEZ código 1500765

**Modalidad:** Arquitectónica


**JURADOS** SANYERN YARELLY RICO GARCIA  
ANDRES ALBERTO ALVAREZ BAYONA  
RAMON GALVIS CENTURION

**DIRECTOR:** JULIO ALFREDO DELGADO ROJAS  
**CO RIRECTOR:** ASTRID MATILDE PORTILLO RODRIGUEZ  
MAWENCY VERGEL ORTEGA

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>A. M. L.</b>
INNIA MIGUEL CADENA GONZALEZ	4.7	MERITORIA

  
SANYERN YARELLY RICO GARCIA

  
ANDRES ALBERTO ALVAREZ BAYONA

  
RAMON EDUARDO GALVIS CENTURION

  
YANNETTE DIAZ UMAÑA  
Coordinadora Comité Curricular





**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta, 2 diciembre 2021

Señores

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS


Ciudad

Cordial saludo:

**Innias Miguel Cadena Gonzalez**, identificado con la C.C. N° **1090504333**, autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA EN LA DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL Y COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA EN CLIMA CÁLIDO HÚMEDO. CASO DEL MUNICIPIO DE PELAYA CESAR presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de **Arquitecto**; autorizo a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que “**los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores**”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.



Innias Miguel Cadena González  
C.C. 1090504333

## Tabla de contenido

Introducción	24
1. Formulación del Proyecto de Investigación	28
1.1 Título	28
1.2 Planteamiento del Problema	28
1.3 Pregunta de Investigación	38
1.4 Objetivos	39
1.4.1 Objetivo general.	39
1.4.2 Objetivos Específicos	39
1.5 Justificación	39
1.6 Alcances y Limitaciones	44
1.6.1 Alcances	44
1.6.2 Limitaciones.	45
1.7 Delimitaciones	46
1.7.1 Espacial	46
1.7.2 Temporal	47
1.7.3 Conceptual	47
2. Marco Referencial	48
2.1 Definición	48
2.2 Antecedentes	48
2.2.1 Antecedentes internacionales	48
2.2.1.1 Antecedentes de campo.	48
2.2.1.2 Antecedentes de teóricos.	51
2.2.2 Antecedentes Nacionales.	54

2.3 Marco Conceptual	58
2.4 Marco Teórico	61
2.4.1 La historia y la identidad	61
2.4.1.1 Restauración e Identidad, salvando la memoria	61
2.4.1.2 Arquitectura e Identidad a través del tiempo	62
2.4.1.3 Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia	63
2.4.2 Confort arquitectónico desde los materiales vernáculos	65
2.4.2.1 Arquitectura y clima	65
2.4.2.2 La arquitectura bioclimática	66
2.4.2.3 Arquitectura de tierra. Caracterización de los tipos edificatorios	66
2.4.3 La arquitectura en tierra y la estructura	67
2.4.3.1 El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales	67
2.4.3.2 La evolución de los sistemas constructivos en tierra	68
2.4.4 Optimización estructural y arquitectónica desde conceptos matemáticos	69
2.4.4.1 ¿Qué es topología?	69
2.4.4.2 Teoría de grafos. Aplicaciones al diseño arquitectónico	70
2.4.4.3 Aplicaciones arquitectónicas de la teoría de grafos	71
2.4.4.4 Forma arquitectónica y estructura a través de la optimización topológica.	72
2.4.4.5 Diseño óptimo simultáneo de topología y geometría de estructuras articuladas mediante técnicas de crecimiento	73
2.5 Marco Contextual	75
2.5.1 Localización geográfica	75
3. Marco Metodológico	77
3.1 Tipo de Investigación Mixta	77

3.1.1 Investigación analítico-descriptiva	78
3.1.2 Investigación proyectiva	79
3.2 Población	79
3.3 Muestra	80
3.4 Técnicas de Recolección de Información	80
3.4.1 Observación	80
3.4.2 Instrumentos	80
3.5 Técnicas de Análisis de Información	81
4. Aspectos Administrativos	82
4.1 Cronograma	82
4.2 Descripción del Cronograma	82
4.3 Presupuesto	83
5. Diagnóstico urbano arquitectónico	84
5.1 Análisis urbano-topológico	84
5.1.1 Dinámicas Urbano-Histórico	84
5.1.2 Dinámicas de Relación Urbano-Topológicas	86
5.1.3 Dinámicas socio-demográficas	89
5.2 Análisis urbano-Ambiental y Económico	90
5.2.1 Dinámicas Urbano-ambientales.	97
5.2.2 Recursos naturales y sostenibilidad económica.	103
5.2.3 Impacto ambiental	110
5.3 Análisis Físico-construido	115
5.3.1 Uso de suelos	115
5.3.2 Arquitectura Residencial en Tierra	119
5.3.3 Catálogo de edificaciones	122

5.3.4 Arquitectura en tierra y Topología.	126
5.3.4.1 Optimización estructural desde la geometría topológica.	128
6. Proyección Urbana	131
6.1 Crecimiento Urbano	131
6.2 Proyección Vial.	134
6.3 Espacio Público y propuesta medioambiental.	136
7. Modelo Arquitectónico	139
7.1 Parámetros de diseño.	139
7.1.1 Parámetros sociales y económicos	140
7.1.2 Parámetros ambientales	141
7.1.2.1 Caracterización Climática. Diagnóstico de Confort.	144
7.1.2.2 Parámetros bioclimáticos de diseño.	152
7.1.2.3 Parámetros ambientales de diseño urbano-proyectual.	152
7.1.3 Parámetros técnicos	154
7.2 Proceso de Diseño	155
7.3 Técnica constructiva	159
7.3.1 Cimentación	160
7.3.2 Estructura	163
7.3.3 Muros no estructurales de tierra y paneles de Bahareque	164
7.3.4 Disposición de cubierta.	168
7.4 Medidas bioclimáticas	169
8. Proceso de diseño	172
8.1 Conceptos.	172
8.2 Morfología	173
9. Propuesta Arquitectónica	175

9.1 Implantación urbano ambiental del proyecto.	175
9.2 Organigrama	178
9.3 Flujograma	178
9.4 Programa Arquitectónico.	181
9.5 Planimetrías	182
Referencias Bibliográficas	192

## Lista de Figuras

Figura 1. Mancha urbana, Pelaya – Cesar.	28
Figura 2. Mapa de huella ecológica global medida en ha/cap./año (año 2005) Fuente: Global Footprint Network.	30
Figura 3. Delimitación espacial del proyecto de investigación (año 2019) Fuente Elaboración a base de la Cartografía Oficial: Revisión Ordinaria EOT Pelaya 2015 (República De Colombia, Departamento Del Cesar, Alcaldía Municipal De Pelaya).	46
Figura 4, Modelo de optimización topológica de Torre Santa María (Lyon, A., García, R. 2013).	51
Figura 5. Museo tiflológico. Modelo de Pabellón (Lyon, A., García, R. 2013).	53
Figura 6. Reformulación del proceso de diseño para propuesta de optimización. Fuente (Martínez, P. 2003, p. 7)	74
Figura 7. Cartografía de georreferenciación del lugar del proyecto.	75
Figura 8. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1938 – 2021. Elaboración basado en información obtenida en Sánchez, L. 2005, Planeación Municipal. 2018.	84
Figura 9. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1938 – 1940.	85
Figura 10. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1943 – 1967.	85
Figura 11. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1975 – 1993.	85
Figura 12. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1998 – 2021.	86
Figura 13. Topología de relaciones y conectividad urbana.	86
Figura 14. Concentración de actividad humana. Enclaves de estructura topológica.	87

Figura 15. Topología morfológica del espacio urbano. Llenos y vacíos.	88
Figura 16. Proyección poblacional municipal por área 2005 – 2020 Pelaya Cesar. DANE (2005).	89
Figura 17. Relación porcentajes de población – sexo y edades. DANE (2005)	89
Figura 18. Población Pelaya, porcentajes por sexo. DANE (2005)	90
Figura 19. Relación porcentaje población - número de personas por hogar Pelaya. DANE (2005).	90
Figura 20. Distribución a Nivel Nacional y Regional de la Palma. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2021	91
Figura 21. Desarrollo y distribución de las pencas de palma	92
Figura 22. Conflictos ambientales en el planeta. IDEAM; PNUD; MADS; DPN (2016).	98
Figura 23. Bosque seco tropical deforestado en Colombia. Humboldt, A. (2014)	99
Figura 24. Porcentaje población urbana, población rural. DANE (2018) citado en CESORE (2020)	100
Figura 25. Clasificación del clima en Colombia según temperatura y humedad relativa. Guía de Desarrollo Sostenible Para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones. (2015)	101
Figura 26. Fuentes hídricas importantes. Ciénega de Sahaya, río Magdalena, y cuencas hidrográficas de menor escala	102
Figura 27. Porcentaje de Pobreza multidimensional. Colombia – Cesar – Pelaya. DPN (2015)	103
Figura 28. Índice de pobreza en el Cesar. DANE (2020) Citado en El PILÓN (2021).	104
Figura 29. Índice de pobreza multidimensional del Cesar por municipios. DANE (2020)	104



Figura 30. Porcentaje de hogares con actividad económica de Pelaya. DANE (2005)	105
Figura 31. Porcentajes de Cabeza de familia por sexo en Pelaya Cesar. Geo portal DANE (2018)	106
Figura 32. Uso de suelos rurales, actividad económica medioambiental.	107
Figura 33. Método integral de diseño ambiental. (MIDA). Cortés y Villar. (2014)	108
Figura 34. Diagrama de interrelación de variables. Cortés y Villar (2014)	109
Figura 35. Fragmentación Bosque seco y expansión Urbana.	111
Figura 36. Efecto viento de montaña. González (2010)	112
Figura 37. Perfil topográfico y de vientos predominantes este - oeste	112
Figura 38. Cartografía de dirección media del viento. Weather Spark (2021)	113
Figura 39. Topografía casco Urbano.	114
Figura 40. Delimitación barrial del municipio.	115
Figura 41. Mapa de actividades y uso de suelo urbano.	116
Figura 42. Unidades de vivienda del municipio en índice de informalidad habitacional, Pelaya y el Cesar. DANE (2018) UPRA (2019)	117
Figura 43. Déficit Habitacional, Colombia – Cesar – Pelaya. CNPV; DANE (2018)	117
Figura 44. Mapa de equipamiento urbano.	118
Figura 45. Mapeo de dinámicas urbanas: uso de suelos	119
Figura 46. Índice de tipologías de viviendas en el municipio. DANE (2005)	119
Figura 47. Morfología de lotes del municipio con presencia de técnicas constructivas en tierra.	120

Figura 48. Mapeo de viviendas con técnicas constructivas en tierra de Pelaya.	121
Figura 49. Mapeo de viviendas en tierra. Georreferenciación 194 viviendas con ficha de diagnóstico.	124
Figura 50. Mapeo de viviendas en tierra sin diagnóstico. Georreferenciación de viviendas.	125
Figura 51. Geometría de lotes con presencia de viviendas en tierra. Viviendas sin diagnóstico.	126
Figura 52. Geometría de lotes con presencia de viviendas en tierra. Viviendas catalogadas.	127
Figura 53. Modulación de la edificación desde la transformación topológica del pliegue. Fuente: Perés, L. (2020) Estereotomía y topología en arquitectura. PP. 99	129
Figura 54. El pliegue como estructura topológica optimizada para sistemas constructivos con raquis.	130
Figura 55. Aplicación del pliegue para la modificación topológica en un proyecto.	130
Figura 56. Cartografía Urbana. Dinámica de crecimiento urbano.	132
Figura 57. Radiografía Urbana. Mapa de llenos y vacíos del casco urbano.	133
Figura 58. Mapa de diagnóstico. Estado de vías actual y zona de expansión urbana.	134
Figura 59. Propuesta vial, expansión urbana y conectividad 2050.	135
Figura 60. Mapa urbano rural. Límite entre lo construido y lo verde.	136
Figura 61. Propuesta de corredor verde, Propuesta medioambiental y delimitación de propuesta arquitectónica de vivienda.	137
Figura 62. Propuesta de corredor verde, intervención a escala urbana.	138

Figura 63. Mapa de estructura ecológica general. Propuesta de articulación turística del río Magdalena y ciénega de Sahaya.	139
Figura 64. Estrategias Bioclimáticas de Georreferencia. Carta Solar de Pelaya.	143
Figura 65. Diagrama Solar L4°N. Olgyay (1968) Citado en González (2010)	144
Figura 66. Graficas de Temperaturas mensuales. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	145
Figura 67. Grafica de temperaturas horarias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	146
Figura 68. Isotermas. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	146
Figura 69. Grafica de humedades relativas mensuales. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	147
Figura 70. Grafica de Humedades relativas Horarias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	148
Figura 71. Isohigras. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	148
Figura 72. Tabla de temperaturas y humedades relativas horarias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	149
Figura 73. Carta Bioclimática de Olgyay. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	150
Figura 74. Carta Psicométrica de Givoni. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	150
Figura 75. Diagnostico Bioclimático, Recomendación de estrategias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	151
Figura 76. Coeficientes de Serra y Coch, recomendaciones según clima anual. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)	151
Figura 77. Estrategia de implantación bioclimática. Selección de lote a intervenir.	156

Figura 78. Topografía del predio e implantación esquemática.	157
Figura 79. Densidad de sombras. Día y tarde.	158
Figura 80. Diagrama solar latitud 8.6° N. Implantación de abstracción volumétrica.	158
Figura 81. Diagrama de vientos dominantes. Implantación del bloque	159
Figura 82. Movimiento en masa por sismos históricos en el mapa de zonificación sísmica de Colombia. (INGEOMINAS, 1999)	160
Figura 83. Propuesta de cimentación y estructura de vigas y columnas.	161
Figura 84. Propuesta de cimentación estructural. Zapatas aisladas.	162
Figura 85. Viga de cimentación. Amarre estructural de la vivienda.	162
Figura 86. Sobrecimiento. Viga de amarre muros confinados y cerramiento.	162
Figura 87. Propuesta estructural, columnas en concreto. NSR 10	163
Figura 88. Sistema estructural porticado. Columnas y vigas, concreto y acero. Optimización de disposición estructural.	164
Figura 89. Despiece constructivo muro en tierra para espacio cubierto.	165
Figura 90. Despiece constructivo muro en tierra para espacio expuesto.	165
Figura 91. Detalle de acabado muro en tierra.	166
Figura 92. Despiece constructivo muro en tierra. Corte.	167
Figura 93. Despiece constructivo de ventana con sistema de ventilación raquis.	167
Figura 94. Despiece constructivo cubierta.	168
Figura 95. Despiece constructivo cubierta.	168
Figura 96. Esquema general de incidencia solar. Mañana y Tarde.	171

Figura 97. Ventilación cruzada, propuesta conceptual de planta arquitectónica.	172
Figura 98. Estereotomía topológica. Pliegue como configuración morfológica de optimización topológica y disposición estructural.	173
Figura 99. Levantamiento de muros. Bahareque como estrategia Bioclimática, ladrillo como estrategia estructural y de humedad.	173
Figura 100. Pérgolas como estrategia bioclimática.	174
Figura 101. Cubierta con base en tierra, y piel de ferrocemento. Cubierta con reducción de transferencia térmica.	174
Figura 102. Cerramiento, Propuesta arquitectónica en lote medianero.	174
Figura 103. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de circuito peatonal y nodos.	175
Figura 104. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de áreas comerciales, ciclo rutas y estaciones.	176
Figura 105. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de áreas ciclo rutas y accesibilidad urbana.	176
Figura 106. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de áreas ciclo rutas, accesibilidad urbana, estaciones e implantación proyectual.	177
Figura 107. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental.	177
Figura 108. Perfil de implantación general y aplicación de urbanismo.	178
Figura 109. Distribución de áreas	179
Figura 110. Definición de áreas sociales en el modelo.	179
Figura 111. Definición de áreas privadas en el modelo.	180
Figura 112. Áreas de esparcimiento – zona verde.	180

Figura 113. Definición de zonas húmedas, muros en tierra y circulación.	180
Figura 114. Disposición de circulación interna y externa del módulo.	181
Figura 115. Propuesta arquitectónica. Fachada Lateral izquierda	182
Figura 116. Propuesta arquitectónica. Fachada Lateral derecha	183
Figura 117. Propuesta arquitectónica. Fachada Posterior	183
Figura 118. Propuesta arquitectónica. Fachada Principal	184
Figura 119. Planta arquitectónica.	184
Figura 120. Propuesta arquitectónica. Corte Transversal.	185
Figura 121. Propuesta arquitectónica. CORTE LONGITUDINAL	185
Figura 122. Propuesta arquitectónica. Planta de Cubiertas.	185
Figura 123. Muros en tierra. Vista posterior	186
Figura 124. Exterior: fachada Posterior	186
Figura 125. Interna: detalles percolado y jardín.	187
Figura 126. Exterior: fachada principal.	187
Figura 127. Exterior: Implantación general.	188
Figura 128. Exterior: fachada principal.	188
Figura 129. Vista aérea. Parque Fachada principal.	189
Figura 130. Vista aérea. Contexto urbano.	189
Figura 131. Vista aérea. Contexto urbano.	190
Figura 132. Vista frontal. Cubierta y detalle perfil metálico.	190



## Lista de Fotografías

Fotografía 1 Mapa de huella ecológica global medida en ha/cap./año (año 2005) Fuente: Global Footprint Network.	37
Fotografía 2 Casa Munita González. Luis García (Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura, 2013).	48
Fotografía 3 Proceso constructivo, estructura y piel en acero y tierra. Pablo Alvear (Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura, 2013).	49
Fotografía 4 Casa bioclimática Canarias, España (Rodríguez, J. 2010).	50
Fotografía 5 Casa bioclimática Canarias, España (Rodríguez, J. 2010).	51
Fotografía 6 Torre santa maría (Lemparte Barreda y Asociados. 1980).	52
Fotografía 7. La Casa De Los 4 Elementos. Colombia. (Restrepo, D. 2018)	55
Fotografía 8 Interior de la Casa De Los 4 Elementos. Colombia. (Restrepo, D. 2018)	55
Fotografía 9 La casa Supitina, Colombia. (Esperanza, L. 2013)	57
Fotografía 10. imagen de la palma y detalle de la vaina foliar.	93
Fotografía 11. Corte transversal del raquis en estado seco.	94
Fotografía 12. variación de diámetro en los raquis.	95
Fotografía 13. Modulación empírica de sistemas constructivos con Raquis de palma en el municipio de Pelaya.	96



## Lista de tablas

Tabla 1. Material predominante en paredes hogares urbanos y centro poblado	36
Tabla 2. Cronograma de actividades para realización del proyecto.	82
Tabla 3. Presupuesto de la Investigación	83
Tabla 4. Principal vocación de los municipios de la Subregión del Cesar. MinTrabajo (2014)	107
Tabla 5. Catálogo de Edificaciones. Viviendas con sistemas constructivos en tierra del municipio.	122
Tabla 6. Cuadro de códigos y medidas de lotes viviendas en tierra. 390 lotes codificados.	123
Tabla 7. Estudio de área total de lotes con vivienda en tierra. Promedios de área puntual, frente y fondo de lote.	123
Tabla 8. Confort térmico en Colombia. IDEAM (s.f.) citado en Gonzáles (2010).	169
Tabla 9. Contenido energético materiales. Cedeño (2010)	170
Tabla 10. Programa arquitectónico	181

## Lista de anexos

Anexo 1. Plano arquitectónico de implantación.	202
Anexo 2. Plano planta arquitectónica.	202
Anexo 3. Planos de fachadas arquitectónicas.	203
Anexo 4. Plano de corte transversal, longitudinal y detalles.	203
Anexo 5. Planta cubierta y detalles.	204
Anexo 6. Plano cimentación estructural.	204
Anexo 7. Certificado: XV CIATTI 2018. Antecedente de la Investigación en tierra y pelaya.	207
Anexo 8. Certificado: II Encuentro Interinstitucional de Semilleros de Investigación.	207
Anexo 9. Foto noticia. Resultados investigativos	208
Anexo 10. Equipo de investigación. Marco del XIV encuentro de matemática aplicada + XI encuentro de estadística	209
Anexo 11. Semillero Eco-hábitat. Equipo de investigación y ponentes en el EIAC 2019	209
Anexo 12. Equipo de investigación: IV Encuentro Regional de Semilleros de Investigación. Red COLSI 2018	210
Anexo 13. Asistencia ponente encuentro nacional e internacional de semilleros, representación UFPS. Valledupar octubre 2019.	210
Anexo 14. Certificado encuentro nacional e internacional de semilleros, representación UFPS. Valledupar octubre 2019	211

Anexo 15. Certificado participación 7th International Week of Science, Technology and innovation. 2020	211
Anexo 16. Presentación ponencia internacional. 5+1 Material and Plasma. Medellin Colombia 2021	212
Anexo 17. Certificado ponencia internacional. 5+1 Material and Plasma. Medellin Colombia 2021	212
Anexo 18. Catálogo de edificaciones. 194 viviendas catalogadas. Documento completo anexo a junto a este.	205
Anexo 19. Artículo publicado, antecedente de la investigación en matemática aplicada a arquitectura. Artículo anexo a este documento	213
Anexo 20. Artículo publicado, Exploración arquitectura bioclimática pasiva. Celosías. Artículo anexo a este documento	214
Anexo 21. Artículo publicado, Exploración de la topología como método de optimización estructural. Artículo anexo a este documento	215
Anexo 22. Artículo publicado, Exploración de la estereotomía topológica con el uso de raquis para la generación de módulos arquitectónicos construibles. Artículo anexo a este documento	216
Anexo 23. Artículo publicado, Exploración del Raquis de palma como alternativa de material innovador con el uso de arquitectura en tierra. Artículo anexo a este documento	217

## Introducción

La Optimización Topológica puede ser definida como la técnica basada en el análisis mecánico de un componente o una estructura con el objetivo de aligeramiento estructural sin perder las funcionalidades mecánicas del mismo componente, la cual ligada a esta definición Carretero (2008) menciona:

“los problemas de optimización topológica se han planteado tradicionalmente mediante formulaciones de máxima rigidez. Con este tipo de planteamientos se pretende distribuir una cantidad predeterminada de material en un recinto de forma que se maximice la rigidez (se minimice la energía de deformación) de la pieza resultante para un determinado estado de carga”

Esta definición desde un lineamiento arquitectónico tiene un gran sentido positivo por la disminución y ahorro de materiales de una estructura, de un componente o de un módulo arquitectónico desde lo económico, lo ambiental, lo constructivo, etc.

Las peculiaridades principales de la optimización topológica en arquitectura son precisamente la unión de estos dos conceptos (Arquitectura y Topológica). Por primera parte la topología que es una rama de la matemática está enfocada en el estudio de las superficies y los conjuntos desde conceptos muy básicos como el interior, el exterior y el límite. “El topólogo considera los mismos objetos que el geómetra, pero de modo distinto: no se fija en las distancias o los ángulos, ni siquiera de la alineación de los puntos” (Macho, 2002), Es la aparición de herramientas matemáticas como la teoría de grafos, la teoría de nudos o la teoría de superficies que todas íntimamente relacionadas con topología, permiten estudiar casos tangibles en las realidades materiales de cualquier contexto. Es así como la relación con la arquitectura se vuelve más estrecha, pues

optimizar un espacio desde la manera más eficaz de conectar los recintos, o de minimizar el uso del material en la disposición estructural o de la piel del proyecto permite que la optimización topológica sea clave para el diseño de proyectos arquitectónicos.

La optimización topológica, como ya se ha mencionado tiene una relación cercana en la reducción de material de un objeto o recinto; y los problemas ambientales actuales a nivel mundial como la contaminación, la utilización de energías limpias o el cambio climático han delimitado estos problemas como tema central a solucionar por los arquitectos, obligando así a optar por nuevos diseños más eficientes energéticamente, que utilicen materiales más amigables, y a la reducción de los mismos, es decir, a utilizar la menor cantidad de materiales en una obra para así optimizar los recursos. La tendencia ambiental se hace notar en la actualidad, el hablar de confort es vital en cualquier proyecto tanto en un contexto local como global y por ello la tendencia en el uso de materiales que no tengan una huella ecológica alta y que sean muy cercanos a la región, presentando así el candidato más amigable, la tierra como material de construcción, por brindar características muy positivas como bajo impacto en contaminación, alta eficiencia energética y fácil adquisición.

Para comprender esta problemática, a nivel internacional el cambio climático ha hecho que algunas localidades que eran confortables ahora se presenten como extremas, por climas que han aumentado o disminuido de manera abrupta. A nivel nacional, las estaciones no son el problema porque la condición geográfica de hace que sus temperaturas estén mayormente influenciadas por la topografía y la altitud dando resultado a lugares muy fríos como los páramos, o muy calorosos como las costas, y actualmente el calentamiento global ha hecho de que estas zonas presenten variaciones

fuertes de temperatura en épocas de lluvias o sequías y los materiales que actualmente se utilizan en estas regiones no son los óptimos para estas condiciones como se expresa en el caso del municipio de Pelaya Cesar. A partir de esto, la investigación aborda cuatro conceptos muy importantes en el contexto mundial, para atacar una problemática local, como son: La bioclimática, las soluciones constructivas en tierra, la optimización topológica y el confort.

En Pelaya, Cesar el clima es cálido semi-húmedo, y la tendencia de las construcciones en la utilización de materiales como el zinc en las cubiertas, el concreto y mortero en los ladrillos, y construcciones muy bajas que en conjunto generan microclimas en el interior con temperaturas muy altas que se alejan cada vez más al componente del confort. Desde el punto de vista de identidad, el municipio en su surgimiento se caracterizó por la utilización de materiales vernáculos como la tierra y la madera, generando edificaciones confortables, pero con poca estética y con baja estabilidad estructural, esta percepción hizo que través del tiempo el uso de la tierra se relegue a la arquitectura popular y sea remplazada por materiales que dejan una mayor huella ecológica, y es así como la problemática cobra fuerza en dos componentes: La utilización de materiales más confortables como la tierra, y la optimización estructural y bioclimática de la misma para la región de Pelaya Cesar.

La funcionalidad principal de la bioclimática en los proyectos arquitectónicos es entablar parámetros de diseño que sean eficientes desde distintos lineamientos, contando con técnicas activas y pasivas de diseño; la interdisciplinariedad presenta herramientas claves que se pueden articular con los lineamientos bioclimáticos en la arquitectura, por lo que se propone la optimización topológica en la disposición estructural y la solución de

espacios desde el comportamiento bioclimático como opción de análisis para la arquitectura en tierra y soluciones constructivas de la misma, generando así un lineamiento proyectual y de investigación interdisciplinar para el municipio de Pelaya en el Cesar.

La investigación de esta problemática medioambiental, de identidad histórica y arquitectónica se realizó por el interés de identificar la viabilidad de utilizar arquitectura en tierra desde un punto de vista de optimización tanto topológica como bioclimática en diseños con materiales amigables que cumplan con características de sostenibilidad y temáticas de la arquitectura y la habitabilidad local del municipio. Por otra parte, establecer indicadores académicos que no solo contengan conocimientos básicos de la construcción, si no que articule de manera óptima temas interdisciplinarios desde la matemática y la arquitectura en la ejecución de proyectos mucho más consientes en el carácter social, tecnológico, ambiental e histórico y de identidad de una región.

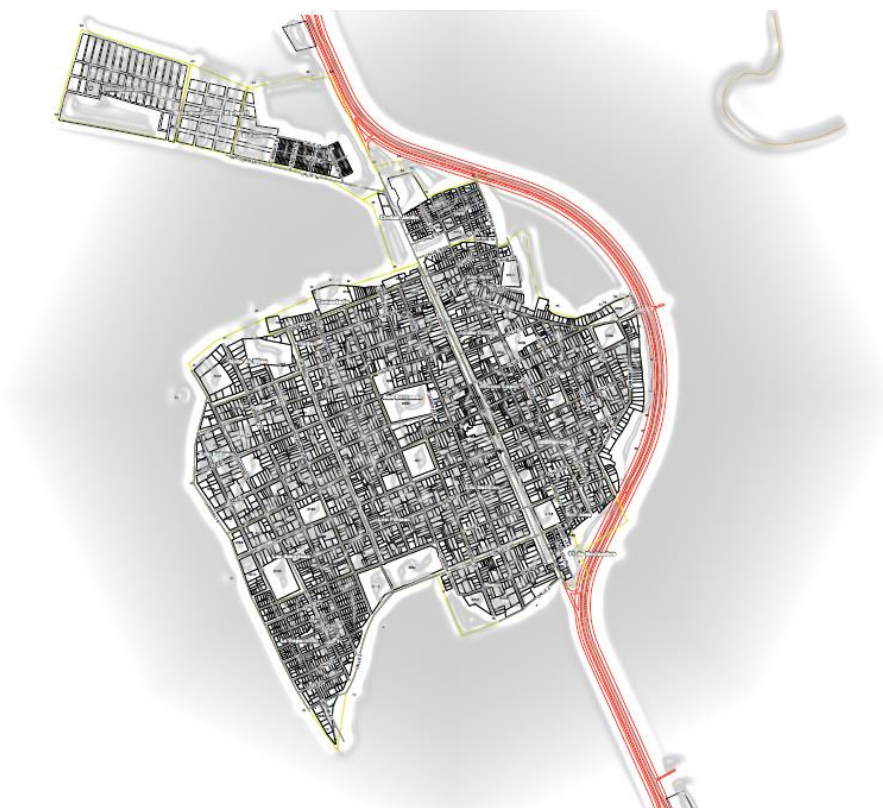
La investigación se ejecuta a través de una metodología Mixta, es decir articulando investigación cualitativa y cuantitativa, para desarrollar una investigación proyectual es la que se determina un modelo arquitectónico óptimo para el municipio de Pelaya Cesar, enfocándose en una población que es en mayor medida vulnerable, y que la arquitectura en tierra presente solo responde a una necesidad de vivienda delimitándose en los hogares que mantienen sistemas constructivos en tierra, para que a partir de ellos se potencialice la identidad de la región y la solución a problemáticas ambientales y de confort.

## 1. Formulación del Proyecto de Investigación

### 1.1 Título

OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA EN LA DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL Y COMPORTAMIENTO BIOCLIMÁTICO DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA EN CLIMA CÁLIDO SEMI-HÚMEDO. CASO DEL MUNICIPIO DE PELAYA CESAR

### 1.2 Planteamiento del Problema



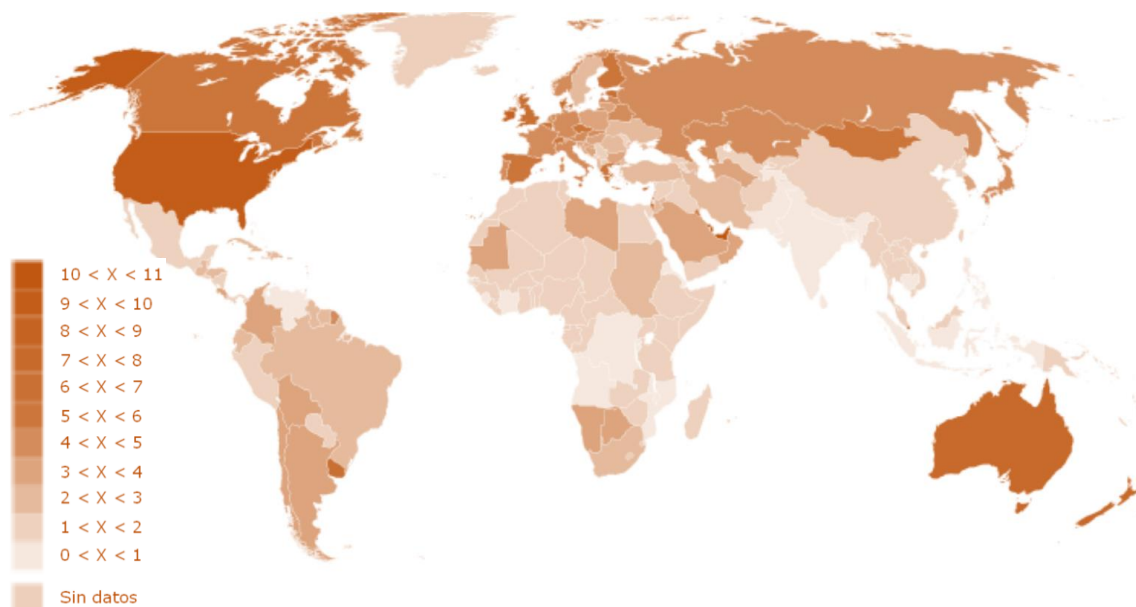
**Figura 1. Mancha urbana, Pelaya – Cesar.**

“En un mundo en plena crisis energética, con graves problemas medioambientales y de vivienda, se requieren nuevos modelos de desarrollo sostenible en todos los ámbitos” (Yuste, 2016). Uno de estos ámbitos es la construcción, ya que la huella ecológica que deja el uso de materiales contaminantes es muy alta, “Las distintas actividades



profesionales han tenido su influencia en el medio ambiente, desde la selección de las materias primas y el tipo de energía que utilizan, hasta los impactos que producen los procesos y los productos elaborados” (Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Del País Vasco. 1999). Estos procesos hacen que utilicemos más recursos de los que tenemos, ya que Según Juan Luis Doménech (libro “Huella ecológica y desarrollo sostenible”, 2007), “en el conjunto del mundo, cada persona dispone de los recursos producidos por unas 2 ha de terreno al año... Si descontamos el 12% necesario para la biodiversidad, obtenemos 1,7 ha/cap./año” esto evidencia fuertemente el desfase que tenemos en el consumo de materiales ya que:

“La huella ecológica del mundo es actualmente, con los niveles presentes de población de 2,3 ha/cap./año, por lo que en el balance final se obtiene un déficit de 0,6 ha, es decir, sobrepasamos la capacidad de carga global en un 30% como mínimo (ya que como se ha mencionado, la huella subestima el impacto total real). Por tanto, estamos viviendo por encima de nuestras posibilidades, lo cual es probable porque consumimos recursos fósiles acumulados durante millones de años (los cuales no se pueden reponer a corto plazo)”. (Laboratorio de ingeniería sostenible. 2010).



**Figura 2. Mapa de huella ecológica global medida en ha/cap./año (año 2005) Fuente: Global Footprint Network.**

Esto es clave para entender las diferentes dinámicas que aquejan a la población actual y muy seguramente a las futuras, como lo es el calentamiento global y el cambio climático, pues el uso desmesurado de materias primas y energías no renovables ha generado un desgaste muy significativo a nivel mundial, y el sector de la construcción es grandemente responsable de esto.

“Por su naturaleza, la construcción no es un proceso amigable con el medioambiente (Li et al., 2010). Levin (1997) señala que tanto las operaciones como la construcción producen un efecto masivo directo e indirecto en el entorno. Ijigah et al. (2013) estiman que identificar los impactos de los proyectos de construcción sobre el entorno es una tarea que debe ser realizada a fin de poder

realizar una protección eficaz.” (Como se citó en Enshassi, Kochendoerfer, Rizq. 2010).

La importancia de la construcción para el desarrollo de las sociedades es muy claro ya que este conlleva a la creación de infraestructura de vivienda, transporte, instalaciones entre otros, no obstante, la práctica constructiva es uno de los principales actores en el proceso de contaminación y de modificación del planeta por su alto índice de consumo y desechos generados. La materia prima mundial que es equivalente a 3000 millones de toneladas por año tiene una destinación del 40% para la construcción (Acevedo, Vásquez y Ramírez, 2012). Y como lo menciona el World Green Building Council (WorldGBC en sus siglas en inglés) Así mismo sucede con el 17% del agua potable, el 10% de la tierra (UNEP- SBCI, 2006) y el 25% de la madera cultivada (WorldGBC, 2008), y que asciende el 70% al considerar el total de los recursos madereros (Edwards, 2001). También hay que contar que el sector de la construcción es responsable de más de un tercio del consumo de energía a nivel mundial presentado mayormente durante el uso del inmueble y el tiempo de habitación. Un 20% de la energía es consumida durante el proceso de construcción, elaboración de materiales y demolición de las obras de construcción (UNEP- SBCI, 2009).

Esto denota claramente que a nivel mundial una problemática en la optimización en el uso de materiales, y que la construcción juega un papel fundamental, pues construir es una de las actividades con mayor potencial de impacto negativo en el ambiente, por que involucra desde la pérdida de ecosistemas naturales y la extracción de materia primas necesarias hasta la colocación de acabados, operación o mantenimiento del inmueble una vez terminado. Esto se traduce a una fuerte presión a los sistemas naturales del planeta y resulta preocupante si se considera que la tendencia de la población mundial desde hace

décadas es migrar de zonas rurales a zonas urbanas, lo que demanda nuevas construcciones de estructura básica diferentes a las construcciones ya establecidas diseñadas en condiciones donde el costo de la producción de energía, la disponibilidad de agua y la absorción y manejo de residuos contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos eran suficientes ignorando el manejo adecuado de estos aspectos que requieren un rediseño al contexto actual.

Es claro enmarcar que estas problemáticas tocan diversos campos de acción y que la interdisciplinariedad tiene que jugar un papel importante ya que una mayor comprensión de la diversidad técnica, étnica, tecnológica, lingüística y sociocultural, es una de las prioridades de las investigaciones interdisciplinarias y a nivel arquitectónico esta problemática demuestra que se necesitan distintos conocimientos y perspectivas para ser atacadas, porque las condiciones de cada ámbito afecta a muchas disciplinas, como suele suceder en los proyectos de diseño arquitectónico y es así como abordar problemáticas ambientales, o urbanas presentan la necesidad de ser articuladas con distintas ramas del saber cómo amplios estudios así lo demuestran, como es mencionado por Cadena en el estudio de geometrías desde lógicas matemáticas aplicadas a diseños arquitectónicos afirma que “a partir de una metodología de diseño geométrica se generaron teselas que respondieran a la lógica matemática, y conservara un carácter artístico asociado a la cultura de la región de frontera.”(Cadena, I., Vergel, M., y Delgado J. 2018), respondiendo así a la definición ofrecida por el comité interinstitucional que lideró la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

La investigación interdisciplinar es un tipo de investigación realizada por equipos o por individuos por la cual se integran información, datos, técnicas, herramientas,

perspectivas, conceptos, y/o teorías de dos o más disciplinas o cuerpos especializados de conocimiento orientados a avanzar una comprensión fundamental o resolver problemas cuyas soluciones yacen más allá del ámbito de una sola disciplina o área de práctica investigativa (NAS, 2005, p. 2).

La importancia de la investigación sobre materiales amigables al medio ambiente desde la disciplina de arquitectura en colaboración con otras disciplinas se justifica pues “La arquitectura en las últimas décadas ha ido adoptando progresivamente un aspecto más abstracto y tecnológico, ...hasta convertirse en un muestrario de los nuevos materiales metálicos y plásticos, fibras de vidrio y maderas tratadas, que corresponden con la visión sofisticada que la sociedad tiene de sí misma.”(Yuste, 2016) y es muy preocupante que esta “visión sofisticada” solo quede en lo estético, y no se piense en las complicaciones que tiene el uso de estos materiales en las regiones, tanto en la contaminación y el uso indiscriminado de las energías, hasta el mismo desligamiento del concepto del confort por seguir la tendencia de la estética sofisticada y de tendencia.

A nivel nacional, la condensación de las problemáticas de conservación y contaminación en el medio ambiente, y la ineficiencia para abordar estos temas desde diferentes disciplinas y generar un cambio puede ser que ““como se evidencia en la cita que presentó Acevedo (como se cita en Acevedo, Vásquez y Ramírez, 2012)”. Esta problemática se traduce en costos a causa de la degradación ambiental que, para Colombia, supera el 3.7% del PIB por año” (Sánchez, 2007), por el aumento en la frecuencia de desastres naturales y la degradación de los suelos por la modificación del entorno, y el deterioro de la salud por contaminación del aire y del agua, en las zonas urbanas, donde ya habita más del 50% de la población mundial (UNFPA, 2007).

En Colombia se deben proponer nuevos modelos de construcción y planeación que den una solución asertiva a los problemas ambientales del país ya que como lo menciona El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la república de Colombia:

La extracción y procesamiento de materias primas para la producción de los materiales y elementos de construcción, genera alto deterioro de los ecosistemas y de la biodiversidad en las zonas de explotación, generalmente con dinámicas de deforestación, erosión y contaminación del suelo, el agua y el aire. Otros procesos como la producción de las industrias cementera, cerámica y metalúrgica, implican un alto consumo energético, generalmente de combustibles fósiles no renovables, con un fuerte impacto ambiental. (MINAMBIENTE, 2012).

Y estos problemas articulados con el déficit habitacional que tiene el país, que es calculado en 3'828.055 unidades habitacionales (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. DANE, 2009) Se encamina a un problema de construcción que se enfoca en que las edificaciones respondan a los ambientes locales e internacionales, desde el componente sostenible a la generación de vivienda digna de escasos recursos desde el estudio de materiales que cumplan con ser económicos, presentar un buen desempeño ambiental y posibilitar a sus habitantes el acceso a los servicios públicos, de educación, salud, entre otros, mejorando las condiciones de pobreza en la que se encuentran más del 46% de los colombianos (DANE, 2009).

Es inevitable centrar la problemática, en la selección de materiales para la construcción y las estrategias arquitectónicas para optimizarlo, ya que la tendencia actual de materiales a usar son los que conllevan una mayor huella ecológica, y que son solo definidos desde el componente económico como “viables” sin darle la misma importancia

a los demás componentes. Esta tendencia se ha visto marcada en Colombia desde las soluciones constructivas, ya que se pueden memorar históricamente épocas en el que la madera, la piedra y la tierra eran los materiales vernáculos que predominaban en las construcciones urbanas como el caso de la arquitectura colonial colombiana, pero que han sido remplazadas ya que “La mampostería confinada ha sido el sistema constructivo más implementado en Colombia con una participación en el 2014-III de 54%” (Ríos, Morales, Rivera. 2016). En el que materiales como el cemento y el acero son los que predominan en estos sistemas, y que además están seguidas por “los sistemas industrializados y la mampostería estructural con 35,9% y 9,5%, respectivamente. Sin embargo, los sistemas industrializados han ido ganando más peso al pasar 9,3% en 2004 a 35,9% en 2014” Ríos et al. (2016). Es importante cambiar la tendencia, no solo para generar arquitectura más sostenible con el medio ambiente, si no más accesible a comunidades vulnerables, o a proyectos con mayores complejidades constructivas, que involucre a distintos sectores económicos del país, y que a su vez mantenga identidad en los materiales de la región sin desligarse del confort bioclimático y arquitectónico de estas soluciones constructivas.

Esto es visible a nivel regional como se presenta en el departamento del Cesar, en el que el uso de materiales de tendencia ha intercambiado las condiciones de confort por las de economía, optando mayormente por materiales como el zinc, el cemento, el acero y de más materiales, como el concreto que a nivel departamental ha tenido un aumento de 401 metros cúbicos en el año 2011 a 11.582 al 2016 (DANE, 2016) y esto evidencia el aumento desmesurado del uso de estos materiales en los últimos tiempos y que mantienen cabida con la percepción de los pobladores, ya que hablar de arquitectura vernácula en la región es más bien vista como técnicas constructivas para indígenas o para el sector

popular o de escasos recursos de las urbanizaciones. Esto en mayor medida se ve reflejado en municipios como, Pailitas, Chiriguaná, La mata, Costilla, El Burro y muchos otros que mantienen características en común como el poco desarrollo tecnológico, poca Mancha urbana y población reducida.

El municipio de Pelaya no es ajeno a este contexto. Este canaliza las problemáticas a casos concretos de hábitat y vivienda y uso de materiales que dejan un alto impacto en la huella ecológica, que no son vernáculos, no se optimizan de manera adecuada y se basan en sistemas constructivos tradicionales y prefabricados que actualmente generan más demanda en la región presentando altos estándares de contaminación, sumando el gasto energético al contemplar todos los procesos por los que deben pasar los materiales, además de implantarse en una zona con un promedio de temperatura máxima de 34° centígrados y materiales que no aíslan la temperatura, y por el contrario, generan aumento de calor en el interior del hábitat a horas altas del día.

**Tabla 1. Material predominante en paredes hogares urbanos y centro poblado**

MATERIAL PREDOMINANTE PAREDES	HOGARES URBANOS	% H URBANOS	HOGARES CENTRO POBLADO	% H CPOBLADO
Bloque Ladrillo	2293	67,05%	421	43,58%
Tapia pisada o adobe	52	1,52%	15	1,55%
Bahareque	1002	29,30%	519	53,73%
Material Prefabricado	4	0,12%	0	0,00%
Madera burda tabla o tablón	58	1,70%	9	0,93%
Guadua, Caña, esterilla	10	0,29%	1	0,10%
Zinc, tela, cartón	1	0,03%	1	0,10%
Total, general	3420	100,00%	966	100,00%

Fuente: Plan de desarrollo municipal de Pelaya. 2016.



Al identificar que las primeras edificaciones del municipio, estas estaban basadas con sistemas constructivos artesanales en los que mayormente predomina la tierra y la madera y que han sido remplazados por materiales como los anteriormente descritos ya que en el 2008 “el 85% de las vivienda construidas son de cemento y ladrillo de obra, el 10% de las viviendas, se encuentran construidas de tabla y Zinc, y el 5% de adobe y caña brava” Plan de desarrollo municipal de Pelaya (Plan de desarrollo municipal de Pelaya. 2008) lo que evidencia el uso de material con gran huella ecológica y en datos del 2016 se manifiestan que el material predominante en las paredes de los hogares urbanos con un 67,05% es el bloque ladrillo y el bahareque con un 29,30% (Plan de desarrollo municipal de Pelaya. 2016) en la que se refleja la clara tendencia del uso de materiales como el cemento, el cual deja relegado a sistemas constructivos en tierra que aportan mejores condiciones de confort y menor impacto en la huella ecológica. Sin embargo, el porcentaje de arquitectura en tierra se hace resaltar, aunque con una clara tendencia en edificaciones de bajo coste, poca estética, condiciones medianas o malas, y que se populariza en sectores de escasos recursos generando una perspectiva negativa, “En este contexto, la construcción con tierra queda relegada al ámbito de lo exótico y anticuado asociada con una “arquitectura para pobres”” (Yuste, 2016).



**Fotografía 1 Mapa de huella ecológica global medida en ha/cap./año (año 2005)**  
**Fuente: Global Footprint Network.**

Son estas limitaciones desde el componente arquitectónico e interdisciplinar para generar soluciones constructivas pertinentes desde la optimización de los recursos, los diseños, el uso de materiales con menor huella ecológica y con la visión de generar confort en los proyectos arquitectónicos del municipio de Pelaya, Cesar que se plantean las siguientes preguntas de investigación.

### **1.3 Pregunta de Investigación**

#### **General**

¿Cómo sería el modelo arquitectónico idóneo que evidencie la optimización en el diseño involucrando la topología para responder a las necesidades de confort bioclimático, estructural y de identidad de la región?

#### **Específicas**

¿Cómo la arquitectura residencial en tierra desde la topología se dispone a nivel urbano y proyectual en el municipio de Pelaya, Cesar?

¿Qué modelo arquitectónico que utilice materiales constructivos de identidad en la región se puede optimizar desde lineamientos topológicos, bioclimáticos y estructurales?

¿Qué características debe tener un proyecto arquitectónico para ser optimo desde la topología, la estructura y la bioclimática en el municipio de Pelaya Cesar?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Diseñar un modelo de arquitectura habitacional bioclimático a partir de la optimización topológica en clima cálido húmedo del municipio de Pelaya, Cesar.

### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Diagnosticar desde la topología y la caracterización la arquitectura residencial construida con sistemas constructivos en tierra del municipio de Pelaya, Cesar.
- Definir un modelo arquitectónico de tierra desde la optimización topológica con lineamientos bioclimáticos, estructurales y de identidad para el municipio de Pelaya, Cesar.
- Describir las características topológicas, bioclimática y de disposición estructural que optimizan los espacios arquitectónicos propuestos.

## **1.5 Justificación**

La problemática de confort y pérdida de identidad de los materiales y sistemas constructivos vernáculos (por la evolución de los contextos urbanos tras el uso de técnicas que articulan mayormente materiales con una fuerte huella ecológica, que no optimizan los recursos y el diseño en conjunto es ineficiente, que el comportamiento singular de algunos materiales como el zinc, el ladrillo de cemento y el hierro no son óptimos en algunos contextos, y los cuales son materiales que aplicados en climas cálidos y ejecutados

en proyectos sin una planificación exhaustiva previa) generan inconsistencias técnicas fuertes que se ven evidenciadas en problemáticas de habitabilidad básica (en mayor medida de confort térmico), por lo que sus usuarios “terminan introduciendo sistemas artificiales de control ambiental, como sistemas de calefacción y aire acondicionado que funcionan con energía eléctrica o con gas, lo que eleva el consumo energético y genera una serie de inconvenientes por contaminación del medio ambiente” Simancas. (2003) ante este contexto, resulta de especial interés analizar los materiales propios de una región desde la disciplina matemática-topológica en relación con la arquitectura para generar herramientas claves que optimicen la utilización de técnicas constructivas con enfoques estructurales, bioclimáticos y con identidad, que den respuesta a las condiciones bajo confort en climas cálidos semihúmedos.

Dada esta situación se hace necesario estudiar procesos constructivos que cumplan con parámetros de confort y de optimización, ya sea en los materiales, desde la forma o topología del proyecto, logrando así aportes más significativos ambientalmente desde el uso de materiales propios de la región de estudio y la identidad a rescatar o a mantener. Según sea el sector socioeconómico se puede enfocar a soluciones muy prácticas en el “hábitat popular” Connolly. (2011) o soluciones más complejas y con estéticas más elaboradas en estratos económicos altos, en el que los proyectos pueden ser mayormente financiados manteniendo lineamientos en el uso de la tierra como material principal ya que “Si se compara la arquitectura de tierra con otros sistemas de edificación, es posible darse cuenta de sus marcadas cualidades en el campo de la sustentabilidad ambiental” (Guerrero, 2011).

La presente investigación surge de la importancia de la optimización de materiales y sistemas constructivos en la actualidad que radica en un contexto que va de lo mundial a lo local, tras el uso de materiales en la construcción con una huella ecológica muy alta y el protagonismo que tiene la construcción en procesos de contaminación y calentamiento global, con el propósito de analizar la optimización topológica enfocada a procesos como la arquitectura en tierra desde la disposición estructural, la optimización del material, la bioclimática y el confort en un clima cálido semi-húmedo, buscando desde la arquitectura y disciplinas como la matemática generar nuevas herramientas que involucren procesos más eficientes de diseño, que no queden solo a criterios subjetivo del diseñador, y que por el contrario de bases fuertes de metodología para la ejecución de proyectos.

La investigación busca ampliar la información, resultado de un estudio interdisciplinar que aumente las posibilidades de construcción bioclimática con materiales vernáculos homologables en distintos contextos, que para el caso de estudio de esta investigación se delimita en el municipio de Pelaya, Cesar. Presentando así mayores posibilidades de soluciones constructivas pertinentes para el contexto, en el que se puedan utilizar técnicas que sean de autoconstrucción (pensando así en los estratos sociales más vulnerables) o técnicas proyectuales con resultados estéticamente relevantes (enfocados a estratos sociales altos) que incentiven una nueva perspectiva de la arquitectura que utiliza materiales como la tierra; eliminando así imaginarios colectivos que segregan a esta arquitectura como pobre y que se intensifique su aplicación en los contextos urbanos para así mejorar las condiciones de confort social y además promover el uso de materiales con menor huella ecológica. Respondiendo de esta manera a una gestión de técnicas y

conocimientos que mejore las condiciones de estructura de las viviendas ya que como se presenta en Plan de Desarrollo del Municipio de Pelaya (2016 - 2019).

Según la ficha territorial del Departamento Nacional de Planeación se tiene que para el municipio de Pelaya el déficit cualitativo de vivienda es del 75,7%, encontrándose muy por encima del promedio departamental y regional que se encuentran en el 38,7% y 44,5% respectivamente. El déficit cuantitativo de vivienda se encuentra sobre el 10,9%. Lo anterior implica que en materia de cierre de brechas se deben realizar unos esfuerzos medio alto para el déficit cualitativo y bajo para el déficit cuantitativo. (Plan de desarrollo municipal de pelaya. 2016).

La optimización topológica articulada con arquitectura, presenta soluciones pertinentes a las determinantes estructurales de una obra, como al uso óptimo de los materiales en la misma, e incluso con la relación de redes entre la distribución de espacios ya que “el punto de vista topológico que brinda esta rama de las matemáticas permite un análisis distinto de las circulaciones, en el proyecto de los diversos hábitats” (Nottoli, 1998, p. 108) desde características funcionales, acústicas, espaciales, etc. que no quedan solo a criterio subjetivo del diseñador pues “El proceso de optimización, basado en el diseño tradicional, es un proceso iterativo donde poco a poco se va modificando la geometría de las secciones del diseño inicial, realizado generalmente de forma subjetiva” (Sánchez, 2012, p. 9). La optimización topológica cuenta con herramientas matemáticas fuertes que permiten tomar decisiones basadas en patrones claros como la teoría de grafos para el estudio de las redes de un proyecto, o la estructura topológica que parafraseando a Samuel Sánchez Caballero ...El problema de la optimización en estructuras se puede abordar desde diferentes enfoques, que se dividen fundamentalmente los siguientes: 1.

Optimización del tamaño, 2. Optimización de la forma, 3. Optimización de la topología. Esto es determinante para el análisis arquitectónico paramétrico que responda a condiciones climáticas, geográficas, sociales y espaciales.

Por otra parte, la investigación contribuye ampliar los datos y las metodologías de diseño arquitectónico que articulen soluciones arquitectónicas en tierra, que por un lado respondan a las problemáticas puntuales de un municipio colombiano, pero por otro lado permita generar nuevos lineamientos de investigación es este tema, aplicable a otros contextos y otras variables.

El trabajo tiene una utilidad metodológica, ya que se podrían realizar futuras investigaciones que utilizaran metodologías compatibles con la topología y la arquitectura, de manera que se posibilitarán análisis conjuntos, aplicabilidades en otros contextos presentando viabilidad por los resultados que se desean alcanzar y sus impactos en distintos componentes, como la disposición de los recursos necesarios para llevarla a cabo.

Es de esta manera que dos conceptos interdisciplinarios se unen para dar una respuesta desde una perspectiva general a un problema local, como el caso de un diseño que responda a un clima cálido semi-húmedo en el que se mantiene una identidad en el uso de la tierra, ya que contiene lineamientos en la arquitectura que dio inicio al municipio de Pelaya pero está relegado por el uso de materiales que son tendencia en lo económico, pero que en proyectos de habitabilidad no presenta confort, ni estructuras pertinentes que además hacen perder la identidad de su arquitectura. Desde un sentido proyectual la optimización topológica permite una selección clara entre las variables que serán fundamentales en un diseño, que enfocadas a este estudio pretenden no perder la identidad

de una región a través del uso de materiales que enarcan un confort por las propiedades térmicas y el uso de soluciones constructivas que pueden ser redefinidas a través de conceptos matemáticos.

De no estudiarse el uso de la tierra como material primordial para la construcción en el municipio de Pelaya, Cesar, y no articular la optimización topológica desde la estructura y la bioclimática, es muy probable que la tendencia del uso de materiales con mayor huella ecológica siga aumentando por desconocimiento y por tal razón la contaminación con estos procesos constructivos aumente y que cada vez más se pierda la identidad en el uso de la tierra, lo que puede llevar a complicaciones de confort y gasto energético que en un futuro serán aún más difíciles de solucionar, por lo que la viabilidad del proyecto está en ofrecer más herramientas que complementen todos los estudios de la arquitectura en tierra a nivel mundial y nacional y que a nivel local postule soluciones a las condiciones de habitabilidad y sostenibilidad tras retomar los procesos constructivos que dieron inicio a las construcciones en el municipio.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

### **1.6.1 Alcances.**

El proyecto de investigación abarca un análisis de sistemas constructivos desde la bioclimática, la estructura y la optimización topológica en la cual se tienen en cuenta componentes urbanos, históricos, sociales y arquitectónicos del municipio de Pelaya enfocado al confort térmico el cual es una de las problemáticas más claras evidenciadas en el contexto por los sistemas constructivos que tienen tendencia en el municipio.



En pro del cumplimiento de los objetivos se dispone a entregar los siguientes productos:

- Mapeos que expongan la situación de los contextos de la Arquitectura en tierra, la topología y en enfoque de estos componentes en el municipio de Pelaya Cesar como solución a las problemáticas de confort y de identidad en su arquitectura. En la que se tendrán en cuenta las pautas determinadas por la NTC (Norma Técnica Colombiana) que dirigen los procesos estructurales de estos sistemas y que articulada a estudios análogos a estos temas que demuestre a viabilidad optima del proyecto y los resultados obtenidos tras la investigación.
- Planimetría que evidencie la aplicación de las técnicas constructivas y espaciales dispuestos en proyectos arquitectónicos basados en sistemas constructivos en tierra que estén enfocados en dar soluciones de confort.
- Modelado digital que permita a través de la visualización render la comprensión de espacialidad del proyecto arquitectónico.

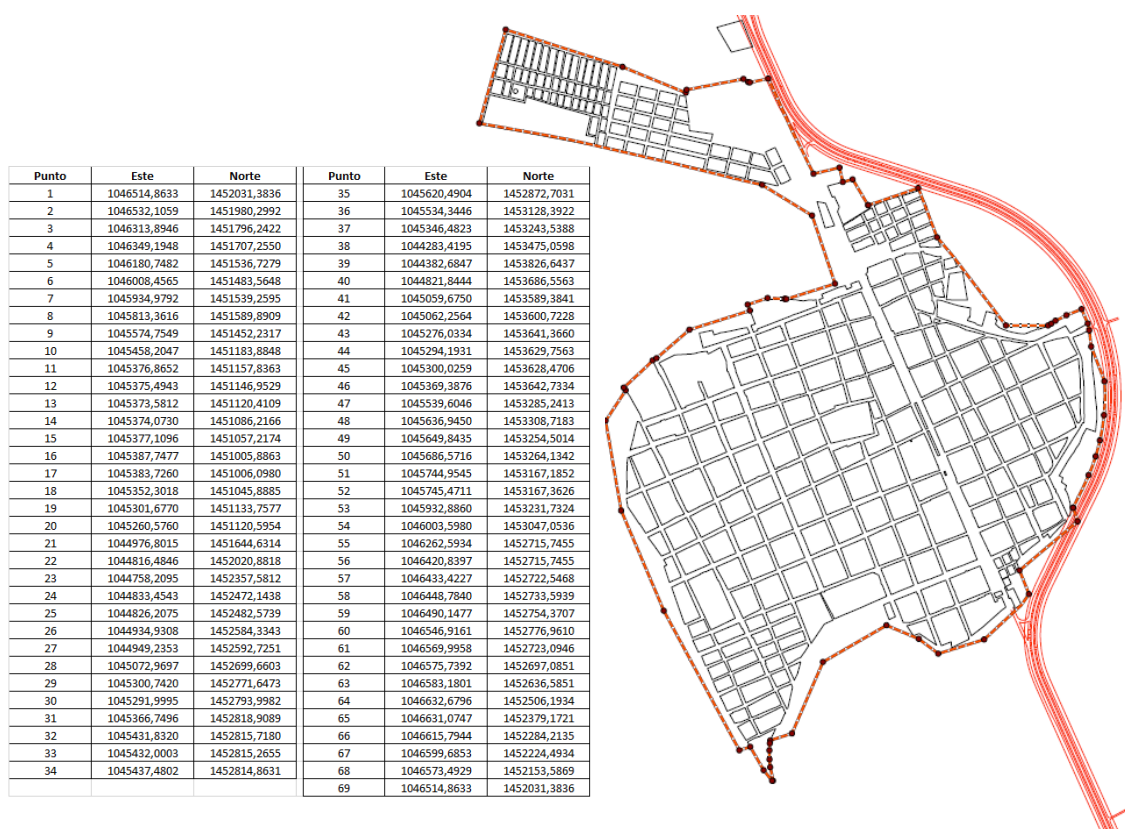
#### **1.6.2 Limitaciones.**

- La investigación se limita a los aspectos de confort bioclimático térmico en proyectos arquitectónicos con soluciones constructivas en tierra y no discute los aspectos de confort acústico o lumínico.
- La viabilidad de las fuentes en arquitectura en tierra y en optimización topológica aplicada a la arquitectura es muy alta, referente a contextos internacionales y en menor medida a los nacionales, pero el estudio de arquitectura en tierra y optimización topológica es muy bajo o nulo en el

municipio de Pelaya Cesar por lo que el sustento está en la investigación documental en contextos similares al del estudio y en trabajo de campo para el reconocimiento de los componentes urbano arquitectónicos del municipio.

## 1.7 Delimitaciones

### 1.7.1 Espacial.



**Figura 3. Delimitación espacial del proyecto de investigación (año 2019)** Fuente

Elaboración a base de la Cartografía Oficial: Revisión Ordinaria EOT Pelaya 2015 (República De Colombia, Departamento Del Cesar, Alcaldía Municipal De Pelaya).

- La delimitación del área de intervención del diagnóstico está conformado el perímetro del municipio de Pelaya predominando la Vía ruta del sol en sentido sureste, este y noreste del municipio, y por los límites descritos en coordenadas en la siguiente imagen.

### **1.7.2 Temporal.**

- El proyecto de desarrollará en un tiempo de 24 semanas contando a partir de la aprobación de la propuesta presentada y sustentada en el final del primer semestre académico de 2019, tiempo repartido entre investigación en campo, análisis de la recopilación, conclusiones y resultados.

### **1.7.3 Conceptual.**

- La investigación aborda la relación entre la optimización topológica y la arquitectura desde los procesos constructivos en tierra por sus marcadas cualidades en el campo de la sustentabilidad ambiental.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Definición

Para el caso de estudio en el marco referencial se hará en una compilación breve y precisa de conceptos, teorías, reglamentos y proyectos que están directamente ligados con la arquitectura en tierra, la bioclimática y el confort térmico, y la optimización topológica en proyectos arquitectónicos permitiendo dilucidar las ideas y las finalidades del tema de investigación.

### 2.2 Antecedentes

#### 2.2.1 Antecedentes internacionales.

##### 2.2.1.1 Antecedentes de campo.

**Casa Munita González, Batuco, Chile. 2010. Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura.**



**Fotografía 2 Casa Munita González. Luis García (Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura, 2013).**

El proyecto habitacional Casa Munita González resalta por el uso de sus materiales que evocan sustentabilidad en la construcción. “El objetivo del proyecto es tener un impacto mínimo en el medio ambiente y el uso máximo de las energías pasivas” (Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura, 2013).

La relevancia está en la unión que hace en los materiales como el acero y la tierra, pues se explora el confort climático con técnicas pasivas con un alto enfoque de aplicación bioclimática, pero usa materiales industriales. “El sistema constructivo se basa en Terra-Panel para garantizar la eficiencia térmica de la carcasa, que está constituida por paneles de malla de alambre soldado de acero plegado, rellenos de tierra ligera sobre una estructura principal compuesta de vigas y pilares de acero.” (Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura, 2013).



**Fotografía 3 Proceso constructivo, estructura y piel en acero y tierra. Pablo Alvear (Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura, 2013).**

El Proyecto Casa Munita González, se toma como referente en la presente investigación, debido a sus logros en la aplicación de conceptos arquitectónicos y sistemas

constructivos en tierra con nuevos materiales estructurales que optimizan el proyecto y no dejan de tener un bajo impacto en la huella ecológica, en este sentido la fuerza la recibe por la correcta ejecución entre materiales antiguos en construcción y tecnologías contemporáneas generando así nuevas perspectivas para los procesos de construcción sostenible

**Casa bioclimática Canarias, España 1998-2010. Arq. José Luis Rodríguez Gil**



**Fotografía 4 Casa bioclimática Canarias, España (Rodríguez, J. 2010).**

El proyecto arquitectónico está pensado desde la huella ecológica en generar el menor impacto posible entre distintas escalas de acción. “•A nivel GLOBAL, buscando la reducción de la huella ecológica de la edificación en el medio, con un edificio que genera menos residuos y emisiones a lo largo de todo su ciclo de vida: construcción, uso y posible demolición.” (Rodríguez, J. 2010) “•A nivel LOCAL, potenciando la biodiversidad del entorno, construyendo una vivienda autosuficiente integrada en el paisaje de la isla, .... Este es el germen de proyecto: un muro de piedra basáltica sobre el que se apoya.” (Rodríguez, J. 2010)

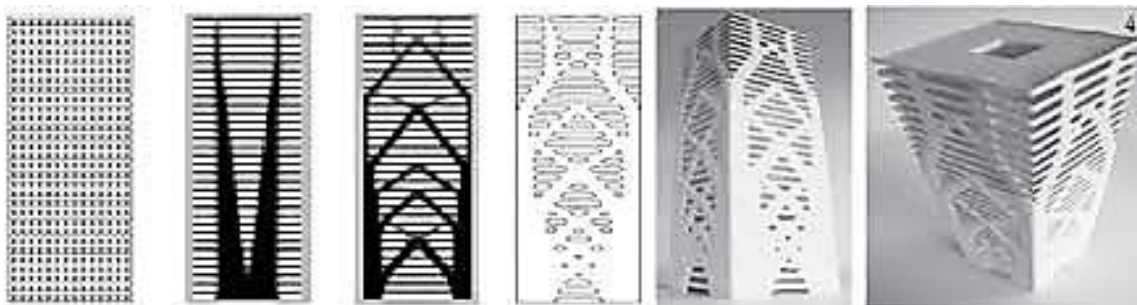




**Fotografía 5 Casa bioclimática Canarias, España (Rodríguez, J. 2010).**

#### **2.2.1.2 Antecedentes de teóricos.**

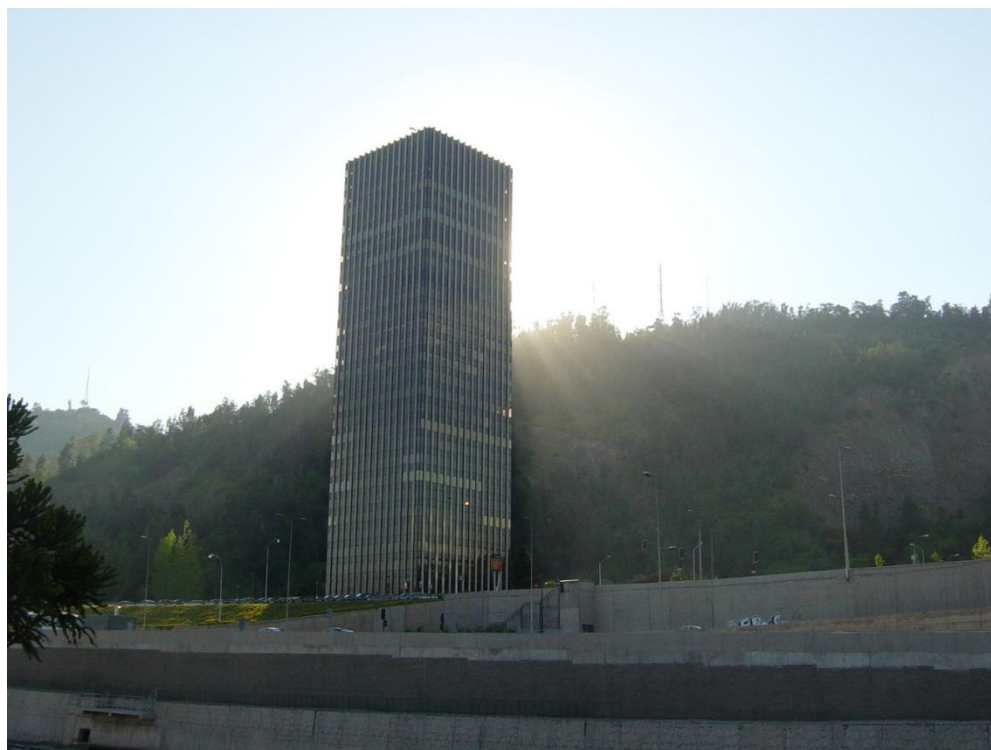
**Optimización topológica de la fachada de edificio en altura y prototipado 3D Torre Santa María, Chile, 2013. Por Arturo Lyon y Rodrigo García.**



**Figura 4, Modelo de optimización topológica de Torre Santa María (Lyon, A., García, R. 2013).**

Este referente internacional mantiene un carácter de relevancia fuerte por el acercamiento teórico y de análisis computacional en un caso de hipótesis en el que se amplía investigación en la optimización topológica desde el contexto estructural. Se tomó como caso hipotético rediseñar la Torre Santa María de Santiago. “El estudio comenzó con la modelación BIM...transferir información a software de simulación ambiental,

llevando a cabo estudios de iluminación natural y de uso de energía.” (Lyon, A., García, R. 2013).



**Fotografía 6 Torre santa maría (Lemparte Barreda y Asociados. 1980).**

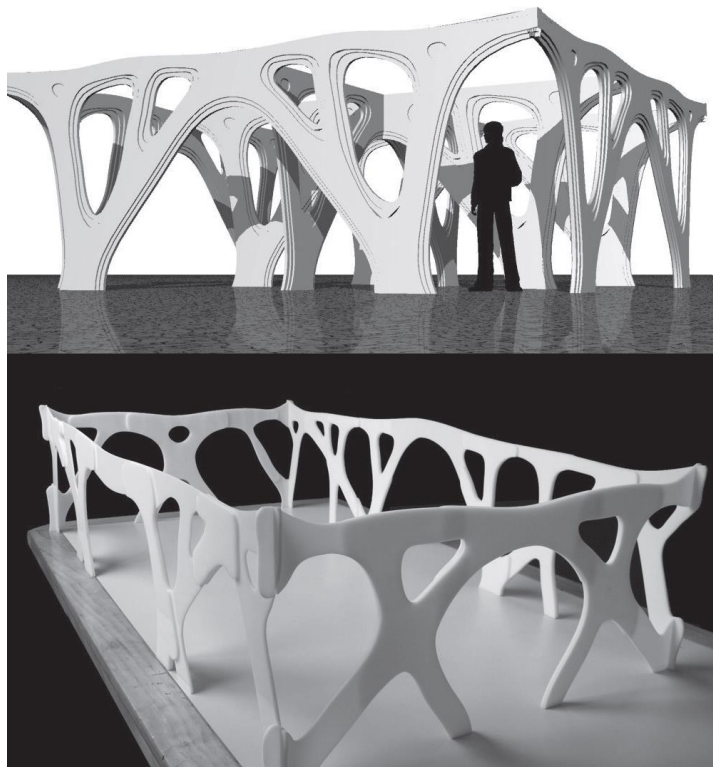
“Diferentes algoritmos para optimización topológica fueron revisados y modificados para ser aplicados en este caso, explorando nuevas estrategias como Solid Isotropic Material with Penalization (SIMP) y Bidirectional Evolutionary Structural Optimization (BESO).” (Lyon, A., García, R. 2013).

La importancia del proyecto investigativo para la presente investigación, es la aplicación del concepto de optimización topológica “para establecer estrategias de integración entre desempeños estructurales y ambientales en el proceso de diseño de torres.” (Lyon, A., García, R. 2013). La relevancia no cabe en el proyecto arquitectónico en sí, si no en el rediseño proyectual en el que se aplica tecnología como herramienta clave



para articular las matemáticas y la simulación en un proyecto complejo y así generar respuestas de optimización desde lo estructural y ambiental.

**Modelos de pabellones con paramentos Optimizados Chile, 2013. Por Arturo Lyon y Rodrigo García.**



**Figura 5. Museo tipológico. Modelo de Pabellón (Lyon, A., García, R. 2013).**

Este proyecto es muy interesante, porque nace de la propuesta de optimización topológica y articula la bioclimática con criterio de diseño. La investigación en sí tiene lineamientos propios de diseño en el que “Este procedimiento posibilita identificar configuraciones adecuadas en exposición solar y resistencia estructural que se pueden conciliar con otros aspectos arquitectónicos (entorno, circulaciones, etc.)” (Lyon, A., García, R. 2013).

En el análisis resistente se incorporan algunos criterios geométricos de reducción del perímetro, simetría y regularidad, que se analizan en la intersección de los conjuntos volumétricos evaluados. De este modo se obtiene una generación de volúmenes con consideraciones resistentes que luego se clasifican en casos estructurales (según longitud de muros) para aplicar el repertorio de trazados con optimización topológica. Esto permite obtener composiciones con una selección predominantemente resistente, que se denomina como «máximos locales». (Lyon, A., García, R. 2013).

La optimización topológica pasa de ser simple hipótesis de diseño efectuada en proyectos existentes, a ser criterio de diseño que se ejemplifica en la proyección de pabellones. Es importante tomar como referente el uso de optimización como criterio de diseño y la articulación con demás lineamientos como el entorno, las circulaciones, la bioclimática, la estructura y entre otras.

### **2.2.2 Antecedentes Nacionales.**

#### **La Casa De Los 4 Elementos. Valle de sopó, Colombia 2018. Arquitecto David Restrepo.**

El carácter sostenible se refuerza por la presencia de cuatro elementos: tierra, piedra, gres y madera, materiales que se encuentran disponibles en la región, lo cual disminuyó los costos de construcción.” (Restrepo, D. 2018) es así como se refuerza en la arquitectura colombiana, el componente de sustentabilidad en proyectos arquitectónicos que articulan técnicas pasivas en el diseño y el uso de materiales de la región lo que amplifica este concepto.



**Fotografía 7. La Casa De Los 4 Elementos. Colombia. (Restrepo, D. 2018)**



**Fotografía 8 Interior de la Casa De Los 4 Elementos. Colombia. (Restrepo, D. 2018)**

En cuanto a la tapia, posee una ventaja diferenciadora: es isotérmica, cualidad que permite mantener la casa fresca en el día y tibia en la noche. Su aspecto se define por la superposición de capas en diversas tonalidades de ocre; la intensidad de los colores depende del origen de las arcillas –extraídas de cuatro minas distintas–, así como de la cantidad de cal utilizada. Su textura proviene de las vetas de la madera de las formaletas, y su carácter masivo es el resultado de un proceso de apisonamiento (o compactación) cada cincuenta centímetros. (Restrepo, D. 2018).

El uso de la tierra es fundamental para la generación de muros y distintas composiciones arquitectónicas. Es de esta manera que la tierra pasa a ser reinterpretada como material de acabado, en su sentido más puro sin dejar de cumplir su objetivo de confort.

Este proyecto resalta la combinación de materiales nobles y económicos y la composición que se le puede dar con los mismos, y a manera nacional como ejemplo clave de la tendencia arquitectónica del uso de la tierra con sistemas mixtos de estructura y materialidad.

**La casa Supitina, Subachoque – Colombia, 2012. Lucia Esperanza Garzón**



**Fotografía 9 La casa Supitina, Colombia. (Esperanza, L. 2013)**

El proyecto Casa Supitina “es una experiencia de construcción con tierra...donde se implementaron varias innovaciones tecnológicas.” (Esperanza, L. 2013)

Es aquí donde radica la importancia del proyecto. Su arquitectura en tierra rompe estereotipos asignados a la arquitectura en tierra en Colombia, mantiene unas innovaciones tecnológicas en el uso de la tierra como material de construcción, las formas también pretenden retar a la geometría y topología convencional y su alto impacto bioclimático es uno de los factores positivos del proyecto.

Se proyectó para responder al entorno natural, con una arquitectura orgánica, usando de manera eficiente los recursos que proporcione el lugar, considerando el

patrimonio cultural y material que posee el país en el tema de la arquitectura con tierra, exaltando la maestría expresada en las manos de los artesanos. (Esperanza, L. 2013)

El proyecto es referenciado en la investigación por su grado de consideración cultural y material, como un proyecto pertinente para generar identidad en una región desde el uso de materiales y la articulación con el contexto, la bioclimática y las innovaciones en el proceso de creación de arquitectura en tierra y su estructuración.

### **2.3 Marco Conceptual**

**ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA:** Aquella capaz de utilizar y optimizar los recursos naturales para su aprovechamiento en la mejora de las condiciones de habitabilidad, entendiendo la actividad arquitectónica como una filosofía o conjunto de pensamientos organizados que tienen como objetivo la integración del objeto arquitectónico en su entorno natural. (Baño, A. Universidad de Alcalá de Henares de Madrid)

**ARQUITECTURA EN TIERRA:** Bajo el término de arquitectura de tierra se engloba toda la serie de estructuras en las que el suelo natural es acondicionado mediante procedimientos de humidificación, transformación y secado al sol, para edificar elementos constructivos que hagan posible la habitabilidad de los espacios. (Guerrero, 2007, p.184)

Conjunto de edificios construidos con tierra sin cocer, excluyendo a la vez la arquitectura de ladrillo (tierra cocida) y las cavidades abiertas en los terrenos blandos (Bardou, P. 1981)

**CONFORT:** La palabra confort se refiere, en términos generales, a un estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios. (Simancas, K. 2005, p. 1).

Un estado de Bienestar Físico, Mental y Social. (Organización Mundial de la Salud. OMS).

**CONFORT TÉRMICO:** Un ambiente térmicamente ideal es aquel en el que los ocupantes no expresan ninguna sensación de calor o frío. La condición es un estado neutro en el cual el cuerpo no necesita tomar ninguna acción en particular para mantener su propio balance térmico. (Martínez, L. 2011, p. 12).

**IDENTIDAD:** Es un discurso o narrativa sobre sí mismo construido en la interacción con otros mediante ese patrón de significados culturales. Estudiar la identidad es estudiar la manera en que las formas simbólicas son movilizadas en la interacción para la construcción de una autoimagen, de una narrativa personal. (Larrain, J. 2003, p. 32),

**INTERDISCIPLINAR:** La investigación interdisciplinar es un tipo de investigación realizada por equipos o por individuos por la cual se integran información, datos, técnicas, herramientas, perspectivas, conceptos, y/o teorías de dos o más disciplinas o cuerpos

especializados de conocimiento orientados a avanzar una comprensión fundamental o resolver problemas cuyas soluciones yacen más allá del ámbito de una sola disciplina o área de práctica investigativa (NAS, 2005, p. 2).

**OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL:** Es la búsqueda de la condición resistente más efectiva para una situación constructiva. (Lyon, A., García, R. 2013, p. 28).

**OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA:** Es en la que se busca una forma que representa la mejor distribución de material dentro de un volumen finito, de forma tal que maximice algún desempeño. (Lyon, A., García, R. 2013, p. 28).

La optimización topológica consiste en buscar una distribución óptima de material en un dominio de diseño que satisfaga las solicitaciones y las condiciones de borde definidas, Generalmente, la OT ha sido formulada en términos de minimizarla energía de deformación de la estructura analizada. (Millán, C., Begambre, O. 2014, p. 65).

**TOPOLOGÍA:** La Topología es Matemática cualitativa; es decir, Matemática sin números. Podemos decir, a “grosso modo” que la topología trata de las propiedades cualitativas intrínsecas de las configuraciones espaciales que son independientes el tamaño, la situación y la forma. (Mansfield, M. 1974, p. 1).



## **2.4 Marco Teórico**

### **2.4.1 La historia y la identidad.**

#### **2.4.1.1 Restauración e Identidad, salvando la memoria.**

*Arq. Ramón Recondo Pérez*

“El hombre asumirá la ciudad como medio para reconocerse, o sea, para identificarse históricamente; y es en este acto que ella queda definida como bien cultural, cuando la comunidad reconoce en su entorno físico valores que trascienden su uso o función original y lo escoge como elemento que debe ser conservado, o lo que es lo mismo, como parte del patrimonio o herencia cultural” (Recondo, R. 2006).

Esta misma herencia cultural es la que genera identidad, pero esto no implica hacer copias de lo que alguna vez fue, sino que evoca más componentes de evolución y conservación de cualidades que permiten revelar ese pasado que es un contexto cultural, social, arquitectónico y de más componentes que reafirman de manera muy clara que una vez se fue, y lo que aún se continúa siendo.

Para esto es muy pertinente mencionar que “Si creemos en una cultura en evolución permanente, en plena comunicación a través de cientos de canales, creemos también en la afirmación de la identidad cultural, no como momificación de formas del pasado para consumo turístico, ni como una programación de resurrecciones formales que institucionalicen estilos nacionales, sino como una asimilación espontánea de lo que fuimos y todavía somos, como una revitalización coherente de nuestras precedencias, que coexisten (...) con las nuevas formas de

vida (...). Es en este sentido como entendemos la conservación del Patrimonio Cultural, para que sirva de referencia vital y cotidiana a lo que se ha dado en llamar identidad". Arjona, M. (como se citó en Recondo, R. 2006).

Y es esta identidad la que permite memorar arquitectura que haya surgido en tiempos anteriores o que tenga acontecimientos históricos relevantes, presentando una conservación patrimonial por técnicas ancestrales, por el uso de materiales o por referencia a una arquitectura particular. Pero esta identidad cada vez pierde más y más el carácter propio, por relegar arquitectura de carácter antiguo por sistemas más contemporáneos y menos sensitivos ante el entorno. Por ello una cultura de evolución permanente permite la adaptabilidad y la restauración de la historia permitiendo que esta se mantenga a través del tiempo.

#### **2.4.1.2 Arquitectura e Identidad a través del tiempo.**

*Continente Elizalde Domínguez*

La arquitectura en el diseño puede detonarse a nivel sociocultural como un factor de identidad, permitir que estas técnicas, tendencias o movimiento generen sentido de pertenecía según la región en la que se haya ejecutado y al mismo tiempo se enfoque en generar confort y sostenibilidad para que sea una identidad que perdure a través del tiempo.

“La arquitectura y la identidad se entienden como un par de conceptos frecuentemente relacionados. Porque la arquitectura es susceptible de interpretarse como la depositaria directa e indirecta de la identidad del usuario, constructor o diseñador. Mientras que la identidad, establecida como agente definitorio, es apta

para interpretar a la arquitectura en función sus diversos atributos tangibles e intangibles.” (Domínguez, C. 2007).

Hay atributos claros como el uso de materiales que generen identidad por la interacción continua con los escenarios y el sentido de pertenencia que se amplifica por la relación continua con los mismos, y atributos intangibles como los momentos vividos que alimentan recuerdos y sentimientos que amplifican la relación espacio usuario, produciendo en él mismo una mayor afinidad a responder estos espacios como la identidad del sujeto.

Su nacimiento se ubicaba alrededor de 20 mil o 12 mil años a.C., “indudablemente, en el periodo glacial, cuando el hombre cazador de la prehistoria” se desplazaba “con las estaciones en persecución de la caza” y “experimentó la necesidad de abrigarse y protegerse” Argos, 1970:14. (como se citó en Domínguez, C. 2007).

Y esta relación de arquitectura con el medio ambiente ha generado gran proyección en arquitectura vernácula con el uso de materiales que se encuentran en el medio ambiente, presentando materiales como el hielo en climas fríos extremos, madera en los bosques e incluso tierra en muchas culturas del mundo, generando así la tierra el mayor componente de identidad en diferentes contextos, por el uso masivo que se ha presentado en distintas época a nivel mundial, presentándose gran número de técnicas que articulan este material. Es esta técnica la que mayor identidad global ha generado en distintas culturas.

#### **2.4.1.3 Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia.**

*Luis Fernando Guerrero Baca*

Es necesario entablar que la tierra por la misma integración con el medio ambiente y su bajo impacto la hace la mejor candidata como material para construcción sostenible, y es también el mismo hecho que ha generado una evidencia científica y registro histórico sin desarrollo y documentación de manera sistemática, además de que:

“El interés académico por este material es bastante reciente por lo que en muchas investigaciones arqueológicas anteriores a los años sesenta ni siquiera se menciona, por estar centradas preferentemente en materiales considerados más “nobles” como la piedra, la cerámica o la madera. Además, debido a la fragilidad que presentan las estructuras de tierra al ser abandonadas, no siempre se cuenta con restos materiales suficientemente conservados como para realizar análisis adecuados.” (Guerrero, L. 2011, p. 9).

Pero esto no es un impedimento para hablar de la trascendencia del material en las construcciones, ya que sí hay historia la cual analizar y “existen múltiples evidencias que demuestran que la tierra ha acompañado el desarrollo urbano de la mayor parte de las civilizaciones conocidas durante diversas etapas de su evolución.” (Guerrero, L. 2011, p. 9). Y que la integración del material se ha manifestado en diversas partes del contexto mundial y “lo que es un hecho irrefutable es que existen edificios de tapia en casi cualquier latitud en los que se ha empleado prácticamente todo tipo de tierra.” (Guerrero, L. 2011, p. 9) demostrando siempre que, sin importar las condiciones naturales de los suelos o su variedad, siempre se han desarrollado técnicas y modelos empíricos para adecuar de manera óptima la relación granulométrica del material para desempeñar la labor constructiva óptima. Es decir, la evolución y la implementación de nuevas técnicas de optimización según el contexto son propias de las técnicas constructivas en tierra.

## **2.4.2 Confort arquitectónico desde los materiales vernáculos.**

### **2.4.2.1 Arquitectura y clima**

*Víctor Olgyay*

El arquitecto norteamericano, uno de los grandes teóricos en la bioclimática y la arquitectura, afirmaba que para él era inconcebible “...pensar la arquitectura sin relación a las fuerzas naturales y aprovechar su potencialidad para crear mejores condiciones de vida”. (Olgyay, V. 1998) y es la importancia del uso del contexto y sus materiales lo que hace que una arquitectura sea óptima.

El arquitecto y urbanista Húngaro Víctor Olgyay, a mediados de los años sesenta (60'), propone una arquitectura diferente a la convencional, donde se cree un vínculo entre la vida, el clima y el diseño. Por lo que se evidenciaba escases de las energías artificiales que suplían la sociedad; debido a que estas no eran ilimitadas y no podían ser explotadas sin tener control. (Garcés, D. y Hurtado G. 2016, p. 1).

Es de esta manera que la relación con el entorno es de vital importancia para la efectiva optimización de las técnicas según el objetivo ambiental y de confort que se desee alcanzar.

Este autor expone que “La arquitectura bioclimática es un tipo de arquitectura donde el equilibrio y la armonía son una constante con el medio ambiente. Se busca lograr un gran nivel de confort térmico, teniendo en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort térmico interior mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la construcción del edificio adaptado.” Olgyay, V. 1998 (Como se citó en Garcés, D. y Hurtado G. 2016, p. 42).

#### **2.4.2.2 La arquitectura bioclimática.**

*Omar Barranco Arévalo*

La arquitectura puede optimizarse bioclimáticamente desde diferentes técnicas, clasificadas en dos grandes sistemas denominados activos y pasivos. Son los sistemas pasivos quienes piensan en el confort del usuario a través de técnicas que se proyectan en el diseño mismo sin utilizar electricidad, y eso lo hace mayormente amigable.

Sistemas Pasivos Son los sistemas utilizados dentro del diseño arquitectónico de una edificación con el fin de conseguir el confort climático de los usuarios sin tener que recurrir a la energía eléctrica sino al otro tipo de energías, las conocidas como energías limpias y renovables: energía solar, eólica, y sistemas de ventilación natural y dispositivos de protección solar. (Barranco, O. 2015, p. 34).

Y estas técnicas son las mayormente detectadas a nivel histórico, empleadas en las técnicas en tierra de pueblos indígenas o de civilizaciones ancestrales y que se deben mantener en la actualidad por la tendencia de sostenibilidad que se debe generar en el contexto mundial.

#### **2.4.2.3 Arquitectura de tierra. Caracterización de los tipos edificatorios.**

*Beatriz Yuste*

Actualmente, se está cambiando la tendencia del sector de la construcción hacia una revalorización de la tierra como material de construcción tanto en los países industrializados como en aquellos en vías de desarrollo. No obstante, cada uno de ellos lo hace por distintos motivos, mientras en los países industrializados se

apuesta por el comportamiento bioclimático de los edificios y la recuperación histórica en obras de restauración del patrimonio, en los países en vías de desarrollo el motivo es más una necesidad, tanto de vivienda como de autoconstrucción, economía y rapidez. (Yuste, B. 2016, p. 11).

Esta tendencia es la que hay que potencializar con el uso de materiales que aporten sostenibilidad y que se dejen mejorar constantemente por ello “la caída en desuso de la construcción con tierra requiere de una investigación y desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías que se adapten a las necesidades y exigencias constructivas actuales.” (Yuste, B. 2016, p. 11).

### **2.4.3 La arquitectura en tierra y la estructura.**

#### **2.4.3.1 El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales.**

*Juan Carlos Rivera Torres*

Los sistemas constructivos en tierra presentan estructuras diversas según la técnica constructiva, o en algunos casos la tierra misma e la estructura como la tapia o la unión con otros materiales que actúen en la transmisión de cargas y fueras como el bahareque.

La tierra ‘cruda’ como material estructural, es la materia prima de la obra de fábrica o mampostería de centenares de templos, claustros, edificios civiles y militares, así como de cientos de ejemplares de arquitectura doméstica. La procedencia del material, en cada caso, está directamente relacionada con su emplazamiento (territorio) y la implantación del edificio en cuestión. (Rivera, J.C. 2012).

Es indispensable conocer los procesos estructurales que se articulan a la arquitectura en tierra para identificar de qué manera se pueden optimizar y generar mejores resultados en su comportamiento.

#### **2.4.3.2 La evolución de los sistemas constructivos en tierra.**

*Mónica de Rio Muñoz y Alicia Sainz Esteban*

La tendencia de la arquitectura no solo debe estar enfocada en la relevancia estética, o en la formal-espacial, también debe estar relacionada con el uso de los materiales y la optimización de los mismos desde las técnicas estructurales que se empleen.

La arquitectura en tierra contemporánea se ha visto influida en parte por los desarrollos científico-tecnológicos que surgieron en las últimas décadas a escala global. Los avances se han originado a partir de los conocimientos en profundidad del material y sus propiedades -con importantes partes desde la química- como también a partir del estudio del comportamiento físico-mecánico, estructural y de durabilidad de las construcciones en tierra. (Del Rio, M. y Sainz, A. 2011).

De esta manera se encamina la edificación en tierra en otra etapa de análisis, en el que el mayor sustento de investigación se centra en las propiedades del material y que gracias a esa profundidad de estudio se sustentan las articulaciones tecnológicas en enfoques como la estructura, el comportamiento físico y la optimización misma del material en el conjunto, dando paso libre a temáticas como la optimización topológica y la articulación de la matemática con la arquitectura.



## 2.4.4 Optimización estructural y arquitectónica desde conceptos matemáticos.

### 2.4.4.1 ¿Qué es topología?

*Marta Macho Stadler*

Para tener una idea básica de lo que es topologías “de manera informal, la topología se ocupa de aquellas propiedades de las figuras que permanecen invariantes, cuando dichas figuras son plegadas, dilatadas, contraídas o deformadas, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o se hagan coincidir puntos diferentes.” (Macho, 2002, p. 63).

Esto respondiendo a conceptos como borde, superficie, conjunto etc. Pero no hablamos de geometría, ya que esta rama de estudio toma un camino diferente.

“El topólogo considera los mismos objetos que el geómetra, pero de modo distinto: no se fija en las distancias o los ángulos, ni siquiera de la alineación de los puntos. Para el topólogo un círculo es equivalente a una elipse; una bola no se distingue de un cubo: se dice que la bola y el cubo son objetos topológicamente equivalentes, porque se pasa de uno al otro mediante una transformación continua y reversible.” (Macho, 2002, p. 63).

La topología como lineamiento matemático presenta teorías muy pertinentes que se articulan con la arquitectura y su optimización, referenciando la teoría de grafos como la de mayor impacto en este campo.

El estudio de grafos está ligado habitualmente a la topología. Un grafo es sencillamente un conjunto de puntos, los vértices, algunos de los cuales están ligados entre ellos por medio de líneas, las aristas. La naturaleza geométrica de

estos arcos no tiene importancia, sólo cuenta la manera en la que los vértices están conectados. (Macho, 2002, p. 65).

Es con esta teoría que se pueden dar soluciones mucho más acotadas o problemáticas de optimización de espacios desde las redes o relaciones que tengan los mismos desde la representación de un grafo.

#### **2.4.4.2 Teoría de grafos. Aplicaciones al diseño arquitectónico.**

*Hernán S. Nottoli*

De esta investigación se rescata algo muy interesante, que es la aplicabilidad que tiene un grafo en un diseño arquitectónico. Estas soluciones están enfocadas desde el recorrido euleriano el cual puede estar definido de la siguiente manera.

Se establecen dos versiones: Recorrido Euleriano General: Recorrido de un grafo conexo  $G$  a partir de uno de sus vértices, pasando exactamente una vez por cada una de sus aristas y volviendo al vértice inicial. Y Recorrido Euleriano General: Ídem anterior sin exigir la vuelta al punto de partida. (Nottoli, H. 1998, p.105).

Como menciona Nottoli, H. “la Teoría de Grafos es un aliado más en la interrelación entre la matemática y la representación gráfica de las ideas” y el mismo logra demostrar a través de esquemas como se puede optimizar la relación de los espacios a través de un concepto matemático topológico. “El punto de vista topológico que brinda esta rama de las matemáticas permite un análisis distinto de las circulaciones, en el proyecto de los diversos hábitats” (Nottoli, H. 1998, p.108).

### 2.4.4.3 Aplicaciones arquitectónicas de la teoría de grafos.

*Ingrid Noguera Cuenca*

La aplicación de teorías topológicas se ven con mayor ampliación en la investigación en la actualidad y ejemplos claros se demuestran con resultados como los que presenta Noguera ya que en su trabajo se estudian las representaciones de grafos que constituyen particiones ortogonales del plano y tienen aplicación práctica en diversos problemas de diseño arquitectónico.

La teoría de grafos es una herramienta importante para analizar la conectividad de locales en un diseño, puesto que permite visualiza explícitamente las conexiones espaciales, las cuales pueden ser tanto de comunicación física como visual, acústica o de adyacencias. (Noguera, 2009)

Desde esta perspectiva el uso de la topología evoluciona, y no solo queda en la conexión espacial, si no en la comunicación de distintos lineamientos que pueden tener un enfoque bioclimático, como el físico, el visual, la acústica o adyacencias como bien indica la investigadora.

“El diseño de un sistema de circulación en un edificio es un problema similar para el cual es deseable un acercamiento estructural en las fases iniciales.” (Noguera, 2009, p. 40) Y estos pueden ser resueltos a través de grafos que pueden contener complejidad según la configuración espacial del proyecto, identificando como complejo un hospital y como sencillo una vivienda. En este se pueden a su vez asumir componentes de estructura y costes pues en los objetivos de un diseño, “uno puede ser minimizar los costes de circulación dentro del edificio, ya que los problemas de teoría de grafos típicos en este

contexto son el problema de ruta más corta y los problemas relacionados con la asignación de tráfico.” (Noguera, 2009, p. 40) y de esta manera la topología comienza a tener sentido en el diseño arquitectónico.

#### **2.4.4.4 Forma arquitectónica y estructura a través de la optimización topológica.**

*Mg. Arturo Lyon y Dr. Rodrigo García.*

“La relación entre forma y estructura es una condición ineludible de un proyecto de arquitectura.” (Lyon, A., García, R. 2013 p. 27) y es de esta manera que se introduce el concepto de optimización topológica la cual puede estar propuesta para “definir configuraciones que alcanzan la máxima resistencia con el mínimo material, constituyendo una relación generadora del proyecto arquitectónico” como lo mencionan los autores. Es de esta manera que la topología ya empieza a tener una intervención más directa en componentes más profundos de la arquitectura, desde la intervención de el mismo en los materiales que en relación con la bioclimática, tendrían un impacto muy fuerte en un proceso conjunto de diseño.

La inclusión va más allá, donde la tecnología computacional también empieza a cumplir objetivos de diseño. “El diseño de la forma que yo estoy definiendo (...) implica la generación de formas estructurales racionales dentro de un computador, mediante el uso de principios de evolución y la autoorganización de los seres vivos desde el punto de vista de la ingeniería.” Sasaki, 2005. (Como se citó en Lyon, A., García, R. 2013 p. 27).

Es así como se logra definir la optimización topológica desde un enfoque estructural, ya que:

En vez de verificar el comportamiento de un elemento, busca la forma mínima que soporta los esfuerzos requeridos... el análisis topológico modifica la forma en una secuencia evolutiva, buscando conservar solamente las partes más resistentes y evitar excesos de material. (Lyon, A., García, R. 2013 p. 28).

La optimización topológica ya brinda muchas herramientas desde distintos componentes arquitectónicos para dar solución y así integrar la matemática y la arquitectura desde un enfoque de resultado de optimo diseño.

#### **2.4.4.5 Diseño óptimo simultáneo de topología y geometría de estructuras articuladas mediante técnicas de crecimiento.**

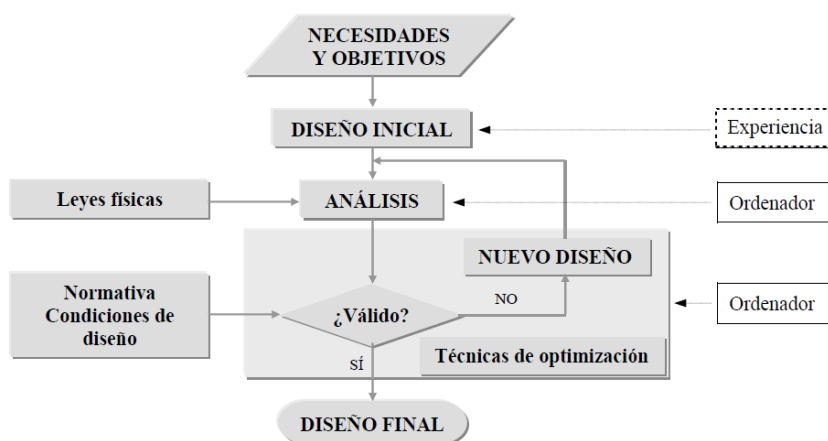
*Pedro Jesús Martínez Castejón.*

La evolución en los proyectos con la relación de técnicas que surgen de la interacción entre disciplinas hace que se genere resultados mucho más completos, aunque con dificultad mayor.

En los últimos años ha habido un notable progreso en la optimización de topología de estructuras tanto discretas como continuas. Las técnicas de optimización de topología actuales están consiguiendo un nivel de aplicabilidad práctico en especial en problemas de la vida real. La optimización de topología ha comenzado un proceso que puede cambiar el diseño estructural clásico en el futuro. (Martínez, P. 2003, p. 10).

Es preciso mencionar que el cambio puede estar manifestado con la utilización de nuevas técnicas, o de nuevos lineamientos de diseño, el uso de materiales clásicos con alto estándar de confort desde una visión diferente aplicando el concepto de optimización

“para conseguir una resolución del problema más económica en tiempo empleado, pudiéndose practicar un mayor número de soluciones de forma que el resultado se acerque al óptimo” (Martínez, P. 2003, p. 10) es así como se logra generar un esquema que pretende guiar al diseñador en un proceso de optimización que no solo se enfoque en pruebas y errores, que dependan totalmente de la experiencia del diseñador, si no que articule, leyes, teorías o simulaciones que afine cada vez más el proyecto.



**Figura 6. Reformulación del proceso de diseño para propuesta de optimización. Fuente (Martínez, P. 2003, p. 7)**

Es por ello que el uso de herramientas tecnológicas e interdisciplinarias genera un mayor avance en el enfoque constructivo de distintas soluciones en la arquitectura, y que a su vez pueden responder a contextos internacionales, nacionales y locales que manifiesten al uso de materiales bioclimáticos, de confort y técnicas de optimización de espacios desde la topología y su disposición estructural.

## 2.5 Marco Contextual



**Figura 7. Cartografía de georreferenciación del lugar del proyecto.**

### 2.5.1 Localización geográfica.

Administrativamente el sector urbano se encuentra definido por el perímetro urbano que coincide con el perímetro de servicio existente y establecido por el municipio. En concordancia con lo anterior el perímetro urbano del municipio de Pelaya tiene una latitud norte de  $0.8^{\circ} 41'30''$  y una longitud oeste de  $73^{\circ} 39' 59''$  se encuentra 70 Mts sobre el nivel del mar con una temperatura media de  $28.7^{\circ} C$  y una precipitación anual de 2020 mm. (Esquema de Ordenamiento Territorial. EOT, 2002. p. 122).

El municipio de Pelaya posee un área de 351 km<sup>2</sup>, que se divide en una zona plana y otra montañosa. Las principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería vacuna y el comercio. Principalmente se cultiva maíz (5.000ha), yuca (165ha) y arroz (135ha). (IGAC, 1996. p. 1654).

Agrupan suelos que se localizan dentro de las áreas que común mente llamas sabanas de Tamalameque la gloria y Pelaya, en altitud que oscila entre 50 y 150 Mts y en clima cálido semi-húmedo. El relieve es plano aligera mente inclinada con pendiente menores del 7% y erosión laminar ligeramente moderada. Los suelos son pocos evolucionados desarrollados a partir de arenas y gravillas de pitadas sobre arcillas del terciario; tienen limite claro con la asociación palmas y asociación paraíso y abrupto con la asociación sueño. (EOT, 2002. p. 54).

Pelaya presenta una topografía mixta, el cual presenta dos pisos térmicos; cálido, presentándose en la zona del Valle del río Magdalena, con temperatura mayor de los 24°C, y Medio, presentándose en la serranía del Perijá con temperaturas entre los 17 y 24°C, su altura mínima se registra entre los 50 m.s.n.m. localizándose en el costado occidental del Municipio en los Corregimientos de Costilla y San Bernardo, sitio de interés ambiental y turístico por encontrarse la ciénaga de Sahaya. (EOT, 2002. p. 13).

Su origen se remonta al año 1938 donde desde escritos se evidencia como fue el proceso de creación del pueblo entablándose desde la primera casa de materiales humildes a el pueblo conformado que es en la actualidad.

Ángela Corrales Montesino buscó un terreno baldío para fijar su nueva residencia. Por la vía al caserío de costilla encontró un peladero, y en aquel suelo de nadie levantó una casita de palma. Esta vivienda se construyó en 1938 y fue la primera casa ubicada en el oriente de la Sabana de Pelaya, Donde años después se formó el caserío (Sánchez, L. 1998, p. 20).



### 3. Marco Metodológico

#### 3.1 Tipo de Investigación Mixta

En el desarrollo del proyecto se concreta e implementa una investigación de tipo cualitativo y cuantitativo o también definida como investigación mixta, donde esta técnica se expresa como:

“la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno. Éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos originales (“forma pura de los métodos mixtos”). Alternativamente, estos métodos pueden ser adaptados, alterados o sintetizados para efectuar la investigación y lidiar con los costos del estudio (“forma modificada de los métodos mixtos”)” Che, Johnson et al. (como se citó en Sampieri, Fernández y Baptista, 2010).

Consta de estas dos técnicas (cualitativo y cuantitativo), ya que para el estudio se hace necesario el analizar datos de investigaciones relacionadas con el tema de confort térmico y se recolecta información que se encuentra en el contexto del municipio de Pelaya, identificando, midiendo, calculando y reconociendo los entornos y la arquitectura presente necesitando así comprender, diagnosticar, y describir la arquitectura en tierra que se manifiesta en la localidad, logrando concretar propuestas arquitectónicas convenientes desde la optimización de la estructura y sus técnicas de construcción con enfoque bioclimático.

con base al tipo de investigación, esta se desglosa por fases, optimizando así el cumplimiento de los objetivos que se expresan de la siguiente manera.

**FASE INVESTIGATIVA.** Aquí el estudio del sector estará basado en investigación y recolección de datos, ya sean memorias, historias, datos relevantes no documentados en libros... y además se mapean los componentes de carácter urbano y arquitectónico relevantes para la investigación. En esta fase se genera un diagnóstico del sitio de estudio.

**FASE PROYECTUAL.** En la que dando respuesta a las necesidades identificadas en la base investigativa se determinan soluciones a los alcances definidos en la propuesta del trabajo, con la presentación del proyecto arquitectónico que aplique la el marco teórico y se implementen soluciones arquitectónicas en las que se justifique el beneficio a la comunidad.

**FASE DESCRIPTIVA.** Esta fase concluye la investigación en la que más allá del proyecto arquitectónico, se presenta la pertinencia y la innovación en las técnicas de proyección, y se sustenta la optimización del proyecto en un contexto topológico, arquitectónico, bioclimático y estructural, dando de esta manera cumplimiento con los objetivos propuestos.

### **3.1.1 Investigación analítico-descriptiva.**

Para llevar a cabo un análisis urbano y arquitectónico en alto nivel de detalle, se requiere el entendimiento de las dinámicas a nivel del municipio y a nivel sectorial, de este modo, se concluyen parámetros y características de diseño, es decir, una investigación descriptiva sobre estudio de casos. Martínez (2018) se refiere a que este tipo de

investigación observacional se basa en un grupo de individuos, se investiga a profundidad sobre experiencias y comportamientos o dinámicas en los sujetos de estudio. Consecuentemente, se concluyen parámetros y necesidades que se convierten en determinantes fundamentales.

### **3.1.2 Investigación proyectiva.**

Luego de obtener la información necesaria para concluir los detalles y funciones fundamentales del proyecto. La investigación proyectiva consiste en una propuesta, un plan o un modelo, como solución a un problema o necesidad, ya sea de un grupo social, institución o región, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento y de las tendencias futuras (Hurtado de Barrera, 2008). Debido a esto, se entrega como resultado final un planteamiento arquitectónico detallado que representa la solución a las problemáticas principales de acuerdo a los estudios realizados.

### **3.2 Población**

El planteamiento arquitectónico se proyecta como un promotor de cambio tras la sensibilización del uso la tierra como material óptimo para la construcción en el municipio de Pelaya, sin embargo, las actividades de construcción con materiales con alta huella ecológica están fuertemente arraigadas en la arquitectura actual la localidad, por lo tanto, se toma como población a los 18 361 habitantes del municipio repartidos en los barrios (El Tucero, Las Flórez, Ciudad Jardín, Las Delicias, San Juan Las Palmas, Jardín Central, Las Américas, Gaitán, La Esperanza, Cementerio, Nuevo, Mata Bijao, San José, 2 de Febrero, 11 de Noviembre, San Bernardo, Alfonso López, Carrizal, 2 de Junio.), ya que estos conforman la población del municipio representando las dinámicas de una

comunidad que evidencia diariamente las condiciones de inconfort térmico, gasto energético y condiciones muy bajo o nulo diseño bioclimático en la arquitectura actual, además, estos barrios podrían beneficiarse con la aplicación de las técnicas constructivas analizadas y propuestas en el proyecto para los procesos constructivos de hábitat y vivienda.

### **3.3 Muestra**

La muestra serán los habitantes de viviendas que emplean sistemas constructivos en tierra para analizar las dinámicas que se presentan en estos contextos que según las últimas cifras del Plan de Desarrollo del Municipio de Pelaya- Cesar 2016-2019 se encuentran 1054 hogares compuestos en sistemas que van desde el bahareque, tapia pisada hasta el adobe.

### **3.4 Técnicas de Recolección de Información**

#### **3.4.1 Observación.**

Se requiere el análisis descriptivo para organizar las determinantes y definir las dinámicas que requieren solución inmediata, estas han sido mencionadas en los objetivos de la investigación, para llevar a cabo este proceso de debe estudiar el sector y la población, este proceso se realiza mediante análisis urbanos, gráficos, planimetrías, estudios Urbano-arquitectónicos y físico-construido, etc.

#### **3.4.2 Instrumentos.**

En concordancia con la metodología investigativa y en pro del cumplimiento óptimo y acertado de los objetivos planteados en la construcción de la propuesta, se ubican a disposición métodos, procedimientos e instrumentos como:

- Análisis documental.
- Observación y observación participante.
- Mapeo y cartografía.
- Entrevista.
- Encuesta.
- Historia de vida.
- Listas.
- Diarios de campo.

### **3.5 Técnicas de Análisis de Información**

Los métodos seleccionados que permiten estudiar y analizar de forma objetiva, sistemática, cuantitativa y cualitativamente la información recopilada, se ajustan a instrumentos de:

- Análisis de contenido.
- Codificación.
- Tabulación.

## 4. Aspectos Administrativos

### 4.1 Cronograma

**Tabla 2. Cronograma de actividades para realización del proyecto.**

Tiempo		Semestre 1				Semestre 2				Semestre 3				Semestre 4				Semestre 5				Semestre 6							
Actividades	Responsable																												
definición anteproyecto		■	■	■	■																								
Etapa 1 - Objetivo 1						■	■	■	■																				
Actividad 1							■	■	■																				
Actividad 2										■	■	■	■																
Etapa 2 - Objetivo 2														■	■	■	■												
Actividad 1																		■	■	■	■								
Actividad 2																						■	■	■	■				
Etapa 3 - Objetivo 3																										■	■	■	■
Informe final																													■

### 4.2 Descripción del Cronograma

El proyecto parte de una investigación previa que deja un número considerable de ponencias, y artículo publicado hasta madurar en la propuesta actual. El cronograma anterior parte desde realización del anteproyecto hasta la ejecución final de la presentación y formalización proyectual. Logrando con el cumplimiento de las 3 etapas de investigación la resolución de los objetivos generales y específico de la investigación a su vez de la presentación de diversos eventos científicos y resultado de artículos publicados.

### 4.3 Presupuesto

**Tabla 3. Presupuesto de la Investigación**

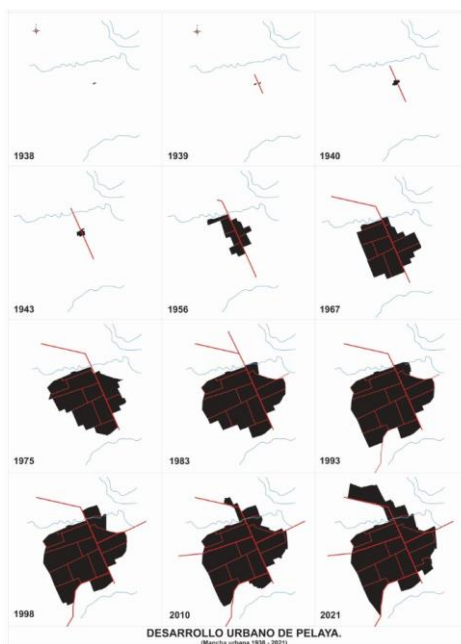
Ítem	Descripción	Cantidad		Costo
1	Recursos			
	Papel	1000	Hojas	\$ 48.000,00
	Impresiones	1000	Hojas	\$ 40.000,00
	Sobre de manila	9	Uds.	\$ 3.500,00
	USB	2	Uds.	\$ 45.000,00
	Lapicero	5	Uds.	\$ 7.500,00
	Lápiz	5	5 Uds.	\$ 5.500,00
2	Servicios			
	Transportes	Pelaya	Cúcuta	\$ 400.000,00
	Fotocopias	200	Hojas	\$ 10.000,00
3	Equipos			
	Computadoras	1	Uds.	\$ 3.000.000,00
	Cámara fotográfica	1	Uds.	\$ 1.200.000,00
	Celular	1	Uds.	\$ 300.000,00
4	Diagramación			
	Diseño	Tiempo invertido		\$ 3.000.000,00
5	Plotter			
	Laminas			\$ 80.000,00
Total				\$ 8.139.500,00

## 5. Diagnóstico urbano arquitectónico

### 5.1 Análisis urbano-topológico

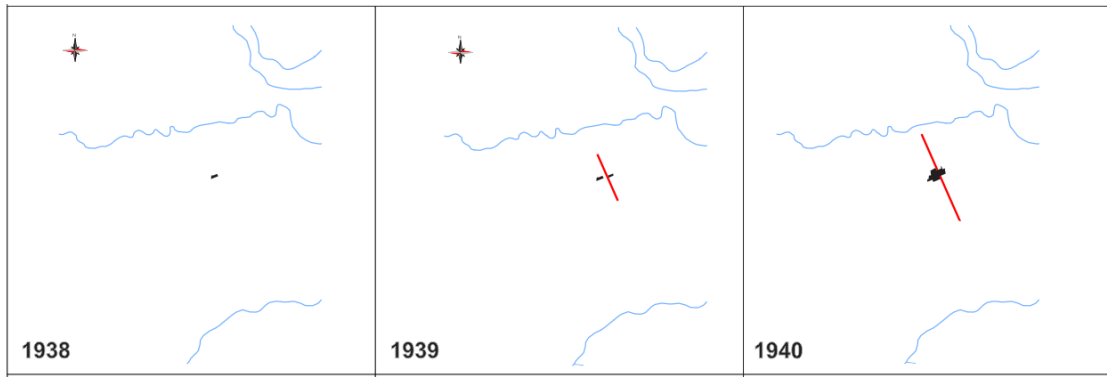
La topología, siendo una rama de las matemáticas, presenta una amplia aplicación en diversos campos de estudio, no siendo el urbanismo y la arquitectura la excepción. A partir de la teoría de grafos, articulando nodos y redes se puede entender la relación urbana de enclaves necesarios para el estudio de dinámicas urbanas como relaciones sociales, movilidad, concentración y crecimiento de infraestructura. Por lo que para estudiar los diversos componentes urbanos del municipio de Pelaya se estudian las dinámicas socio-demográficas, urbano histórico y urbano topológicas.

#### 5.1.1 Dinámicas Urbano-Histórico.

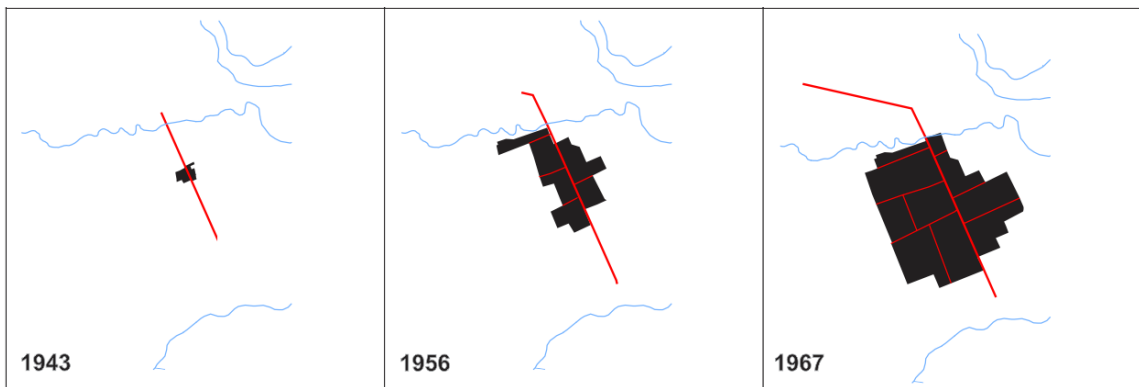


**Figura 8. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1938 – 2021. Elaboración basado en información obtenida en Sánchez, L. 2005, Planeación Municipal. 2018.**

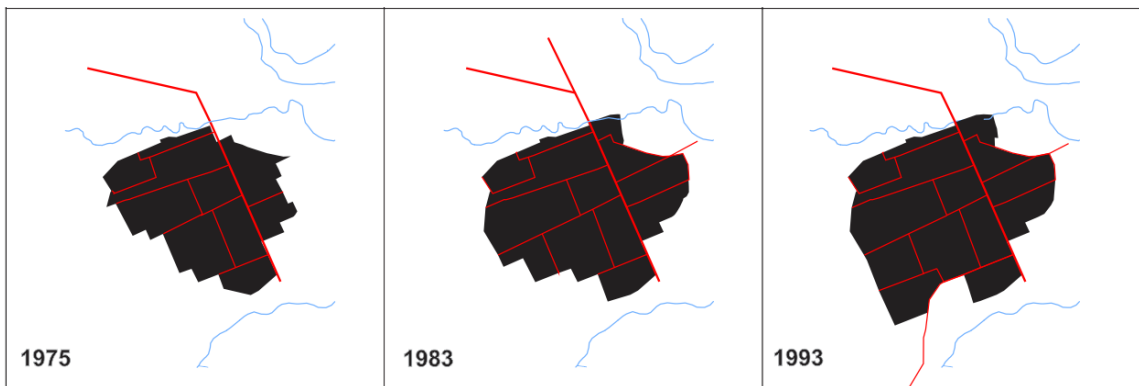




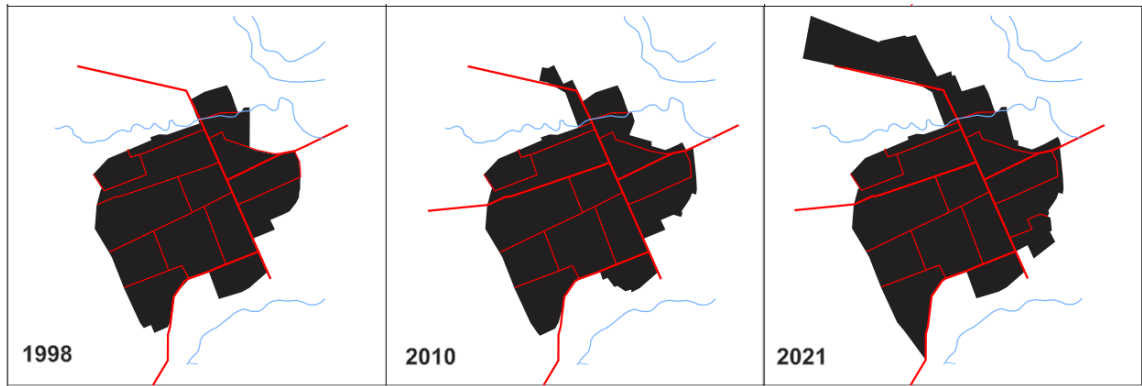
**Figura 9. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1938 – 1940.**



**Figura 10. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1943 – 1967.**



**Figura 11. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1975 – 1993.**



**Figura 12. Crecimiento de la mancha urbana de Pelaya 1998 – 2021.**

Con una Extensión total de 361.3 Km<sup>2</sup> el casco urbano cuenta con 4km<sup>2</sup> de territorio y una elevación de 70m sobre el nivel del mar. deja de ser un corregimiento de Tamalameque y hacienden a categoría de municipio en 1980 en la que de acuerdo a datos históricos la primera casa fue construida en el año 1938.

### 5.1.2 Dinámicas de Relación Urbano-Topológicas.



**MAPA DE RELACIÓN TOPOLÓGICA A ESCALA URBANO-RURAL.**  
(NODOS DE RELACIÓN DIRECTA RURAL - URBANO)

**Figura 13. Topología de relaciones y conectividad urbana.**



**Figura 14. Concentración de actividad humana. Enclaves de estructura topológica.**



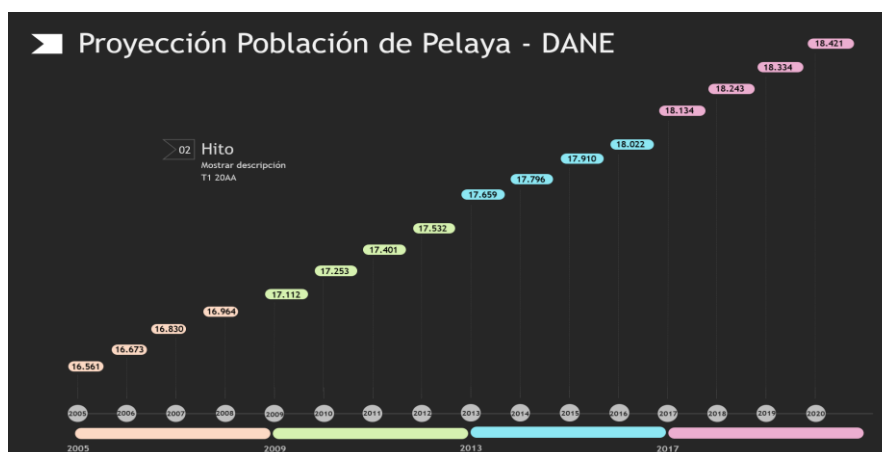
**CARTOGRAFÍA URBANA: MORFOLOGÍA PERIFÉRICA**  
(RADIOGRAFÍA DE LO CONSTRUIDO - LLENOS Y VACÍOS)

**Figura 15. Topología morfológica del espacio urbano. Llenos y vacíos.**

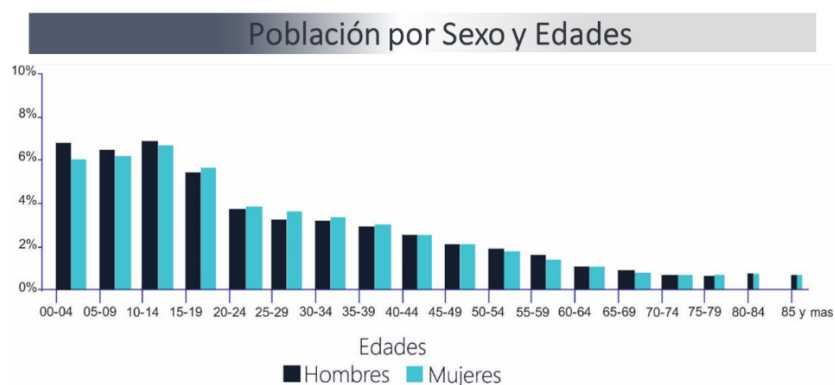


### 5.1.3 Dinámicas socio-demográficas.

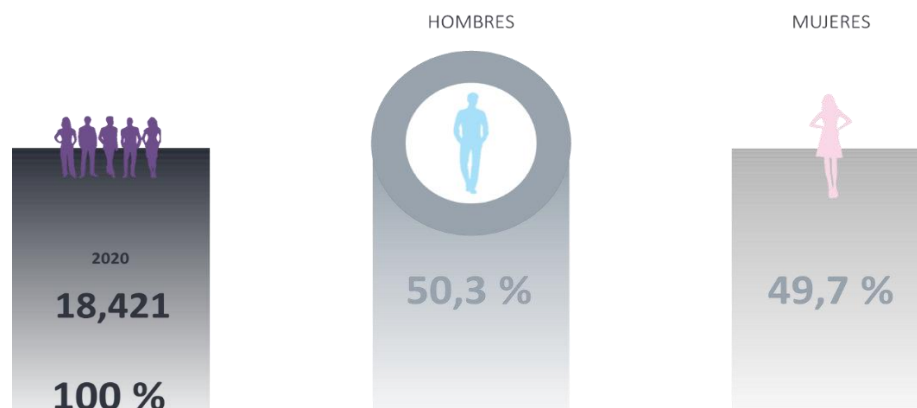
Pelaya es un municipio al sur del departamento del Cesar, que limita por el norte con Pailitas, con Tamalameque al oeste, con la Gloria al sur y al este con el departamento de Norte de Santander. Antes de 1948, Pelaya Cesar era reconocido con el nombre de Guitarrilla y Corea, derivada de una época fuertemente afectada por la violencia bipartidista, en la cual el territorio se vuelve refugio para gran parte de personas que llegaban de los Santanderes tras la movilización forzada.



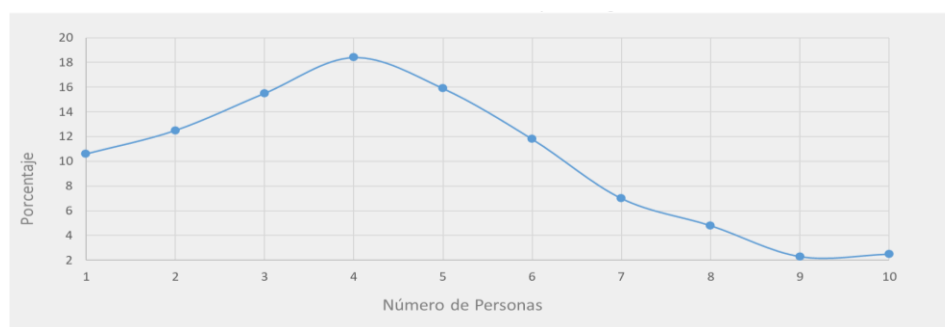
**Figura 16. Proyección poblacional municipal por área 2005 – 2020 Pelaya Cesar. DANE (2005).**



**Figura 17. Relación porcentajes de población – sexo y edades. DANE (2005)**



**Figura 18. Población Pelaya, porcentajes por sexo. DANE (2005)**

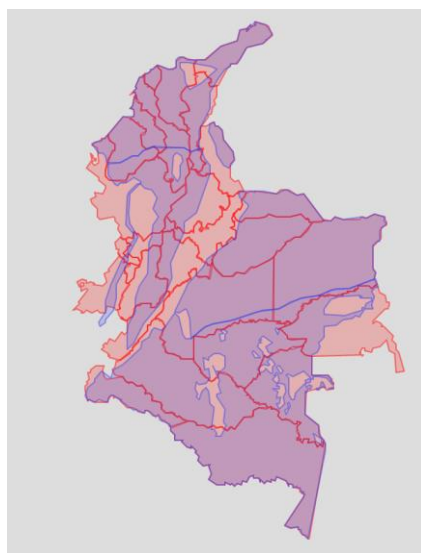


**Figura 19. Relación porcentaje población - número de personas por hogar Pelaya. DANE (2005).**

## 5.2 Análisis urbano-Ambiental y Económico

Pelaya es un municipio al sur del departamento del Cesar, que limita por el norte con Pailitas, con Tamalameque al oeste, con la Gloria al sur y al este con el departamento de Norte de Santander. Antes de 1948, Pelaya Cesar era reconocido con el nombre de Guitarrilla y Corea, derivada de una época fuertemente afectada por la violencia bipartidista, en la cual el territorio se vuelve refugio para gran parte de personas que llegaban de los Santanderes tras la movilización forzada.

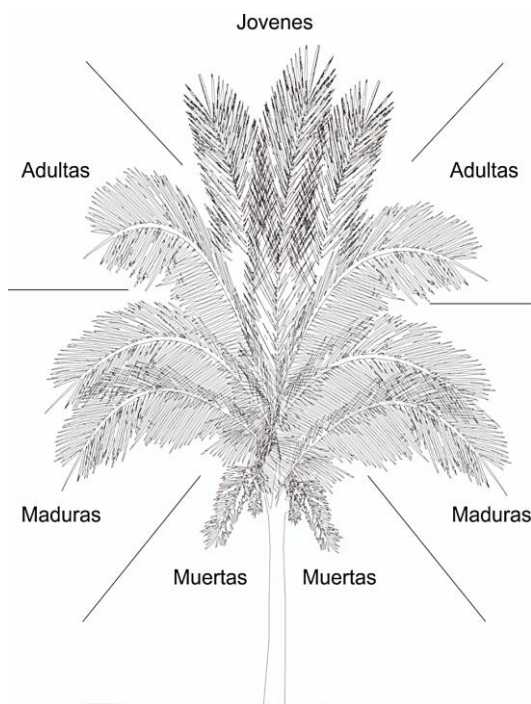
El uso de materiales renovables para la construcción en el contexto actual se hace completamente necesario tras la emergencia ambiental que se presenta ya sea por el cambio climático, o la huella ecológica que dejan nuestras edificaciones. Pero el uso de materiales renovables como la madera deja puerta abierta a la tala ilegal indiscriminada y no controlada ya que según El Fondo Mundial para la Naturaleza menciona que “En Colombia hay 796 especies vegetales amenazadas por cuenta de problemáticas como el cambio climático, la deforestación y la extracción de madera ilegal” ( World Wildlife Fund, 2020) por lo cual se hace necesario el encontrar nuevos materiales de construcción que puedan tener un enfoque renovable y que se permita su cultivo y producción en masa sin afectar su población, y para tal efecto la investigación se centra en el estudios de la palma *Attalca Butyracea*, por las características mecánicas que presenta su raquis para construcción y su amplia presencia en todo el territorio colombiano y puntualmente para el estudio en el departamento del Cesar.



**Figura 20. Distribución a Nivel Nacional y Regional de la Palma. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2021**

## Morfología del raquis de palma

Pírmano, pírmano o más técnicamente conocido como raquis, es un tipo de espinaza o columna que articula los folios de una palmera y que en conjunto dan forma a la hoja o penca de la palma. Dependiendo de su estado de madurez su longitud puede variar entre los 4 - 6 metros en su totalidad, pero la generación de listones con una consistencia estructural estable puede variar entre los 3 - 4 metros. Estos listones presentan propiedades mecánicas diferentes de acuerdo al estado de desarrollo de la penca, distribuyéndose de la siguiente manera: en el cogollo se presentan las hojas jóvenes, le continúan las hojas adultas que presentan su estado más vigoroso, le siguen las maduras las cuales presentan propiedades mecánicas en sus raquis mucho más destacables, y ya finalizando se encuentran las hojas muertas que por el paso del tiempo y la intemperie ya no son aprovechables (fig.2).



**Figura 21. Desarrollo y distribución de las pencas de palma**



Fuente: basado en Bernabé Moya, José Plumed, Claudio Littardi. La poda de las palmeras ornamentales (biología, ecología y gestión). 2005. Ed. Asociación Española de Arboricultura.

La planta *Attalea Butyracea* se caracteriza por un estúpido de 4 a 10 metros de altura según la edad de la planta y 35 a 75 cm de diámetro. Posee entre 25 y 40 hojas, con un raquis de 4 a 6 m de largo y cada hoja con 180-240 pares de pinnas y desprendiendo vainas frutales de 1 a 1,5 m de longitud por 30-45 cm de ancho. (Fig.3)



**Fotografía 10. imagen de la palma y detalle de la vaina foliar.**

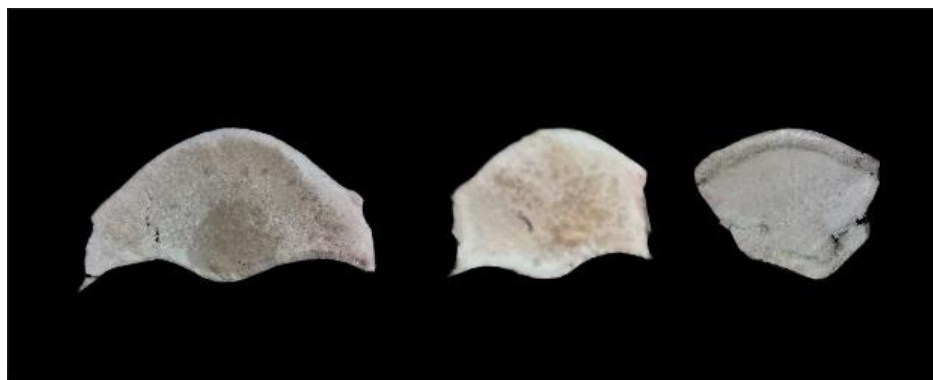
La planta presenta diversos elementos que pueden tener numerosas utilidades, pero para el tema de estudio se analizan más a fondo las características del raquis.

### **Materiales y métodos.**

La investigación articula una investigación documental para la postulación del raquis de palma como elemento de construcción, en el que el proceso de diseño va

evolucionando, aplicando procesos creativos en los que se experimenta con el raquis de palma y se ejecutan propuestas modulares donde se aplica una metodología de configuración morfológica que se apropia de la noción de la geometría y la topología aplicando el concepto de configuración estereotómica topológica desde las herramientas operativas y acciones morfológicas del pliegue donde “El resultado formal es el de cuerpos hueco poliédricos irregulares, con propiedades topológicas de transformación, aportadas por el pliegue, repliegue y despliegue.” Perís, Lucas (2020)

De los diversos elementos que presenta la planta y sus numerosas utilidades que pueden tener, el raquis ha sido escasamente explorado en la aplicación arquitectónica, manteniendo una limitada fuente teórica de este elemento particular. El raquis de la palma de vino (*Attalea butyracea*) es un elemento longitudinal fibroso que mantiene características excelentes de elasticidad cuando está verde, y de dureza y resistencia cuando está seco. Su grosor varía desde su inicio (de 8 – 10 cm) hasta su fin (1 - 0.5 cm) cambiando morfológicamente en ese proceso, mostrándose más ensanchada en el inicio, y más refinado en las terminaciones. Para uso constructivo se usan valores de los 9cm en sus partes más gruesas hasta los 2.5 cm por su capacidad mecánica y de resistencia.



**Fotografía 11. Corte transversal del raquis en estado seco.**



### **Fotografía 12. variación de diámetro en los raquis.**

El raquis de palma se manifiesta como un listón de medidas específicas en las que puede ser utilizados desde la multiplicidad para la creación de paneles modulares.

### **Modulación estructural desde el listón.**

En el contexto de autoconstrucción que se vive en el municipio de Pelaya Cesar, la edificación en tierra es una alternativa que se manifiesta en las viviendas de escasos recursos ya que su facilidad para adquirir recursos la hace una tentativa alternativa, pero estas edificaciones en la mayor parte de los casos no cumple con la normativa estructural de la región por la carencia de nociones estructurales en su concepción y la aplicabilidad de diversas técnicas de construcción hacen una fuente grande de edificaciones con problemas estructurales latentes.

Aunque gran porcentaje de construcción manifiesta materiales como el concreto o el acero, no se pueden evadir el porcentaje en el uso de materiales vernáculos como la guadua, la palma lata, o el raquis de palma que se evidencian en la concepción de muros con sistemas en bahareque que no dejan de ser paneles de modulación estructural que

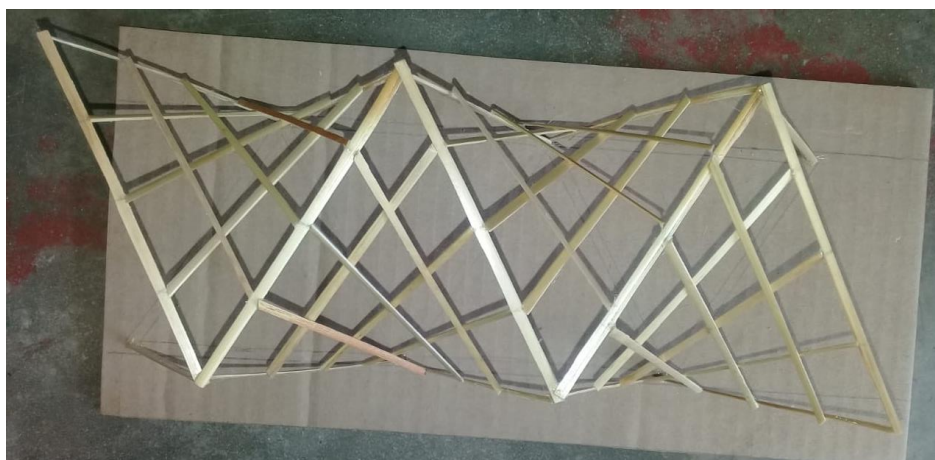
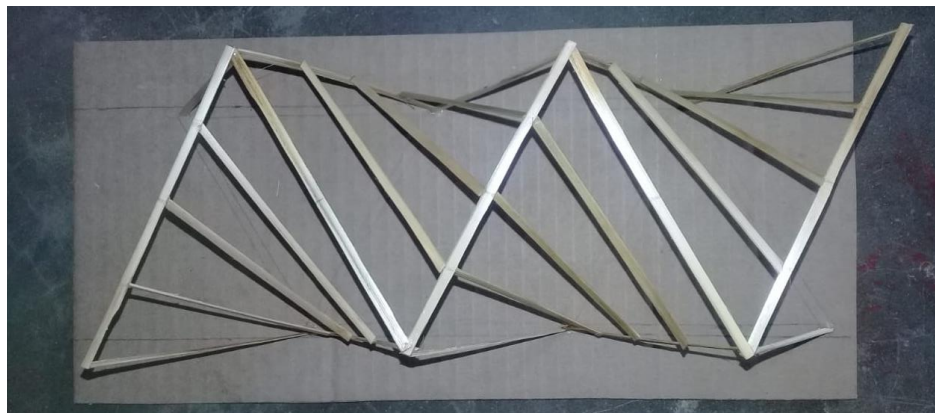
permiten una autoconstrucción que aunque no cumplen la norma, permiten una protección frente a la intemperie y dan solución provisional a la necesidad de vivienda. (Fig. 6)



**Fotografía 13. Modulación empírica de sistemas constructivos con Raquis de palma en el municipio de Pelaya.**

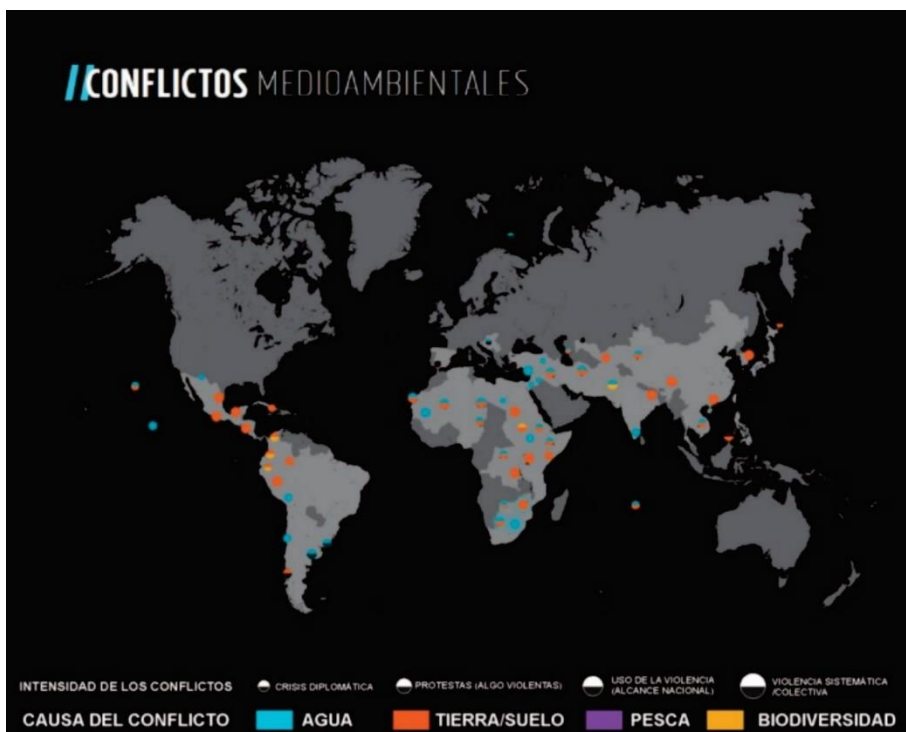
Para el análisis modular se estudian desde los prototipos las disposiciones posibles y las topologías que se pueden lograr tras la disposición de los listones en superficies que pueden ir desde lo simple hasta una composición geométrica compleja. Uno de los ejemplos analizados presenta una disposición de piel con módulos de paraboloides hiperbólicos unidos, generando una estructura autoportante que se puede transpolar a un espacio arquitectónico real como un tipo de pérgola, o estructura de cubierta plana o viva.





**Fotografía 1. prototipo modular desde la disposición de paraboloides hiperbólicos unidos. Fuente: Imágenes suministradas por los autores.**

### **5.2.1 Dinámicas Urbano-ambientales.**



**Figura 22. Conflictos ambientales en el planeta. IDEAM; PNUD; MADS; DPN (2016).**

Era imposible iniciar un análisis del municipio sin antes comprender el contexto ambiental que lo rodea, para entender esas determinantes ambientales que serán claves para lograr parametrizar el proceso de diseño en este lugar.

“En este mapa producido en el 2014 por investigadores del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona, Colombia aparece como el país con más conflictos ambientales de América Latina.” (Tercera comunicación nacional de cambio climático; IDEAM; PNUD; MADS, DNP, 2016, págs. 60, 61).

Parte de todas estas problemáticas también recaen en el maltrato de nuestro contexto ambiental, arrojando problemáticas como la deforestación del bosque tropical

seco de Colombia, ya que cifras presentadas por Humboldt, A. (2014) expresa que actualmente podemos estar hablando de una deforestación del 92% a nivel nacional.



**Figura 23. Bosque seco tropical deforestado en Colombia. Humboldt, A. (2014)**

Esta deforestación es importante analizarla para saber cuál es la posible madera que puede ser plantada, reforestada y luego cultivada tras un proceso de planeación rural en la cual se puedan articular especies para la producción maderera y utilizada en los procesos renovables de la construcción regional e incluso a estala nacional.

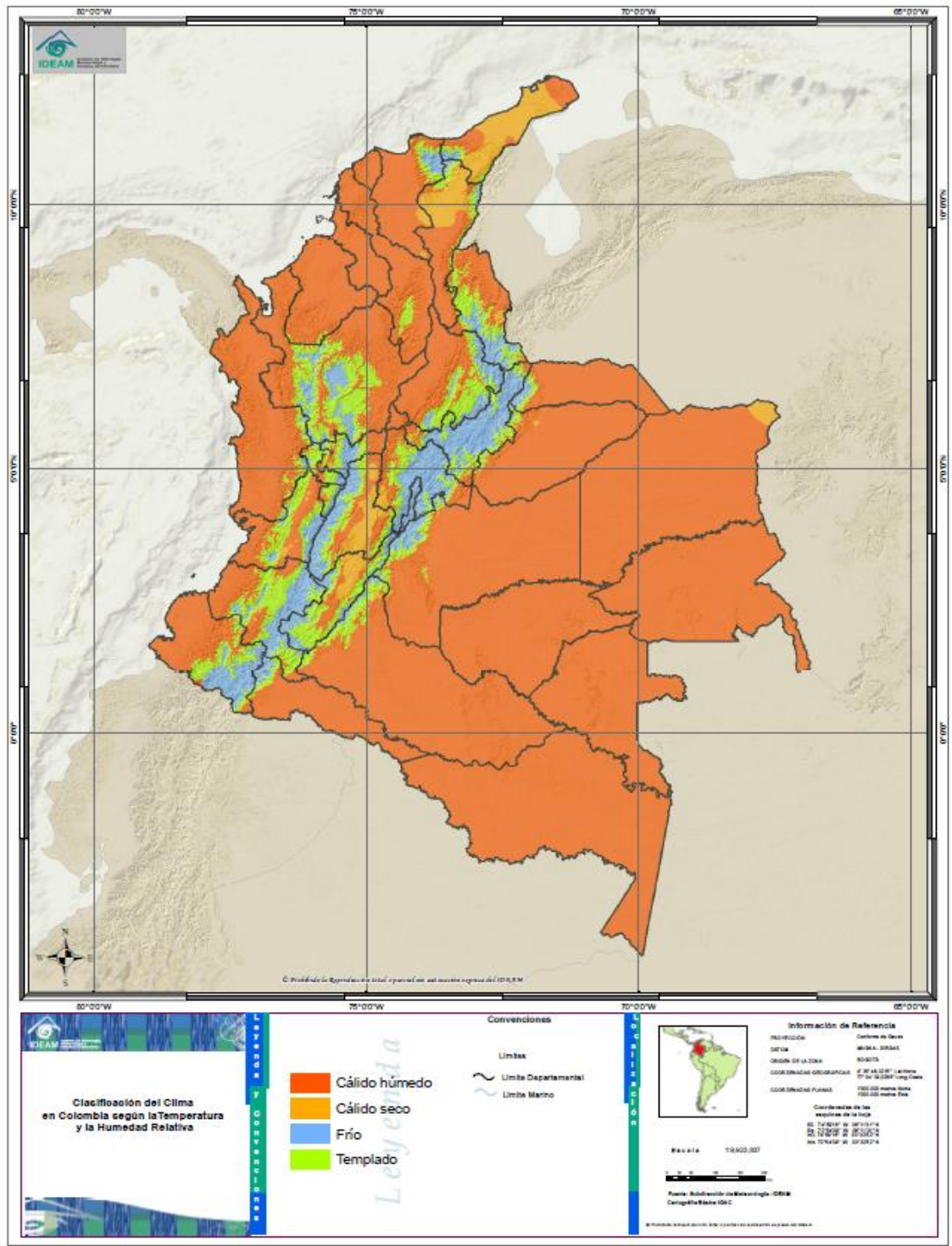
También es clave enmarcar que población es la que está articulada en el municipio, con porcentajes de incidencia tanto en lo rural y en lo urbano, siendo clave para poder identificar cual será la población con prioridad a ser atendida en este estudio, arrojando según cifras del DANE (2018) 69% de la población está ubicada en el casco urbanos, definiéndose la vivienda en este contexto como la de principal enfoque a ser atendida.



**Figura 24. Porcentaje población urbana, población rural. DANE (2018) citado en CESORE (2020)**

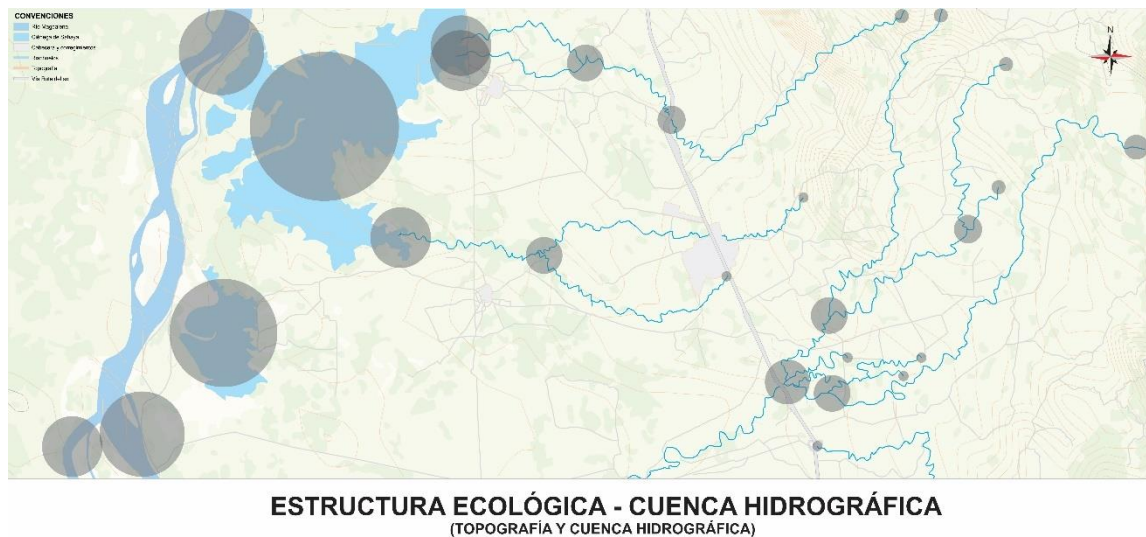
Comprendiendo que la vivienda Urbana será el enclave, a continuación, es importante definir cuál es el clima del municipio, logrando identificarse como cálido Subhúmedo de acuerdo a los análisis realizados en la Guía de Desarrollo Sostenible Para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones. (2015) como se expresa “Cálido seco (incluyendo semi-húmedo): el mayor problema es el exceso de calor, pero el aire es más seco. Hay normalmente una larga variación de temperatura diurna (día-noche), en esta clasificación climática hemos incluido la categoría de semi-húmedo” presentándose con una humedad relativa menor de 75%





**Figura 25. Clasificación del clima en Colombia según temperatura y humedad relativa. Guía de Desarrollo Sostenible Para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones. (2015)**

El municipio cuenta con una humedad relativa menor al 75%, pero no alcanza catalogarse como clima seco, ya que de acuerdo al análisis presentado de estructura ecológica se determina la importancia de la humedad que generan las dos fuentes hídricas principales del contexto, en las que se encuentra el río Magdalena y la ciénega de Sahaya respectivamente, quienes de acuerdo a los principios básicos de condensación hacen que la humedad pase a través de la cabecera municipal dirigiéndose hacia las montañas de la serranía que delimitan los departamentos de Norte de Santander y del Cesar.



**Figura 26. Fuentes hídricas importantes. Ciénega de Sahaya, río Magdalena, y cuencas hidrográficas de menor escala.**

El contexto rural presenta características ambientales que son idóneas para el desarrollo de flora y fauna que además de un aporte ambiental, también suma a aspectos de crecimiento económico, turístico y social que permiten un análisis a estos recursos desde la sostenibilidad económica.

### 5.2.2 Recursos naturales y sostenibilidad económica.

A nivel nacional es claro que hay una problemática de pobreza multidimensional en la cual a nivel porcentual según cifras del DPN (2015) Colombia presenta un 70% pero de manera preocupante, Pelaya supera este porcentaje, con un 82% que hace necesario generar soluciones que estén articuladas a estos contextos. Priorizando sistemas que mantengan un enfoque de sostenibilidad y bajo coste, permitiendo accesibilidad de materialidad y técnicas constructivas en las cuales puede estar presentada la tierra como principal material que cumple lo anteriormente mencionado.



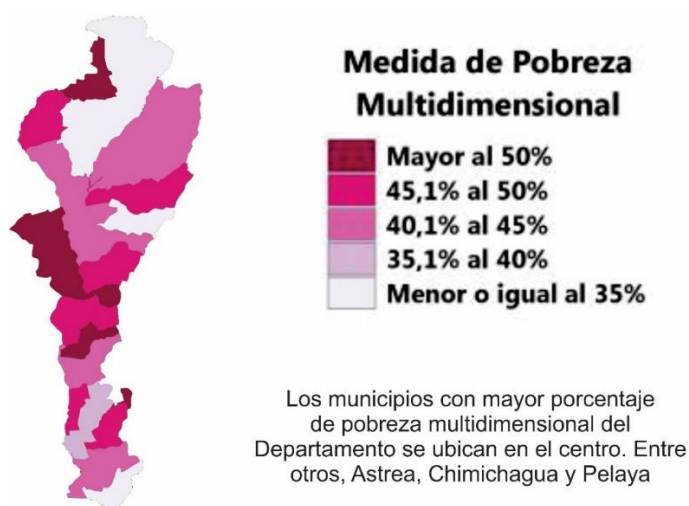
**Figura 27. Porcentaje de Pobreza multidimensional. Colombia – Cesar – Pelaya. DPN (2015)**

Los problemas medioambientales que se han presentado a través de todo este tiempo ya se están viendo reflejados en mayor medida en las consecuencias del cambio climático, y no es de extrañar, tras ver problemáticas como la reducción de recursos, la tala de bosques y la economía insostenible, por lo que se plantea como obligación actual el utilizar recursos naturales que permitan vincularse a una economía circular para poder mantener sostenibilidad a corto, mediano y largo plazo.



**Figura 28. Índice de pobreza en el Cesar. DANE (2020) Citado en El PILÓN (2021).**

De acuerdo a últimas cifras del DANE, el índice de pobreza a nivel Departamental ha minimizado, pero, aún no en estándares óptimos; lo que permite ver que, aunque se ha presentado desarrollo a nivel regional, es necesario continuar con la implementación de planes de desarrollo que mantengan enfoque en el aprovechamiento de materiales de la región, y permitan sostenibilidad ambiental y económico.



**Figura 29. Índice de pobreza multidimensional del Cesar por municipios. DANE (2020)**

El DANE (2020) presenta el municipio de Pelaya con un Índice superior al 50% lo que justifica el generar proyecciones que permitan optimizar cualquier posibilidad de

aumento económico para lo cual se presentan propuestas que articulan ejes ambientales, fuentes hídricas, principales materias primas que está definidas con, ganadería, agricultura principalmente de maíz y palma aceitera, y la pesca.

También es importante articular la economía a través de los hogares con la posibilidad de generar mixtura de usos que faciliten la manutención en los hogares y la formalización legal de diversas actividades catastrales, que permitan una regulación directa de la información y permitan a su vez, el mejoramiento de componentes urbanos a través de la financiación pública, presentándose así una cadena que está pensada para el aumento de adquisición económica y así asegurar una mejora en la calidad de vida que subsane los déficit de vivienda y de pobreza multidimensional.

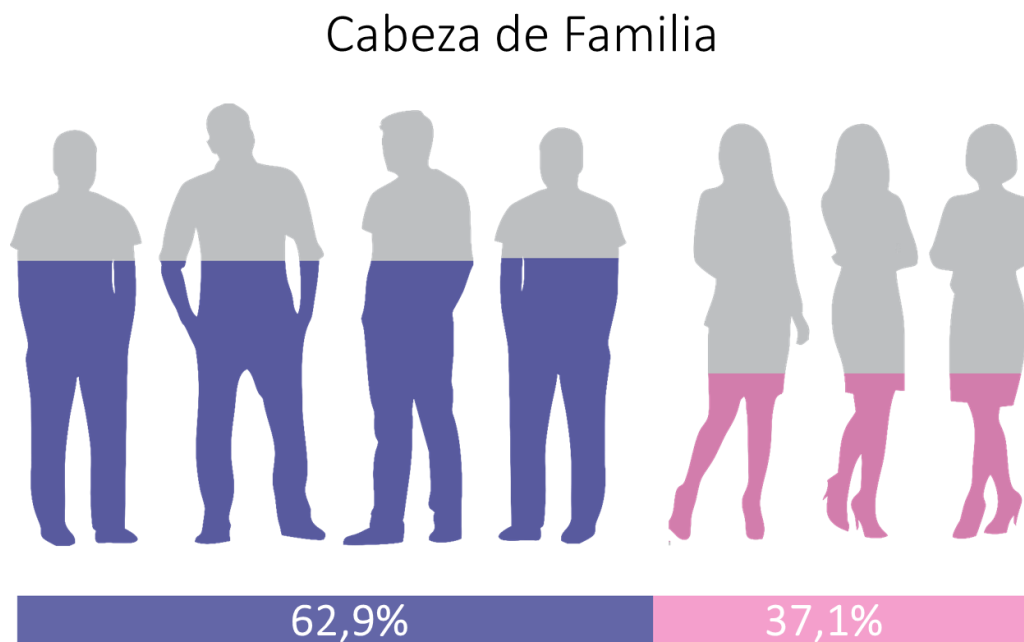


**Figura 30. Porcentaje de hogares con actividad económica de Pelaya. DANE (2005)**

El DANE (2005) presenta el municipio de Pelaya con un porcentaje de 9,2% de actividad económica en todos los hogares, lo que permite visibilizar estadísticamente la

posibilidad de articular de mejor manera este tipo de conceptualizaciones urbanísticas en el municipio.

Desde un análisis social, es importante entender las capacidades económicas de los hogares, y para un entendimiento más general, se logran a través de los estudios realizados por el DANE (2018) ver los porcentajes de cabezas de familia por sexo en el municipio, reflejando que el empoderamiento femenino empieza a romper estándares tradicionales, y que a su vez, la economía se empieza a ver mayor pluralidad que puede estar enfocada en ventas de artículos, alimentos, y trabajos externos de manera formal e informal que permiten el crecimiento económico del núcleo familiar.



**Figura 31. Porcentajes de Cabeza de familia por sexo en Pelaya Cesar. Geo portal DANE (2018)**

El 62% de los hogares cuenta con hombres cabeza de familia que se destinan primeramente a los oficios del trabajo agrícola y la ganadería, tanto campesinos como

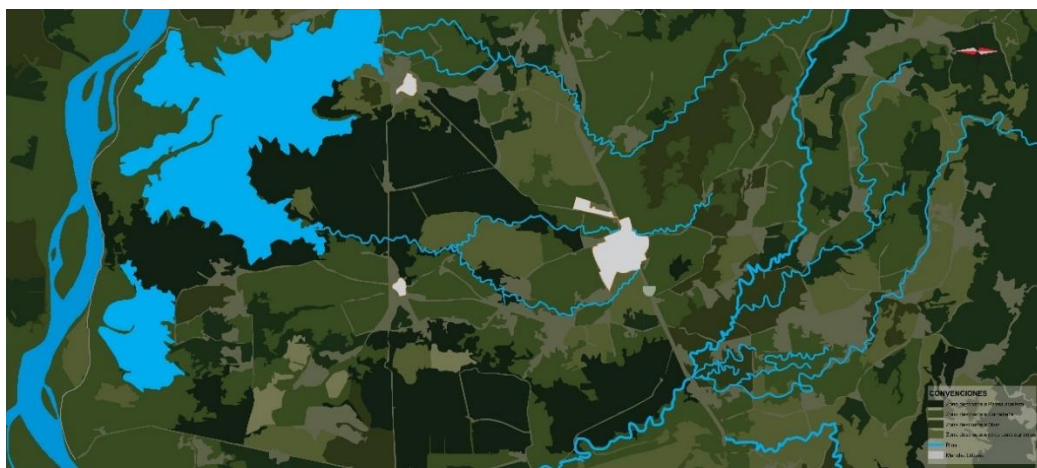


contratistas en empresas especializadas en agro-producción como lo demuestran datos cualitativos realizados por MinTrabajo (2014).

**Tabla 4. Principal vocación de los municipios de la Subregión del Cesar. MinTrabajo (2014)**

<b>Subregión del Sur</b>	Aguachica	88.883	Su principal vocación es comercial, de abastecimiento e intercambio de alimentos, insumos y servicios. Por ser un punto equidistante entre el norte de y sur de Bolívar, se convierte en un espacio de convergencia para los productos agropecuarios. Se caracteriza por la producción de ganado de carne, palma africana y caña panelera. Además, presenta una importante producción pesquera en Gamarra y La Gloria.
	Gamarra	15.777	
	González	7.842	
	La Gloria	13.612	
	Pelaya	17.401	
	Pailitas	16.710	
	Río de Oro	14.208	
	San Alberto	22.757	
	San Martín	18.089	

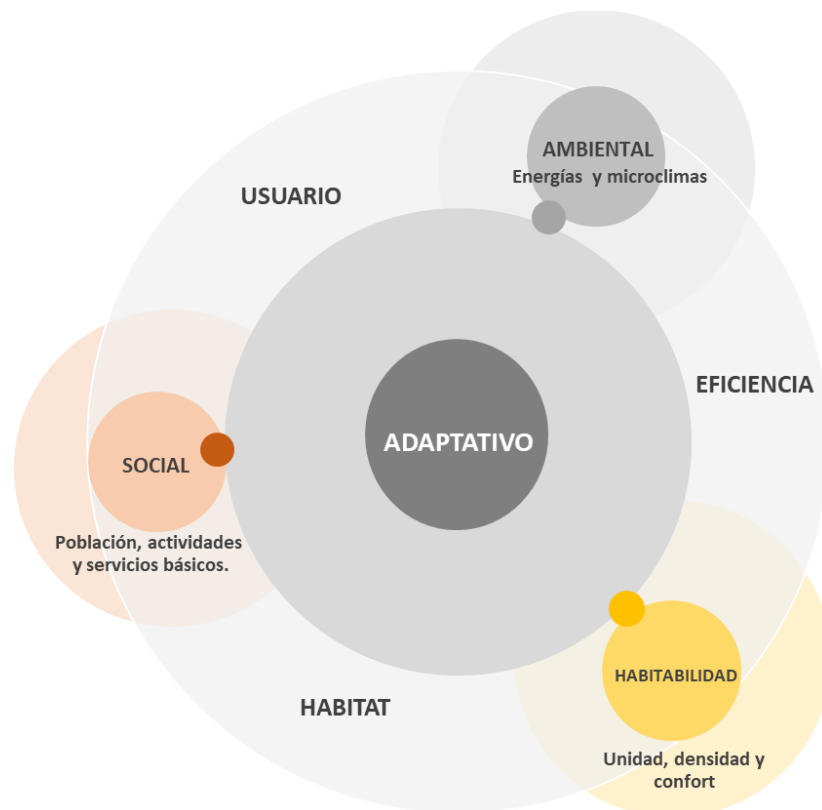
A través de análisis con mapeos satelitales, se logran identificar las zonas de uso rural caracterizadas por materia prima como el maíz, la palma, la pesca y la ganadería, la cual se articula a través de una red ferroviaria y carreteras que articulan el interior del país con la costa atlántica, permitiendo el flujo de toda la economía.



**MAPA ESTRUCTURA ECOLÓGICA - USO DE SUELO RURAL**  
(ACTIVIDAD ECONÓMICA RURAL)

**Figura 32. Uso de suelos rurales, actividad económica medioambiental.**

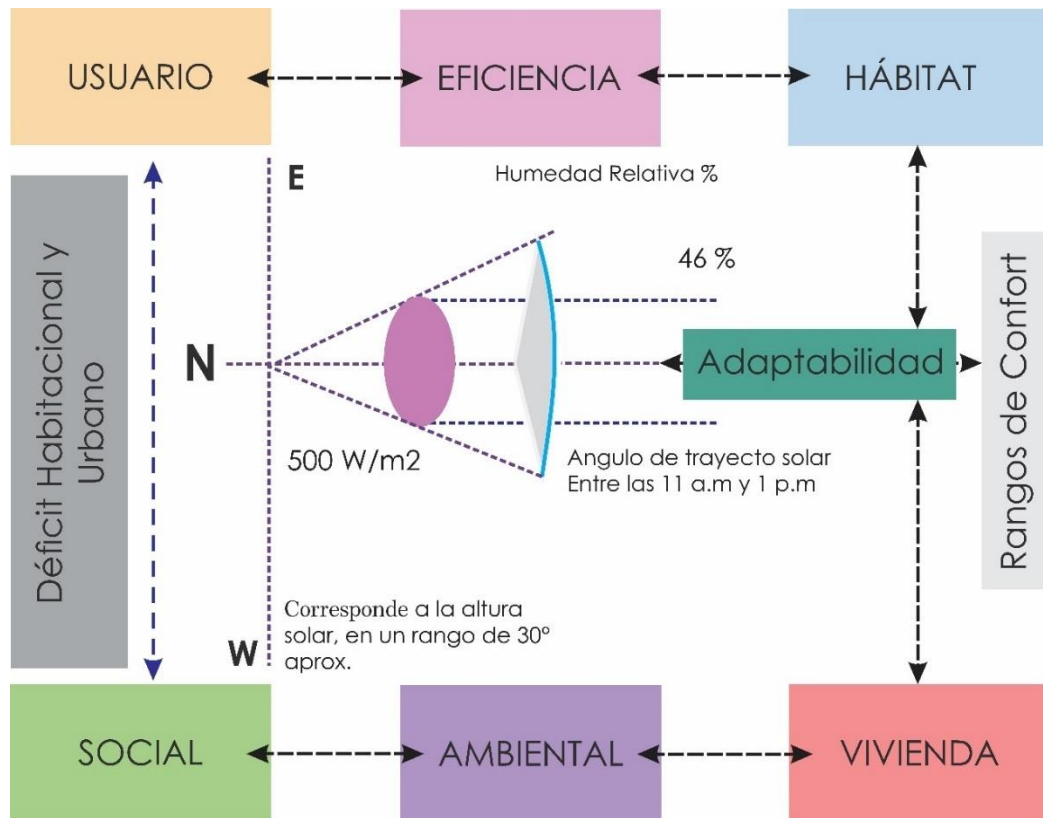
A partir de la definición de estos componentes económico-ambientales se logra entablar una trazabilidad de diseño ambiental integral basado en el planteamiento (MIDA). Cortés y Villar. (2014) en la que se acoplan conceptos de habitabilidad. Ambiental y social que se enfoca en la articulación de unidad, densidad, confort, población, actividades, servicios energías y microclimas que se enfocan en el Hábitat, el usuario y la eficiencia.



**Figura 33. Método integral de diseño ambiental. (MIDA). Cortés y Villar. (2014)**

A este método integral se enfoca en general de manera integral una respuesta a un proyecto adaptativo el cual debe estar articulado a través de un diagrama de interrelación de variables.





**Figura 34. Diagrama de interrelación de variables. Cortés y Villar (2014)**

A partir de los datos definidos se logra entablar una trazabilidad clara la cual necesita de un análisis de impacto ambiental que permita articular técnicas claves de diseño para proyectos urbanos de institución o habitacional que permitan responder las necesidades de hábitat.

A partir del reconocimiento del sector se deben tener en cuenta, consideraciones del uso del suelo urbano en un contexto de bosque tropical seco que permitan visibilizar las dinámicas ambientales a considerar como lo puede ser una caracterización del clima. Es importante considerar de igual manera puntualizaciones de geolocalización que

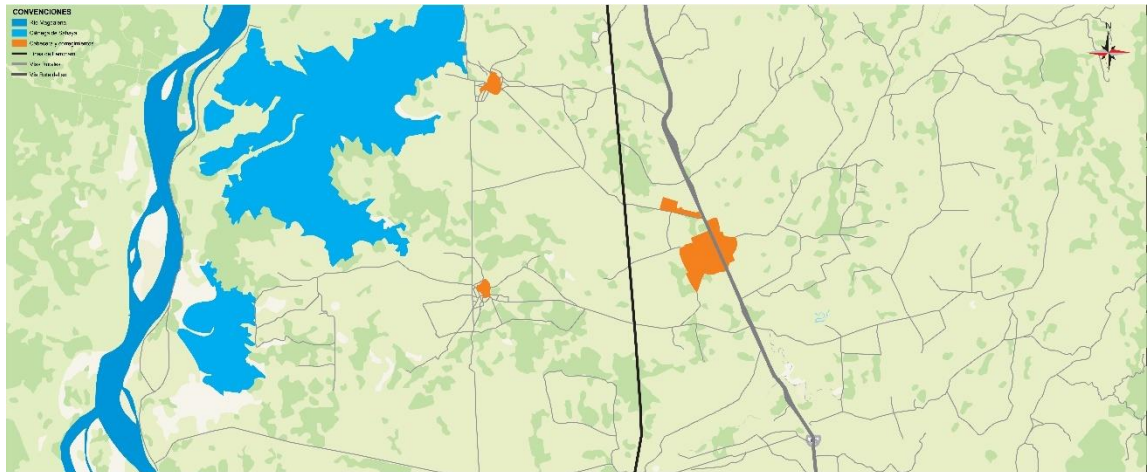
permitan brindar mayor información de las condiciones ambientales del suelo rural que afectan a los climas y microclimas presentados en el contexto urbano de estudio.

### **5.2.3 Impacto ambiental.**

En el proceso de diseño urbano es importante considerar el confort térmico, el cual es arrojado por el estudio de las condiciones climatológicas del sector, sumado de las técnicas constructivas que se presenten las cuales permiten el aumento de temperatura en los sitios donde los materiales son propensos a la acumulación de la temperatura en las horas del día que la radiación solar es mayor, y liberando la temperatura en horas de la noche afectado así la sensación térmica de las personas respecto al contexto ambiental en el que se encuentra afectando directamente el confort térmico que de acuerdo a la Guía de Desarrollo Sostenible Para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones (2015).

“El confort térmico es la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico (requiere evaluación subjetiva). Las condiciones de confort dependen de la actividad física desarrollada y del tipo de vestimenta de los ocupantes del edificio. Sin embargo, como norma general, el confort térmico se obtiene a una temperatura entre 21°C y 25°C, con una humedad relativa comprendida entre el 20% y el 75%”.

A partir de estas definiciones se convierte en prioridad el análisis de las condiciones ambientales y el impacto que tienen en la región para lo cual se hace necesario el uso de herramientas satelitales que permitan el estudio de la fragmentación del bosque tropical seco y la expansión del a mancha urbana.

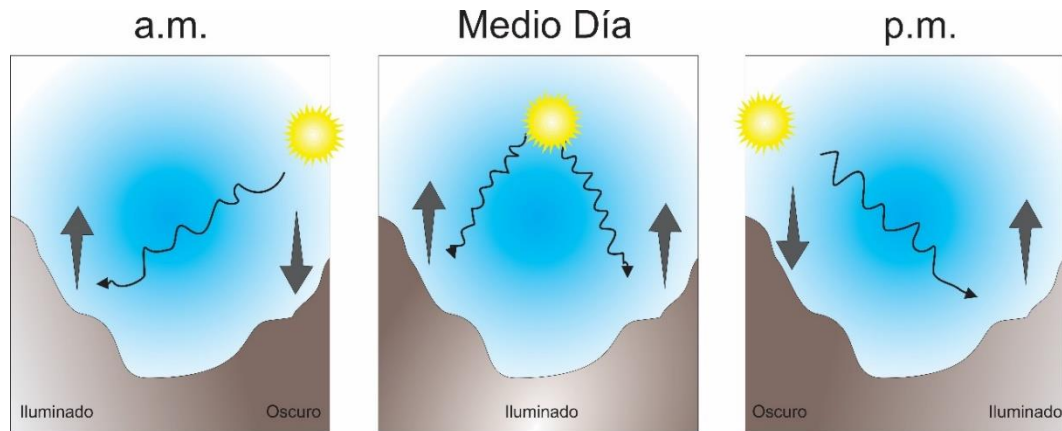


**FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE SECO Y EXPANSIÓN DE LA MANCHA URBANA  
(BOSQUE SECO TROPICAL)**

**Figura 35. Fragmentación Bosque seco y expansión Urbana.**

Pelaya presenta una red topológica que articula veredas, corregimientos, y vías arteriales a nivel nacional que denotan una mancha en el paisaje que generan un impacto en el territorio, presentando a nivel regional una deforestación para el uso agrícola y ganadero que evidencia una presencia mínima de vegetación perteneciente al bosque tropical seco, lo que causa un aumento en la temperatura tras la radiación directa que no es amortiguada por la capa arbustiva de la fitotectura, calentando los suelos directamente que presencias suelos con zonas de pastaje y que se relaciona a efectos de viendo que se cambian de húmedo a seco desde la salida de las grandes fuentes hídricas, a las montañas de la serranía del Perijá.

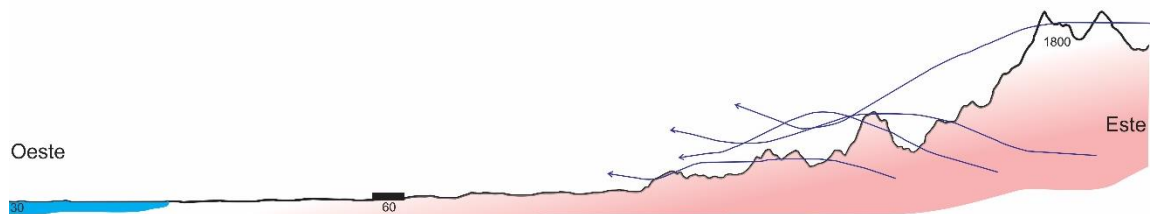
Con los estudios realizados por González (2010) se ve reflejado el efecto de viento montaña que puede estar relacionado al contexto cercano al valle del municipio, logrando ver así los flujos del viento que pueden resaltarse de manera general para tenerlas en cuenta de manera puntual en el proyecto arquitectónico.



### Efecto Viento Montaña

**Figura 36. Efecto viento de montaña. González (2010)**

Es importante determinar si los vientos del entorno de Pelaya son afectados a través del efecto anteriormente mencionado, por lo cual a través de herramientas digitales como Google Earth, se logra hacer un perfil topográfico que luego ser analizado por sus vientos predominantes a través de año se logra evidenciar que los vientos bajan de la montaña, lo que hace que una vez se articula con los flujos que vienen del osete es lo que causa que en ciertas épocas tengamos fluctuaciones de verano e invierno con vientos más seco y húmedos que catalogan al sector como un clima cálido semi-húmedo.

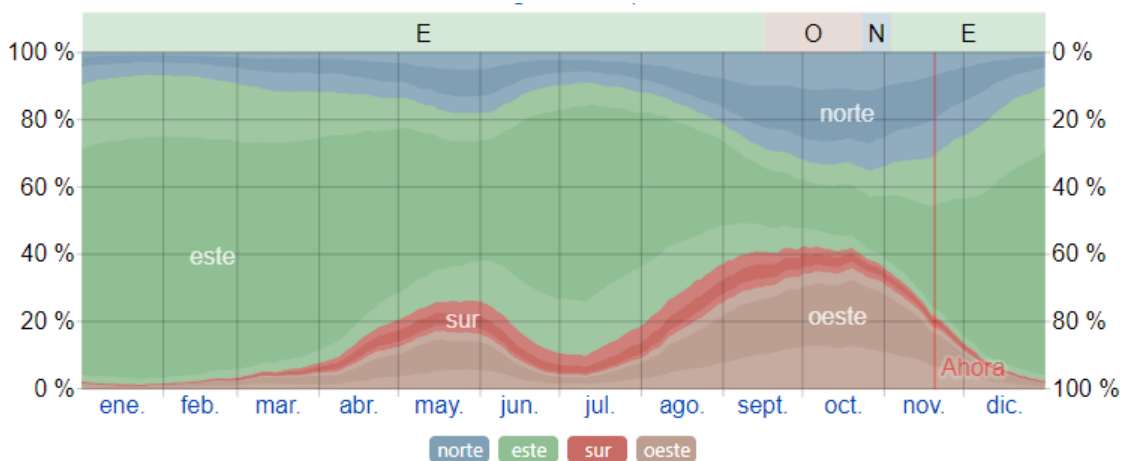


**Figura 37. Perfil topográfico y de vientos predominantes este - oeste.**

El valle en el que se encuentra ubicado el casco urbano del municipio de Pelaya Cesar presenta características ambientales desfavorables, tras sus temperaturas altas, su baja ventilación natural, y sus ámbitos de estaciones de verano e invierno. A su vez

presenta condiciones a potencializar como sus tierras fértiles tras el limo dejado por el río Magdalena, y la ciénega de Sahaya, los cuales presentan un atractivo turístico con alto potencial.

A través de los datos recolectados por la plataforma Weather Spark se logra determinar cuál es la dirección predominante de los vientos presentando gran predominancia del sentido este a oeste predominando los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, junio y julio, siguiéndole los sentidos de norte a sur, y se oeste a este.

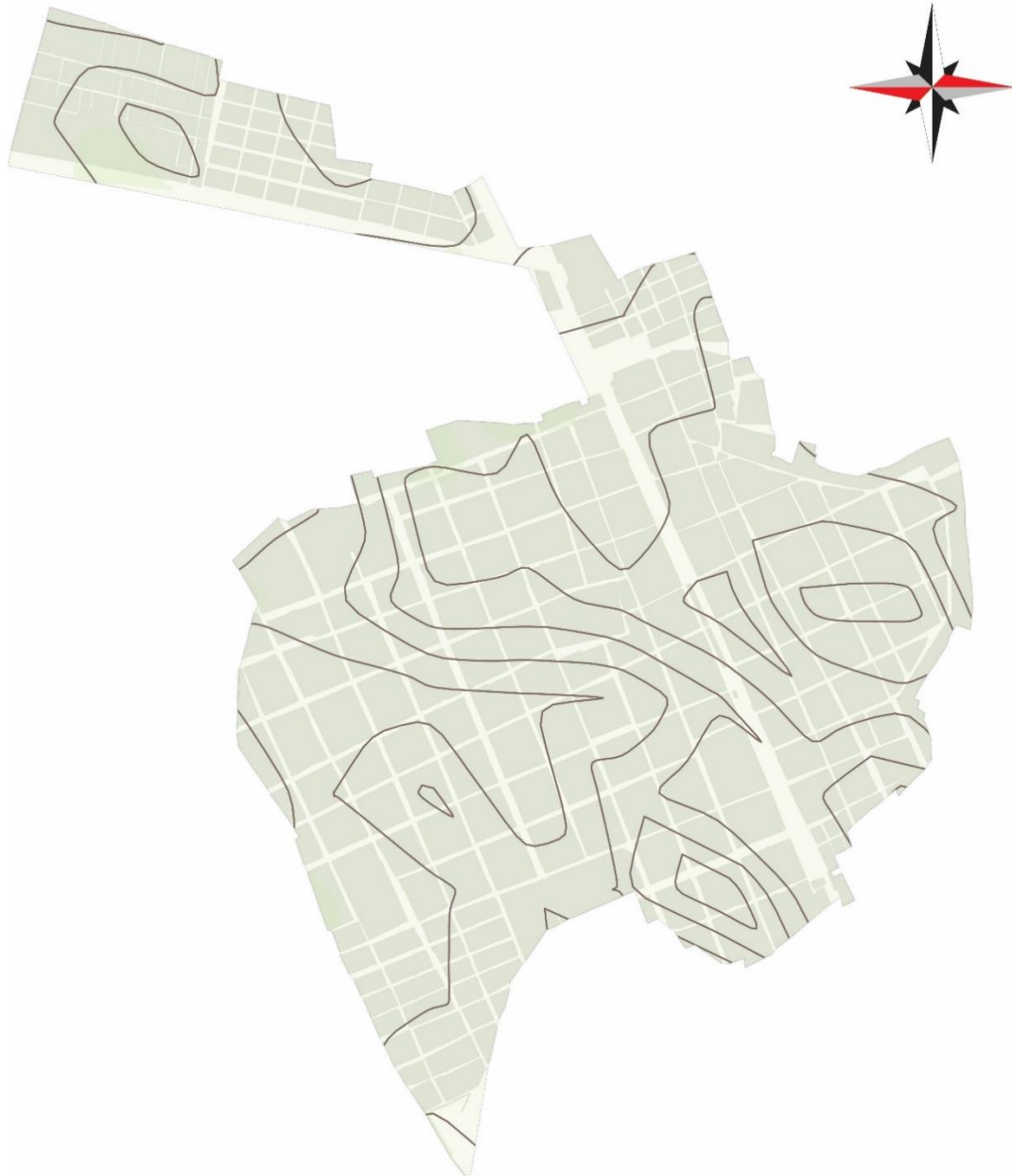


**Figura 38. Cartografía de dirección media del viento. Weather Spark (2021)**

La topografía presentada en el valle es bajamente accidentada hasta llegar con la sierra, lo que permite presentar una malla urbana que se extiende de manera reticular, si presentar inconvenientes, y que, para su desarrollo y planeación, permiten una facilidad estratégica importante.

La determinante topográfica es clave para el diseño arquitectónico, por lo cual esta capa de información presenta un cambio de nivel muy bajo presentando en todo el municipio solo variaciones entre los 15 y 20 metros en todo el casco urbano lo que permite

tener en cuenta que el diseño arquitectónico se plantea en un terreno con poca accidentalidad y que para efectos prácticos se mantiene como plano.



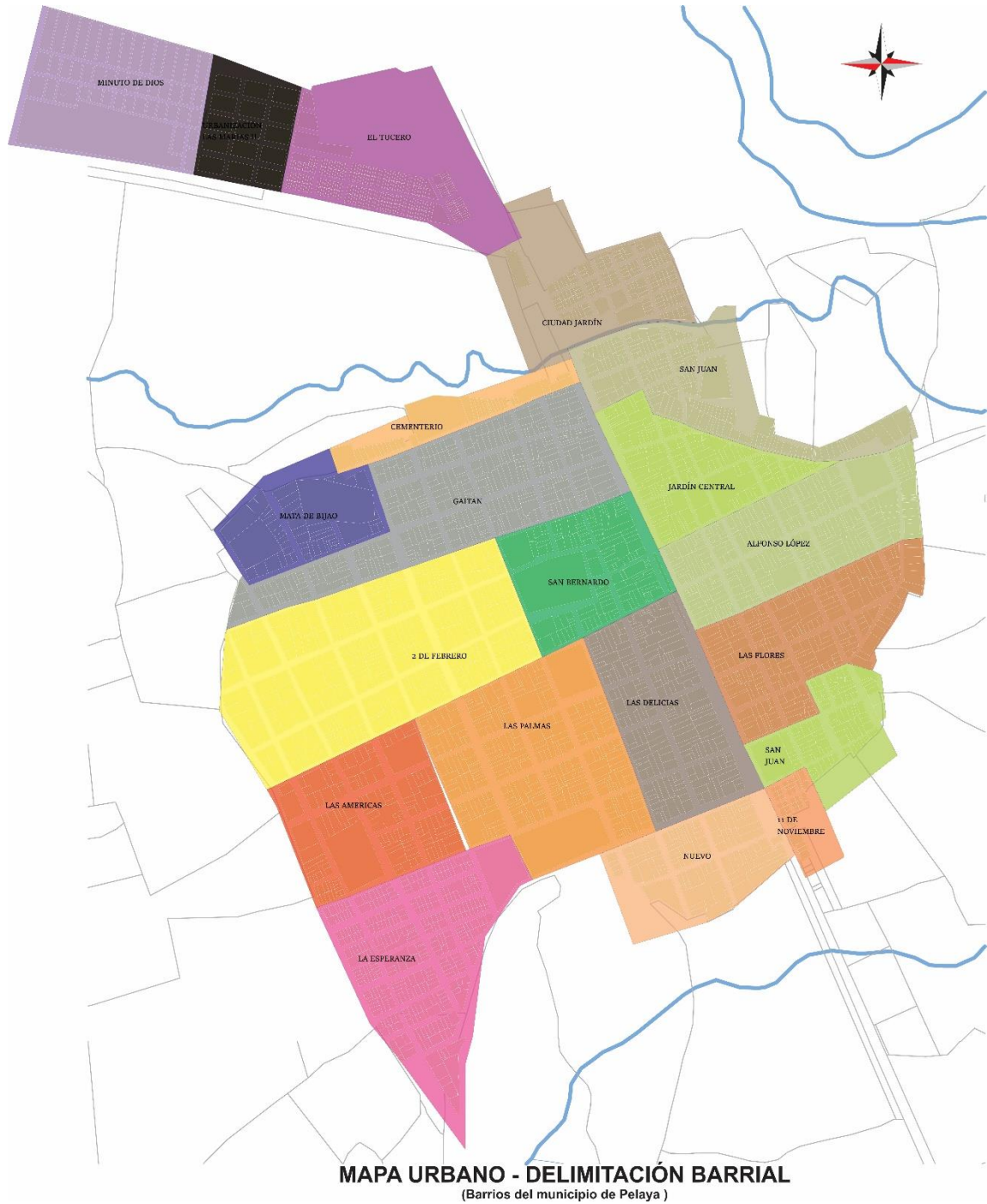
**CARTOGRAFÍA URBANA - TOPOGRAFÍA CASCO URBANO**  
(CURVAS DE NIVEL A CADA 5 METROS)

**Figura 39. Topografía casco Urbano.**

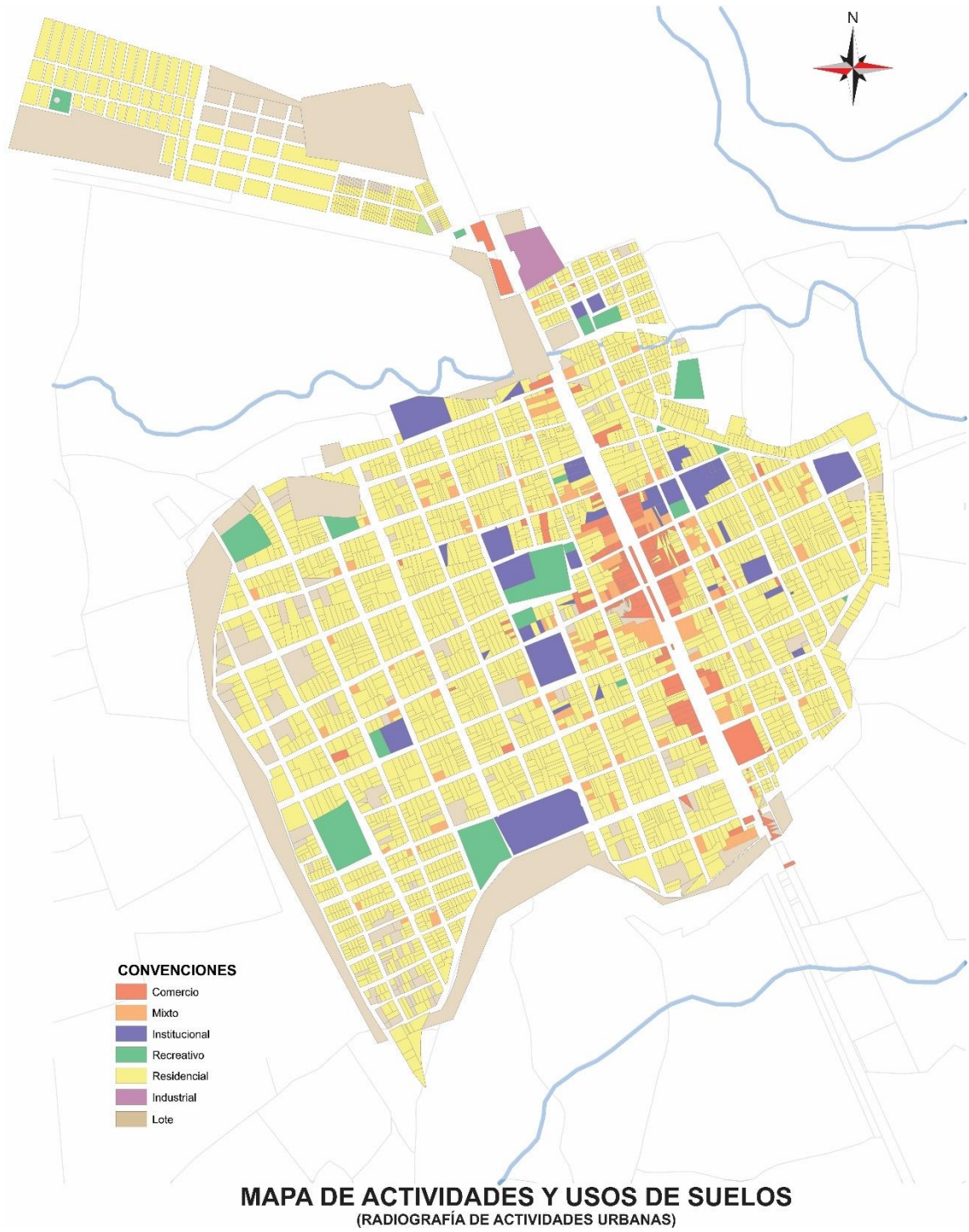


## 5.3 Análisis Físico-construido

### 5.3.1 Uso de suelos.

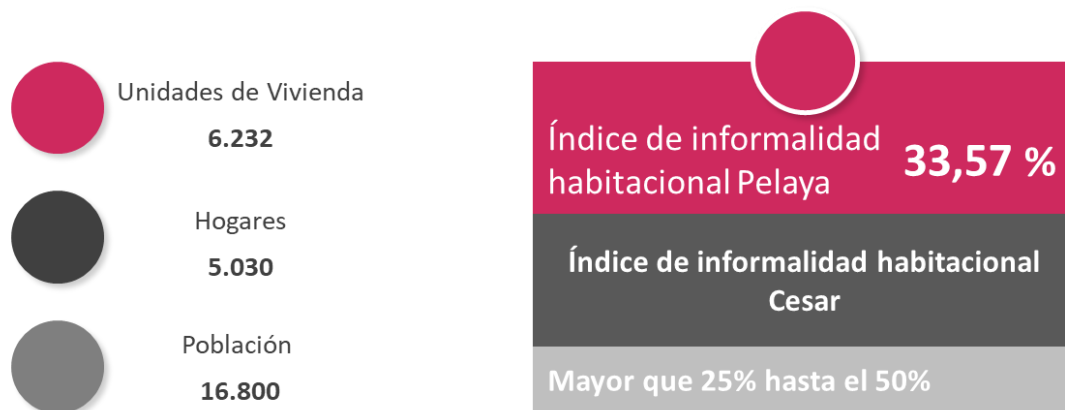


**Figura 40. Delimitación barrial del municipio.**



**Figura 41.** Mapa de actividades y uso de suelo urbano.



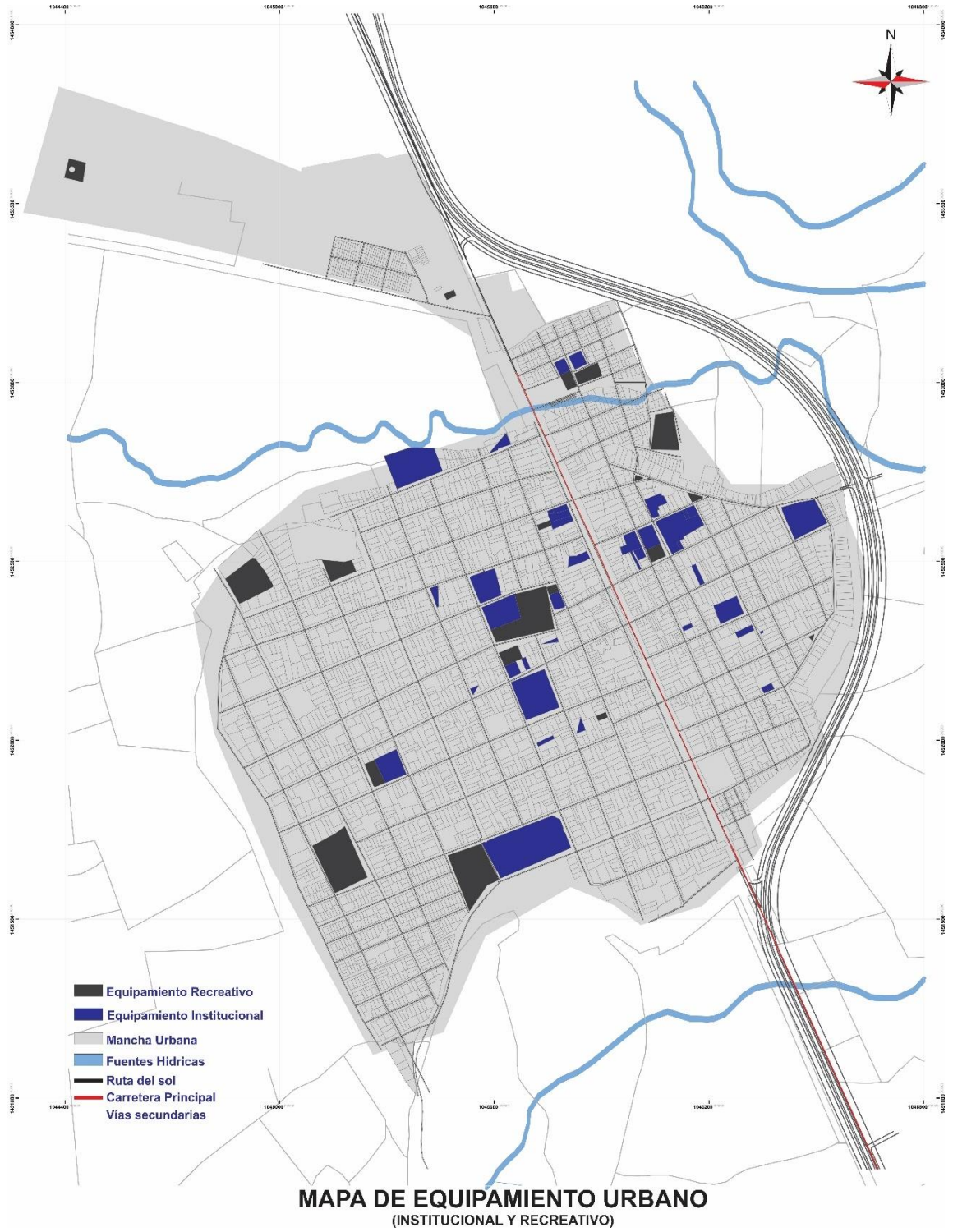


**Figura 42. Unidades de vivienda del municipio en índice de informalidad habitacional, Pelaya y el Cesar. DANE (2018) UPRA (2019)**

### Déficit Habitacional

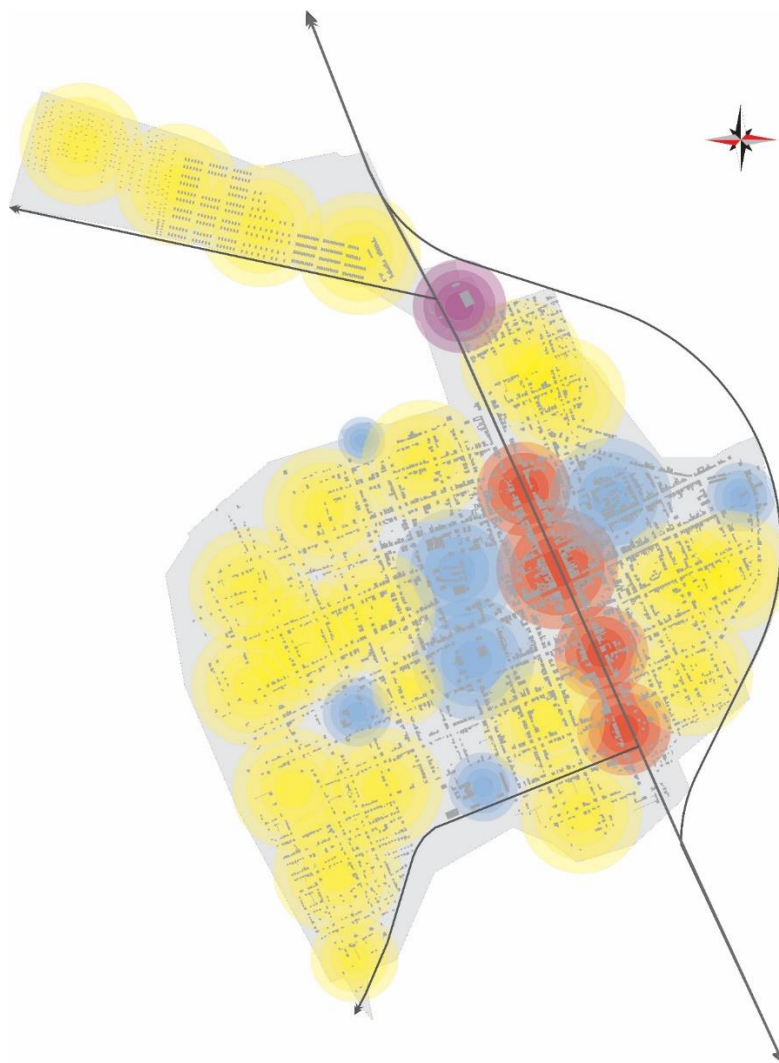


**Figura 43. Déficit Habitacional, Colombia – Cesar – Pelaya. CNPV; DANE (2018)**



**Figura 44. Mapa de equipamiento urbano.**

### 5.3.2 Arquitectura Residencial en Tierra.



**DINÁMICAS DE USO DE SUELOS Y ACTIVIDADES**  
(CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDADES URBANAS)

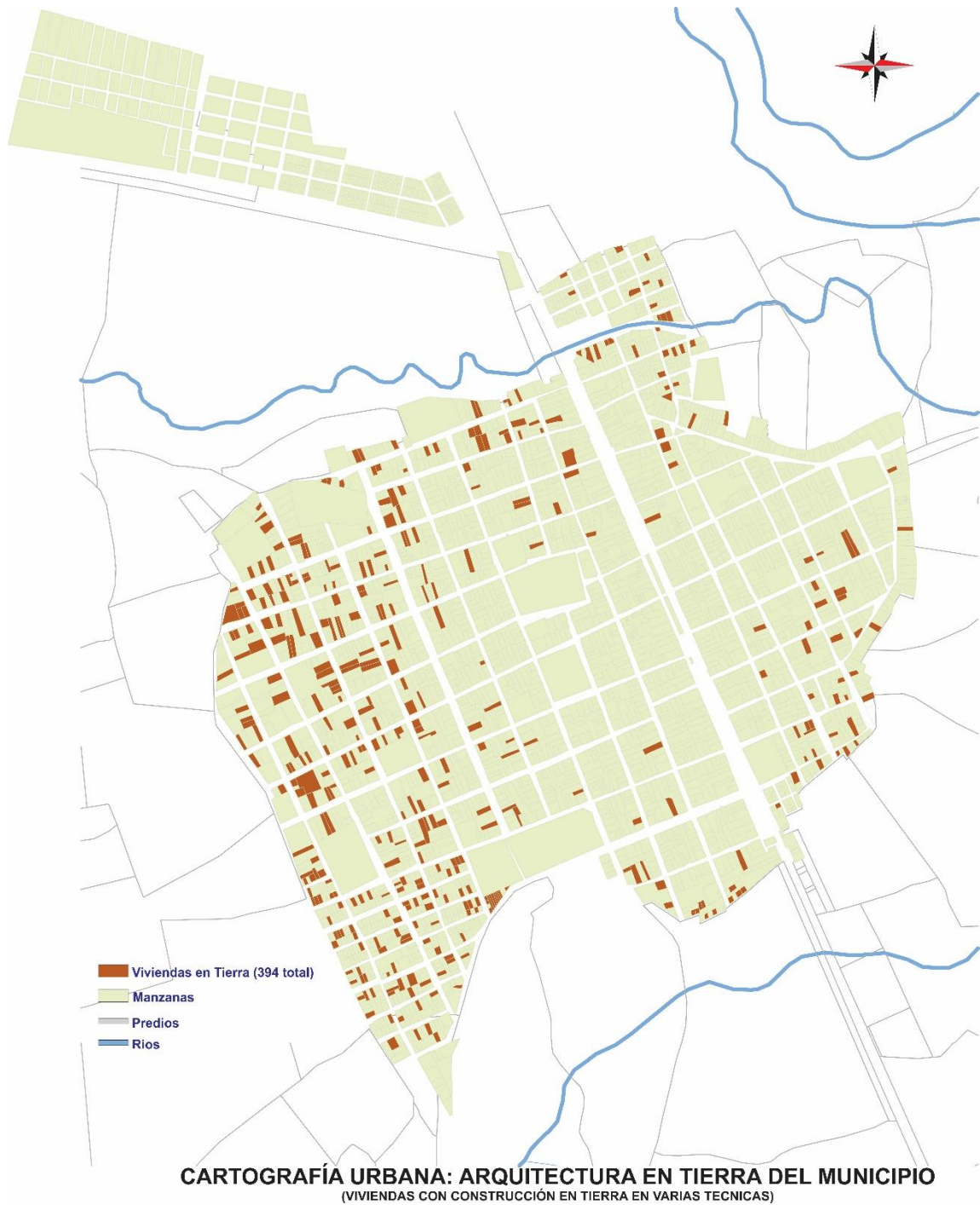
**Figura 45. Mapeo de dinámicas urbanas: uso de suelos.**



**Figura 46. Índice de tipologías de viviendas en el municipio. DANE (2005)**







**Figura 48. Mapeo de viviendas con técnicas constructivas en tierra de Pelaya.**








A partir del análisis urbano se logra hacer un reconocimiento de las viviendas que presentan el uso de tierra en las edificaciones logrando así identificar un total de 390 para

lo cual se desarrolla un proceso de caracterización que logra determinar los diseños que usan técnicas de construcción en tierra.

### 5.3.3 Catálogo de edificaciones

Para el catálogo de edificaciones se realiza una ficha técnica que logra analizar diversos elementos que se disponen a través del análisis de la fachada, los materiales usados, las tipologías de vivienda y la técnica constructiva logrando analizar 194 edificaciones con una muestra muy alta lo que permite un diagnóstico muy acertado de edificaciones logrando encontrar viviendas con porcentaje mayor al 95% de edificaciones que usan bahareque, logrando identificar a este material y técnica como es las representativo de la región frente al uso de materiales alternativos.

**Tabla 5. Catálogo de Edificaciones. Viviendas con sistemas constructivos en tierra del municipio.**

Ubicación		Materiales usados					
Cabecera municipal, Pelaya Cesar		Tierra	Zinc	Cemento	Madera	Lata	Pintura
Manzana	0201						
Código asignado	Cód. 0001						
	Tipología	Vivienda Unifamiliar					
	Planta	Rectangular					
	Número de plantas	1					
	Altura	2 - 3 metros					
	Estado actual	Aceptable					
Técnica Constructiva	Técnica empleada	Bahareque					
	Protección frente al agua	Base	En tierra, sin cimentación				
		Revoco	Tierra, revestida con pintura blanca				
Cubierta		A dos aguas, con zinc como material principal					
<b>Diagnóstico</b>							
Estado actual aceptable con patologías en el revestimiento, presentando desprendimiento y fisuras en la fachada, Uso del zinc como material para cubierta, generando aumento de temperatura en el interior de la vivienda.							

Evidencia fotográfica: fuente propia





**Figura 49. Mapeo de viviendas en tierra. Georreferenciación 194 viviendas con ficha de diagnóstico.**





**Figura 50. Mapeo de viviendas en tierra sin diagnóstico. Georreferenciación de viviendas.**

### 5.3.4 Arquitectura en tierra y Topología.

Topológicamente hablando, se puede entender la geometría de las edificaciones en tierra, para lo cual se hace un análisis de los predios desde su implantación arrojando como resultado dos graficas de los polígonos con referencia de orientación, claves para el entendimiento que como debe ser dispuesto el lote de acuerdo al eje de los puntos cardinales.



**VIVIENDAS EN TIERRA POR CATALOGAR**  
(POLÍGONOS CON REFERENCIA DE ORIENTACIÓN)

**Figura 51. Geometría de lotes con presencia de viviendas en tierra. Viviendas sin diagnóstico.**



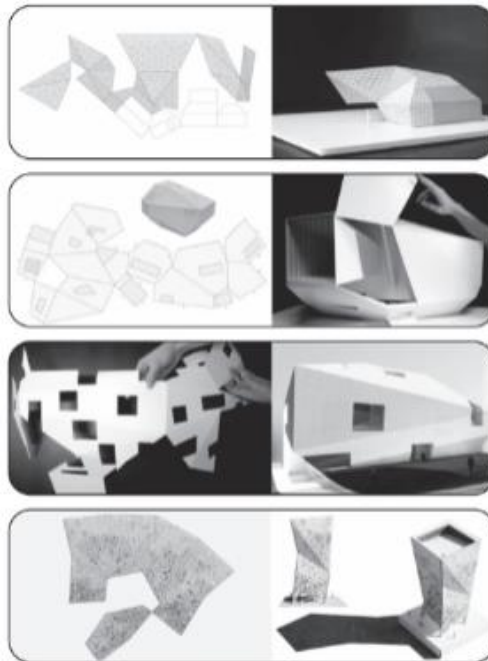
**VIVIENDAS EN TIERRA CATALOGADAS**  
(POLIGONOS CON REFERENCIA DE ORIENTACIÓN)

**Figura 52. Geometría de lotes con presencia de viviendas en tierra. Viviendas catalogadas.**

### 5.3.4.1 Optimización estructural desde la geometría topológica.

La geometría topológica puede ser analizada desde la teoría de Lucas Peries para efectos de este estudio desde el pliegue, en el que la topología de un elemento puede ir sufriendo transformaciones sin perder la propiedad topológica inicial, lo que se puede ver reflejado en el diseño de un espacio arquitectónico desde la transformación de un paralelepípedo convencional hasta la transformación de un espacio más topológicamente optimizado al uso que se le puedan dar a sus espacios interiores.

Ejemplos claros en la arquitectura se evidencian como la casa Té, vreeland – países Bajos, UN Studios, 2004; casa de la música, Oporto -portugal, OMA, 2005; Nueva Sede COAG, Vigo España, Zon-E, 2005; o el caso de Microtower, Tel Aviv, PIPO, 2012 en el que la transformación topológica desde el pliegue es evidente en la presentación final del diseño.

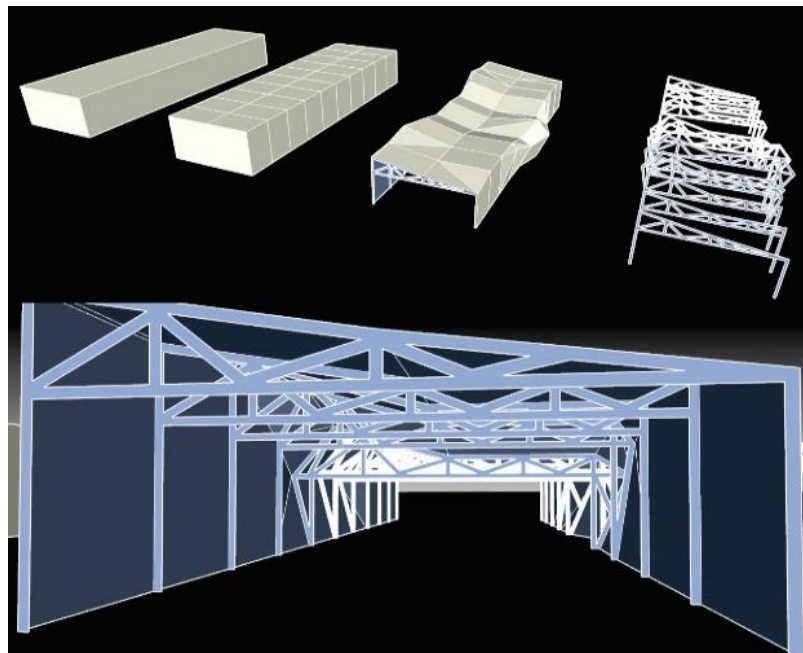


Casa de Té, Vreeland Países Bajos, UN Studio, 2004.  
 Casa de la música, Oporto-Portugal, OMA, 2005.  
 Nueva sede COAG, Vigo España, ZON E, 2005.  
 Microtower, Tel Aviv Israel, PIPO, 2012.

**Figura 53. Modulaci3n de la edificaci3n desde la transformaci3n topol3gica del pliegue. Fuente: Per3s, L. (2020) Estereotom3a y topolog3a en arquitectura. PP. 99**

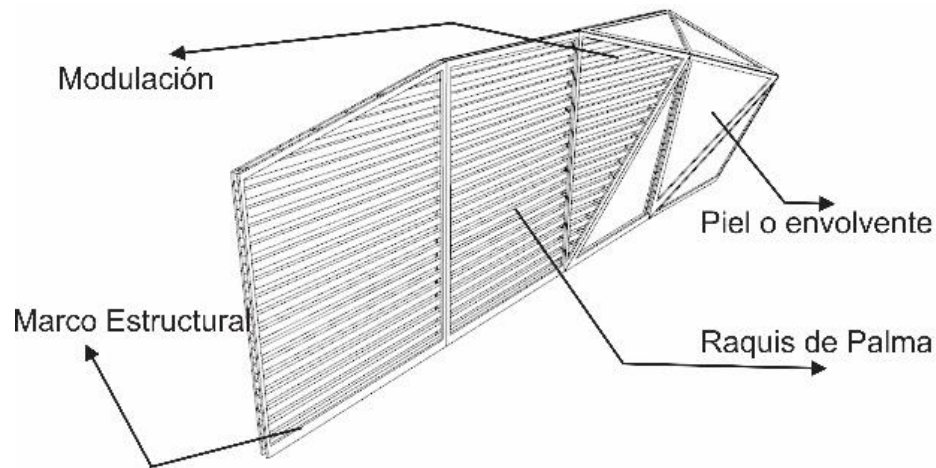
Desde este planteamiento se realiza una descomposici3n de un elemento inicial desde la articulaci3n de quiebres generando una nueva concepci3n topol3gica, por consiguiente, se plantea como una piel de edificio y se empieza a determinar una estructura interna que soporte la edificaci3n para finalmente contar con un prototipo de dise1o arquitect3nico que inicia con un paralelep3pedo y que se va transformando topol3gicamente para generar una optimizaci3n en el uso de alturas y espacios desde el concepto de pliegue aplicado.

El resultado es un espacio arquitect3nico que puede ser aplicado en contextos reales como plazas, parqueos, complejos deportivos, y muchos m3s ejemplos contextualizados en espacios amplios.



**Figura 54. El pliegue como estructura topológica optimizada para sistemas constructivos con raquis.**

A partir de la modulación definida anteriormente, se dispone a definir el proceso de construcción por lo que se definen cuatro características importantes para aplicación directa en la edificación.



**Figura 55. Aplicación del pliegue para la modificación topológica en un proyecto.**

#### *Modulación.*

Se definen diferentes paneles que se van acoplando unos a otros para la generación paramétrica del proyecto.

#### *Marco estructural.*

La materialidad puede variar según los requisitos estructurales y las luces que se quieran cumplir en el proyecto para darle la resistencia necesaria.

*Piel o envolvente.*

La piel puede ser ejecutada en materiales diversos ya sea en tierra para zonas interiores por temas de confort, o con materiales más contemporáneos, ya sea Draywall, Super Board, láminas de madera, etc.

*Raquis de Palma.*

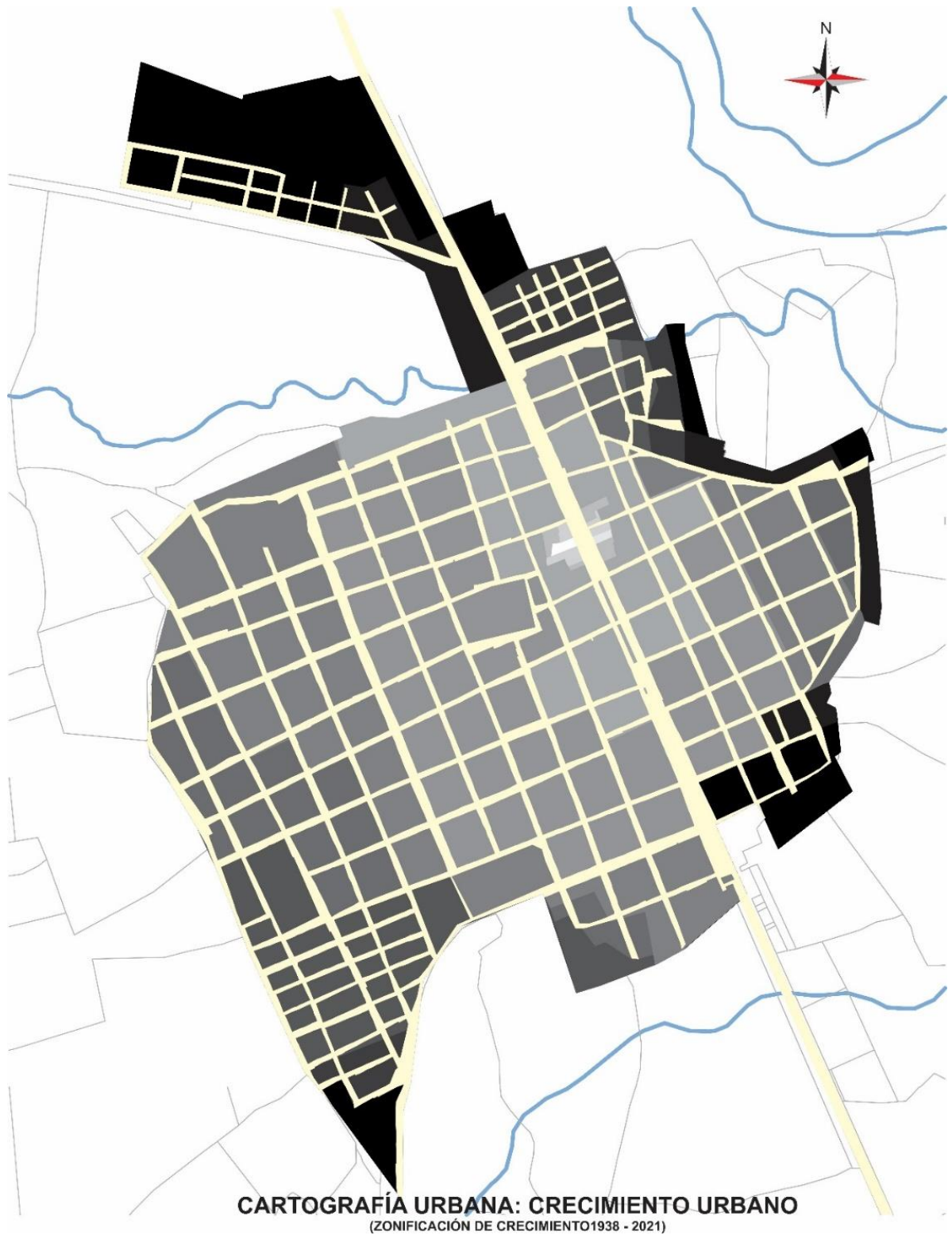
Se convierte en el corazón del módulo que reemplaza materiales más costosos y cumple el mismo objetivo de estructuración modular para ser aplicado en proyecciones reales.

## **6. Proyección Urbana**

### **6.1 Crecimiento Urbano.**

Para la proyección urbana se toman en cuenta los análisis anteriores de urbanismo y usos de suelos, logrando generar resultados de cartografía urbana como la dinámica de crecimiento a través del tiempo, logrando a través de herramientas satelitales identificar el mapa de llenos y vacíos del municipio, los cuales permiten determinar las zonas propensas a crecimiento y determinar que acciones realizar en la proyección vía y ambiental, para la generación de un proyecto que esté pensado para un crecimiento a mediano y largo plazo que articule crecimiento y diseño.





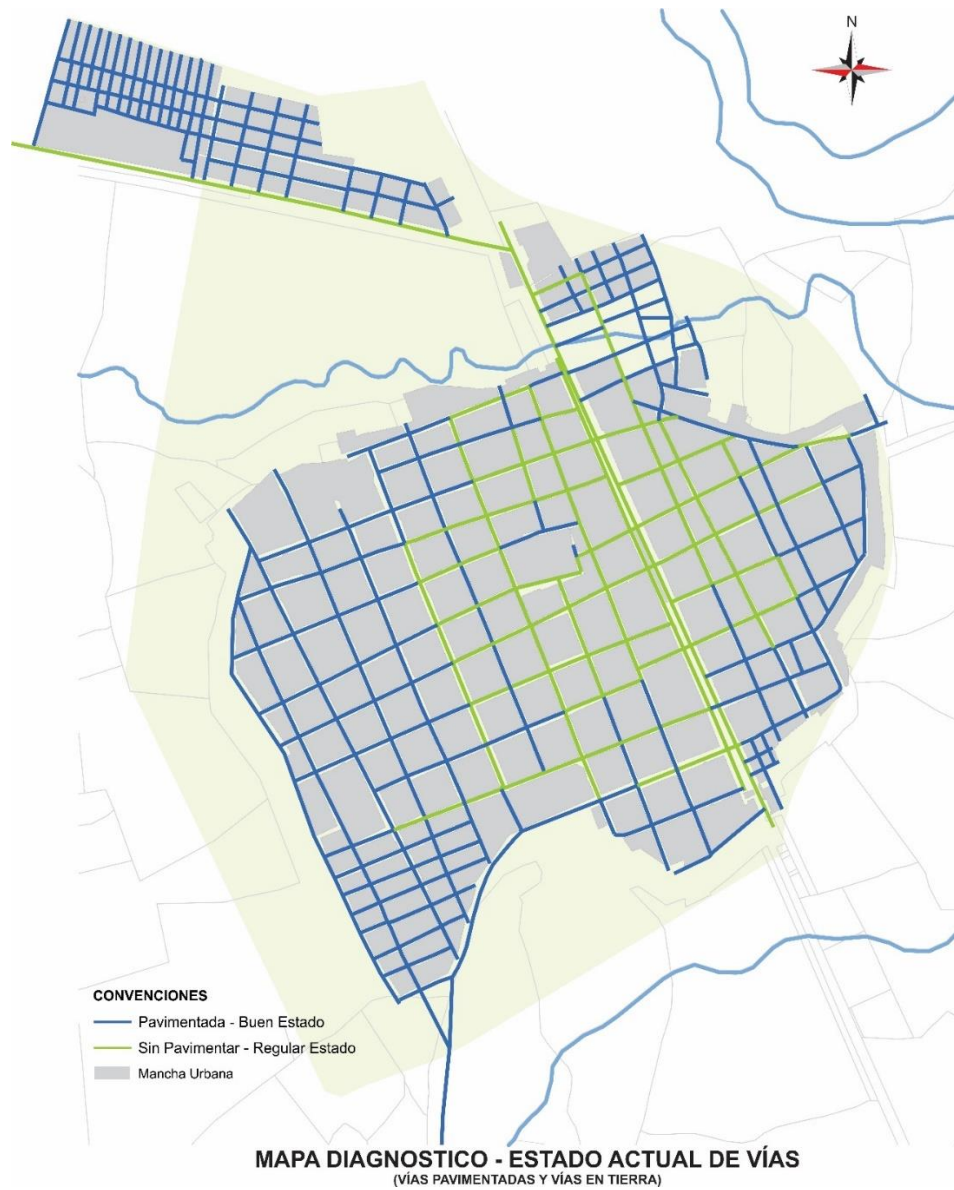
**Figura 56. Cartografía Urbana. Dinámica de crecimiento urbano.**





**Figura 57. Radiografía Urbana. Mapa de llenos y vacíos del casco urbano.**

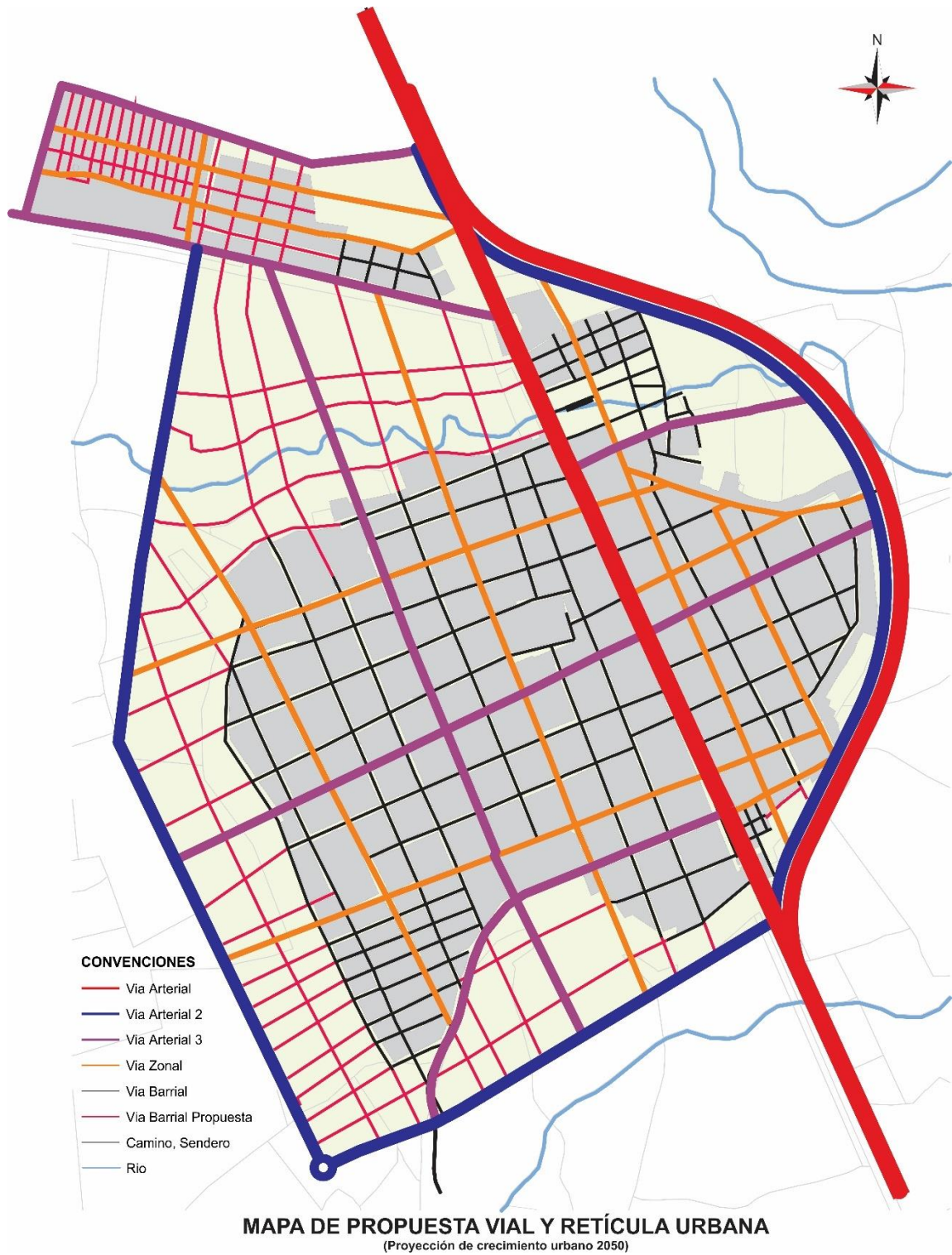
## 6.2 Proyección Vial.



**Figura 58. Mapa de diagnóstico. Estado de vías actual y zona de expansión urbana.**

A través de un reconocimiento en el municipio se logra generar el diagnóstico de las vías las cuales se presentan con pavimento en buen estado, y sin pavimentar es mal estado. Además, se proyecta un trazado que articula diversas vías que se escalan desde las

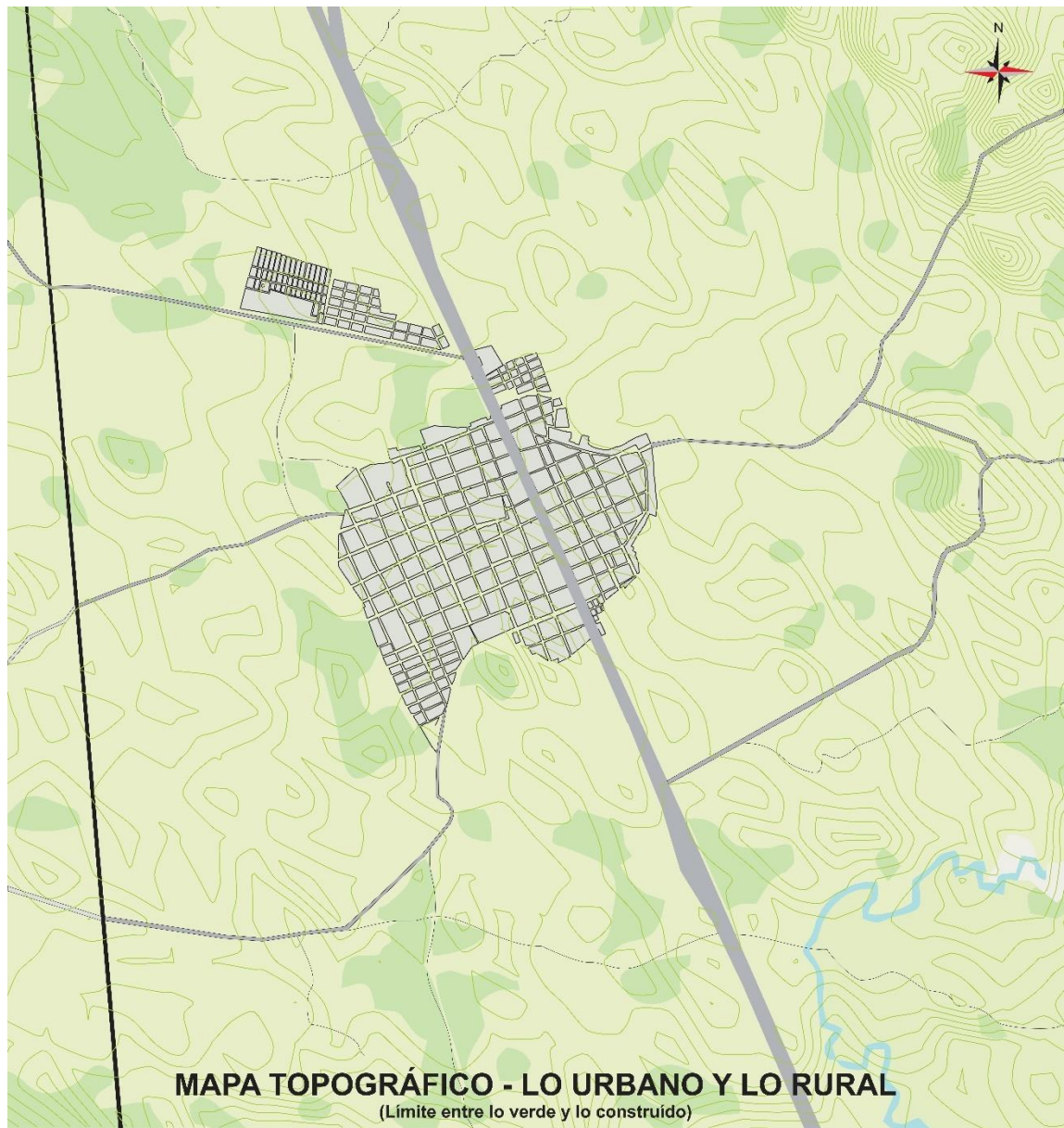
arteriales, zonales y barriales, generado así un crecimiento mucho más organizado de la mancha urbana del municipio.



**Figura 59. Propuesta vial, expansión urbana y conectividad 2050.**



### 6.3 Espacio Público y propuesta medioambiental.



**Figura 60. Mapa urbano rural. Límite entre lo construido y lo verde.**

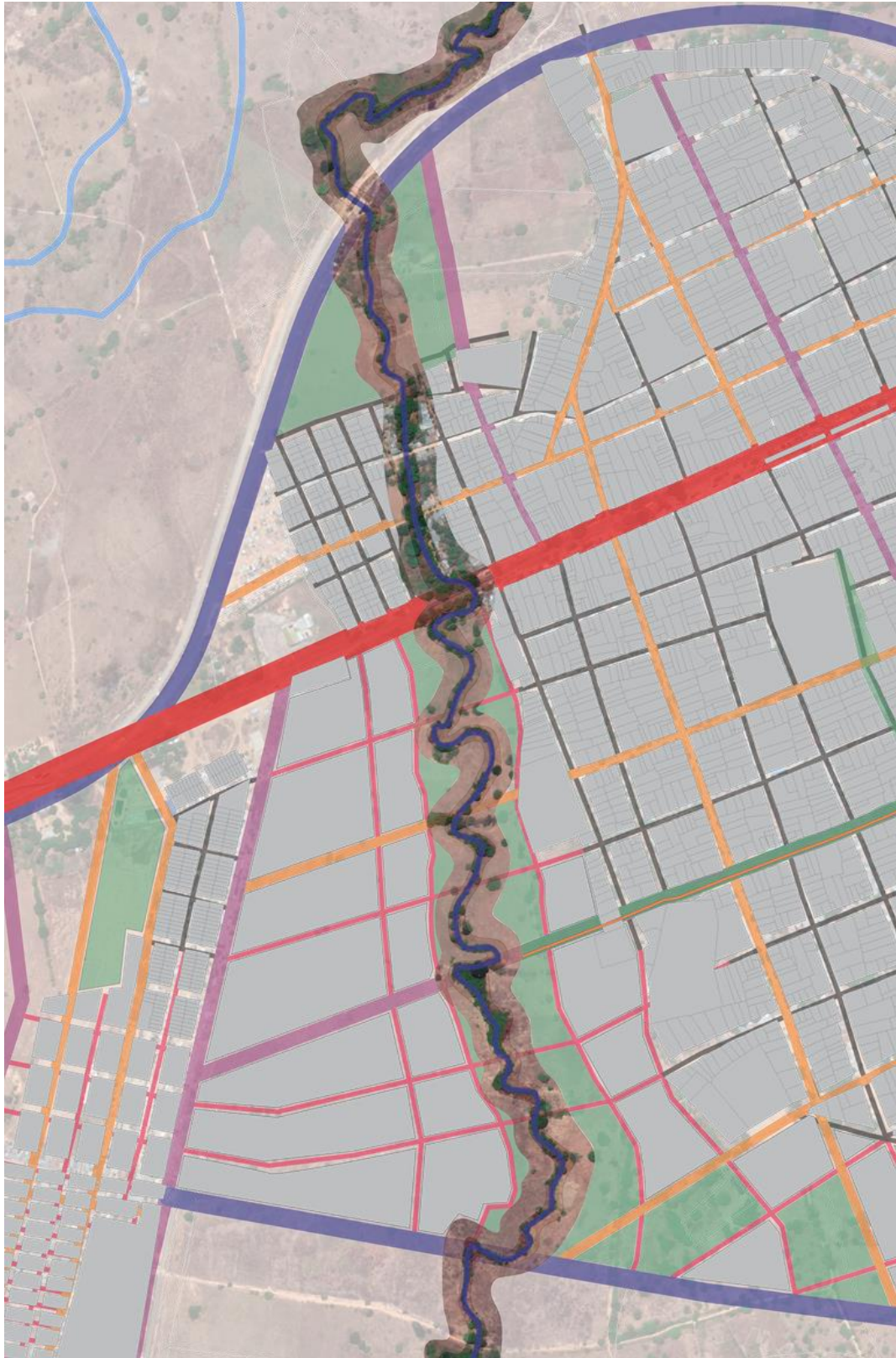
Finalmente se realiza un mapeo topográfico de lo urbano y lo rural y se hace el planteamiento de diseño ambiental que se ve reflejado en la disposición de ejes verdes que articular toda la estructura ecológica del municipio, que se refleja a través de la

articulación de especies arbustivas autóctonas como lo son, el samán, el cañahuate, el roble, credo negro, iguamarillo, y árboles frutales como el mamón, mango, guayaba y de más especies que generan silvicultura y están enfocadas al embellecimiento natural urbano.

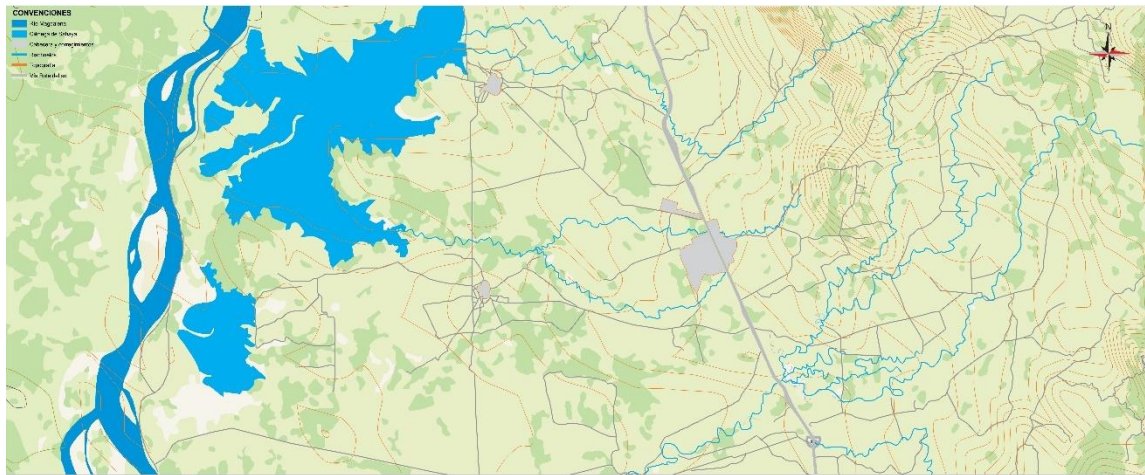


**Figura 61. Propuesta de corredor verde, Propuesta medioambiental y delimitación de propuesta arquitectónica de vivienda.**





**Figura 62. Propuesta de corredor verde, intervención a escala urbana.**



**MAPA ESTRUCTURA ECOLÓGICA - CLIMA CÁLIDO HÚMEDO**  
(BOSQUE SECO TROPICAL)

**Figura 63. Mapa de estructura ecológica general. Propuesta de articulación turística del río Magdalena y ciénega de Sahaya.**

## 7. Modelo Arquitectónico

### 7.1 Parámetros de diseño.

A la hora de proponer un diseño arquitectónico es importante determinar una trazabilidad definida de diseño que permita la libertad creativa a la vez que estandariza propiedades arquitectónicas de diseño que potencia las características de ergonomía, confort, mantenimiento y estructura permitiendo así un equilibrio entre funcionalidad y estética, que se complementa de manera tal que permiten consolidar un espacio optimizado frente al uso deseado, siendo de escala, rural, urbana, o puntual enfatizando la cohesión social, la respuesta habitacional y económica, la aplicabilidad de materiales idóneos al contexto y la finalización de un proyecto, que a su vez que pretende solucionar

una necesidad, también busca sen un modelo de construcción de carácter pedagógico para la comunidad en la que se implanta el proyecto.

### **7.1.1 Parámetros sociales y económicos**

Generar lazos sociales y reconocimiento de unidad es el objetivo a largo plazo de la propuesta arquitectónica y las actividades planteadas, para que esto suceda, debe existir un auto reconocimiento de la comunidad, donde se definan objetivos en común y se trabaje en equipo. Saramago (2007) indica que referirse a la memoria colectiva implica el reconocimiento de aspectos básicos como la temporalidad y la espacialidad, los objetos, las relaciones y los significados que emergen entre los actores, es decir, comprenderla como un proceso de construcción social. De este modo, se asume importancia a los espacios múltiples para intercambio de ideas. Una de las formas para reconstruir memoria es a través de historias de vida, técnica de investigación – intervención que permite al individuo tomar consciencia y afrontar el presente (Saramago, 2007).

Parámetros:

- A nivel de ciudad, el proyecto debe orientar a formalizar el crecimiento urbano en las periferias, complementando, así como un equipamiento.

- Promover la memoria colectiva mediante técnicas constructivas, costumbres, trabajo en equipo e intereses comunes

- El proyecto debe tener como enfoque principal la creación de lazos sociales, unión de la comunidad y consenso de ideas.



- Un espacio que genere identidad de la arquitectura y sus actividades hacía los habitantes.
- Las actividades a desarrollar en el proyecto deben ser acorde a las necesidades más trascendentales que han dictado los estudios preliminares.
- Incluir un modelo de negocio basado en la colaboración de entidades públicas y el trabajo de la comunidad para generar capital que puede ser invertido en más proyectos para el asentamiento.
- Debe existir prioridad de atención a la educación y la cultura en la primera infancia, así mismo complementar a todas las edades.
- Tener en cuenta los espacios públicos y comunitarios para el intercambio de conocimiento y la consolidación de ideas.
- Generar espacios que cobijen, estimulen la creatividad y permita una aceptación inmediata del usuario.

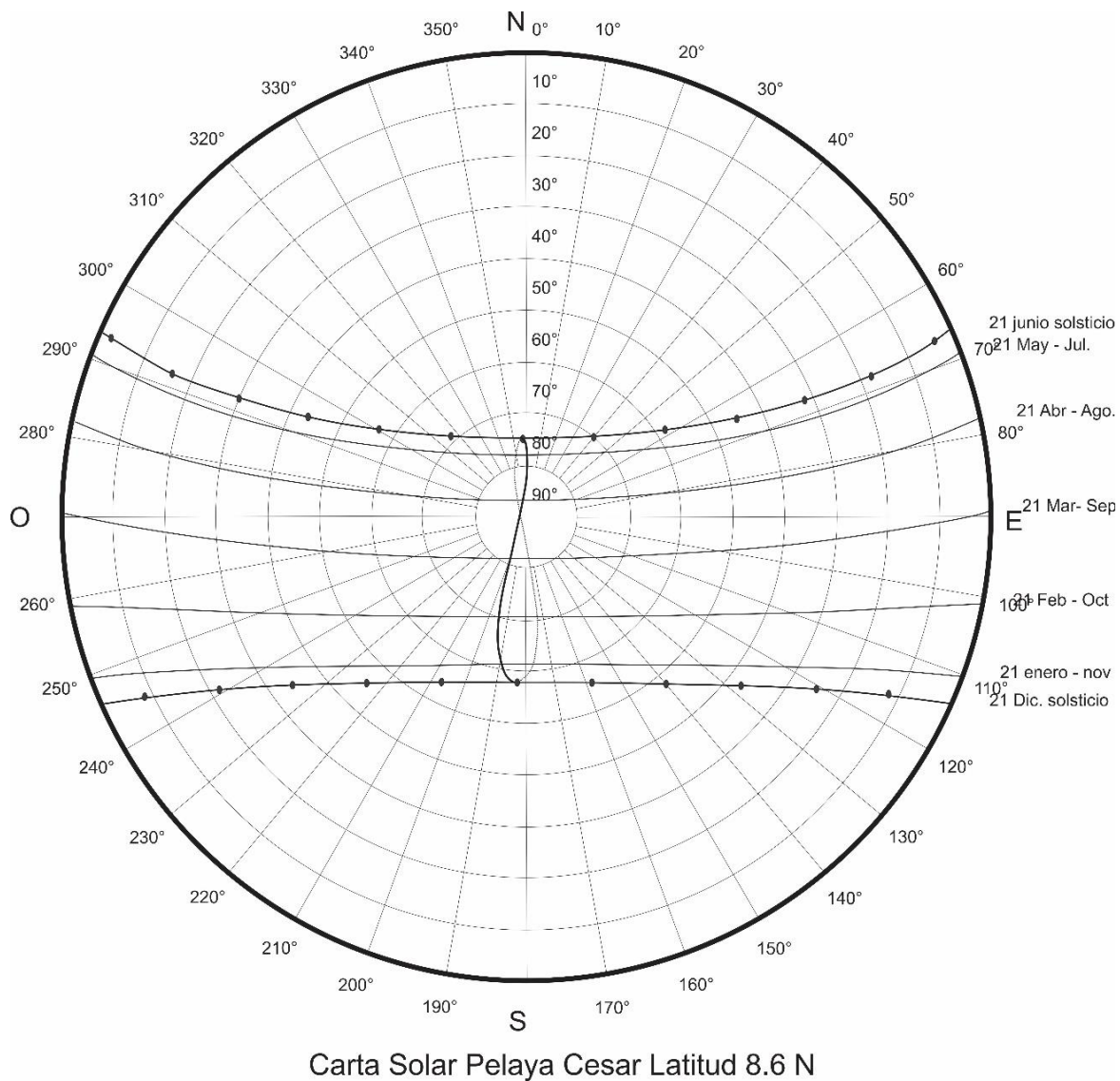
### **7.1.2 Parámetros ambientales**

Es importante tener en cuenta los parámetros ambientales para que un proyecto pueda aterrizar en componente ambiental de cuidado y sostenibilidad, siendo necesario tener en cuenta a la hora de proyectar, respetar las características de ese entorno logrando aprovechar al máximo las determinantes naturales, des este modo se hace propuesta de relevancia frente al proyecto que es conservar e incluso potencializar el ambiente natural enfocándose en todos los cuerpos ecológicos existentes como fuentes hídricas de mayor y

menor escala que permiten tanto crecimiento económico como mayor biodiversidad y mejores condiciones de habitabilidad.

Por otra parte, el consolidar un espacio que sea habitable y funcionalmente saludable se considera un tema ambiental de primera necesidad. Harvard (2017) concluye nueve fundamentos para un edificio saludable, tales como la calidad de aire, confort térmico, humedad, control del polvo y pestes, seguridad industrial, calidad del agua, ruido, vistas e iluminación y ventilación. Logrando de este modo la consolidación de espacios óptimos en el proyecto arquitectónico que se desee plantear.

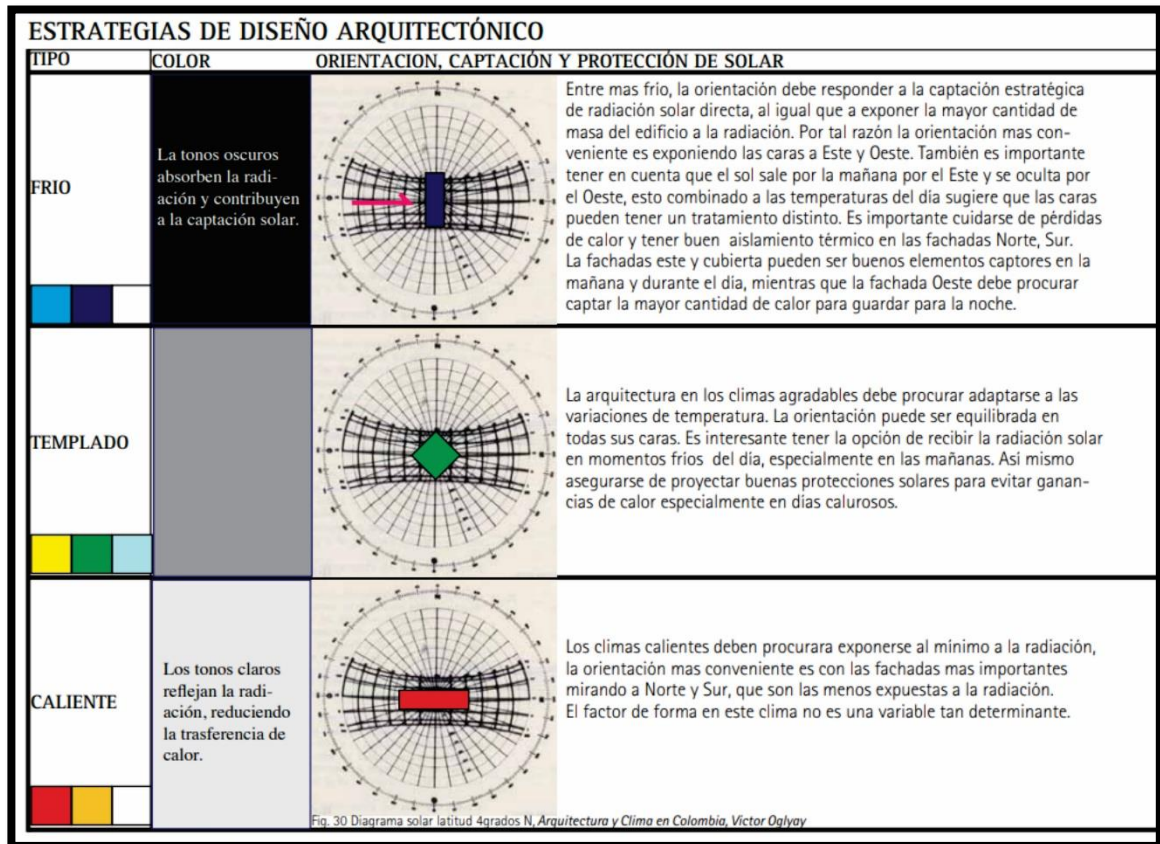
Para un buen diseño que articule mejor todas las características medioambientales posibles, es importante entender determinante ambientales como la trayectoria del sol, o los puntos de mayor radiación en horas de sol, para lo cual se empieza con la geometrización de la trayectoria solar a través de la carta solar de Pelaya, la cual se convierte en pieza clave para los diseños arquitectónicos planteados logrando así arrojar datos interesantes como la trayectoria solar en los solsticios, equinoccios, y el azimut, para lograr determinar de manera clave la proyección de implantación del proyecto a desarrollar. La carta logra reflejar que no se encuentra muy alejado del eje ecuatorial su trayectoria, lo que es importante para poder optimizar la implantación del sólido teniendo no solo en cuenta la trayectoria solar, si no, la disposición urbana que nos permita la mejor orientación.



**Figura 64. Estrategias Bioclimáticas de Georreferencia. Carta Solar de Pelaya.**

A partir de esta información se empiezan a determinar características importantes de orientación, captación y radiación solar, que de acuerdo a las propuestas de Olgyay (1968) las cuales empiezan a dar una idea clara de orientación lógica para tipos de climas cálidos, pero es importante apreciar que estas directrices están enfocadas en climas extremos para lo cual se hace importante la caracterización del clima de Pelaya Cesar, para

de manera asertiva lograr generar un planteamiento más acorde a las condiciones ambientales, de humedad relativa y sensación térmica con confort.

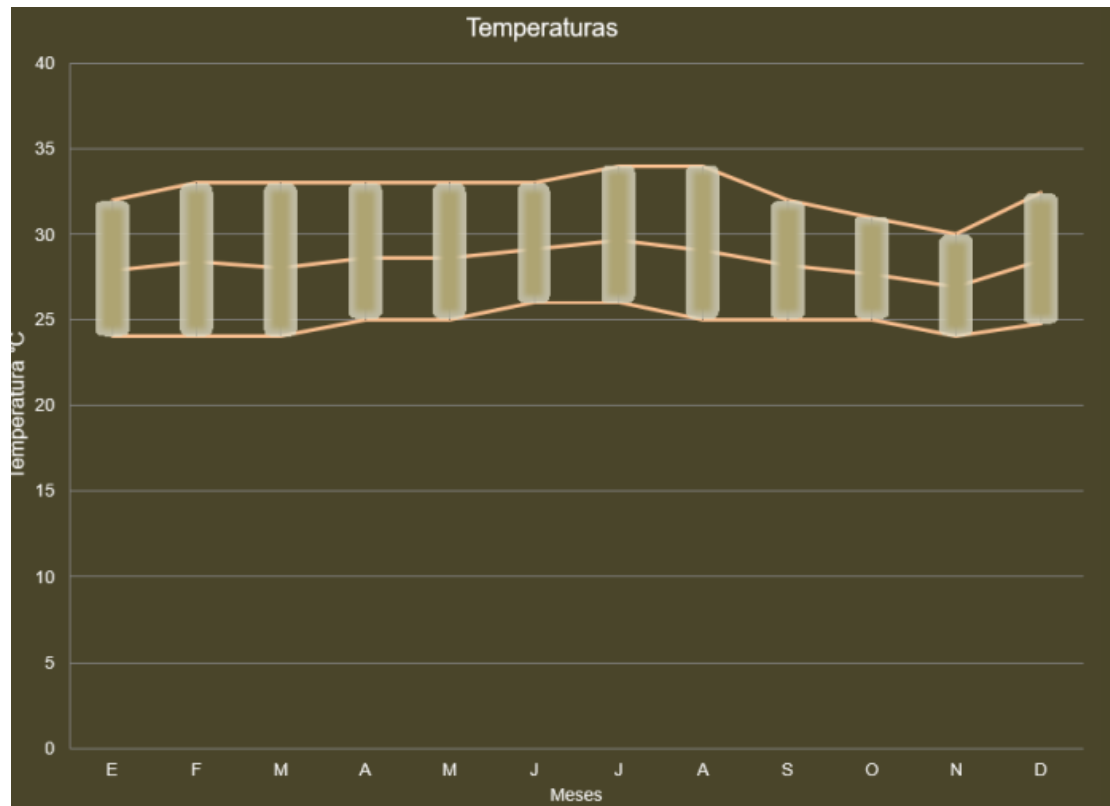


**Figura 65. Diagrama Solar L4°N. Olgay (1968) Citado en González (2010)**

**7.1.2.1 Caracterización Climática. Diagnóstico de Confort.**

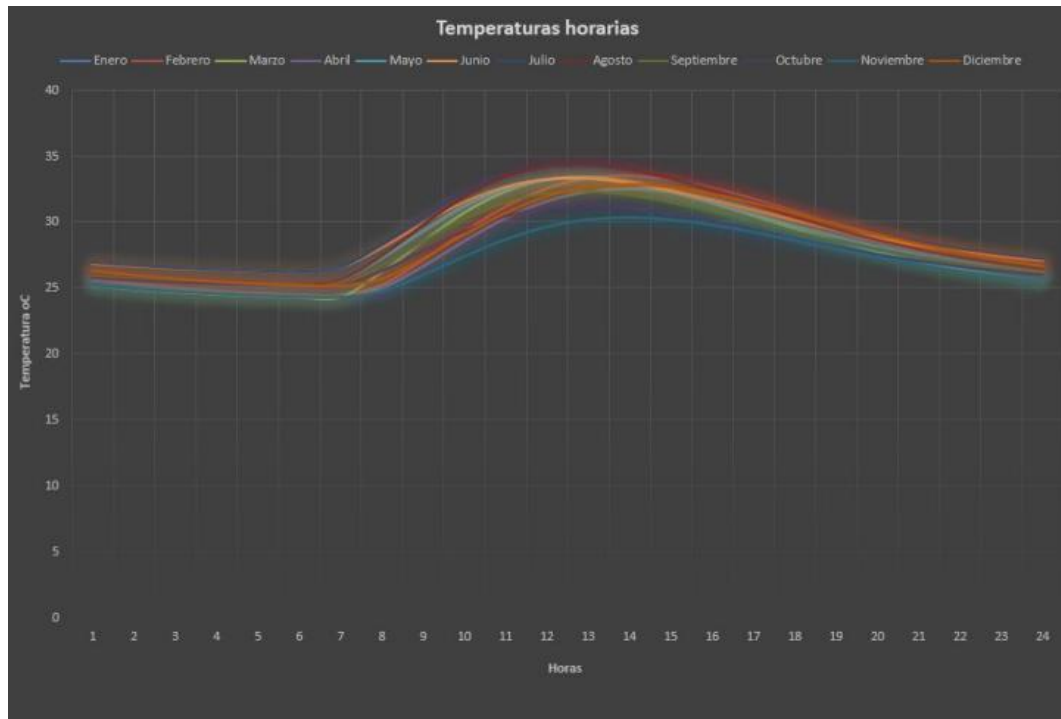
Para el diseño arquitectónico y ambiental es importante definir los parámetros de diseño claves para la generación de confort térmico, por lo que se realiza una caracterización climática a través del Software desarrollado por Dr. Gabriel Gómez

Azpeitia (2016) por el cual se logran determinar a través de la latitud 8.68 y la longitud -73,66 como georreferenciación de logran definir diversas gráficas de clima.

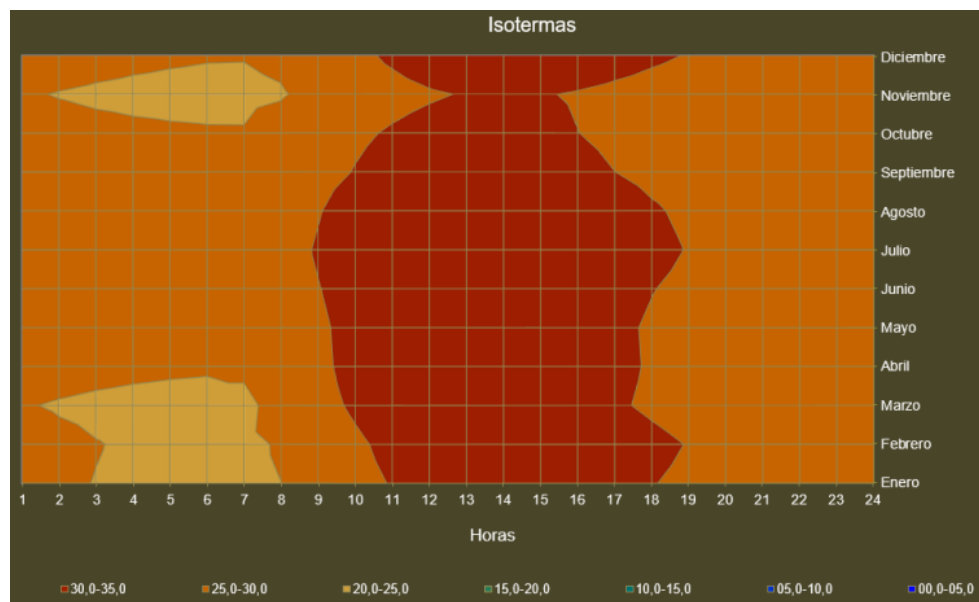


**Figura 66. Graficas de Temperaturas mensuales. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**

Los primeros resultados arrojando en la caracterización están enfocados en las fluctuaciones de temperaturas mensuales presentando los picos más altos en los meses de julio y agosto, evidenciando una trazabilidad en el año con temperaturas que van desde los 44° a los 34° respectivamente teniendo en cuenta que las temperaturas más altas con alcanzadas entre las 11 am y la 1 pm de acuerdo a la gráfica de temperaturas horarias.

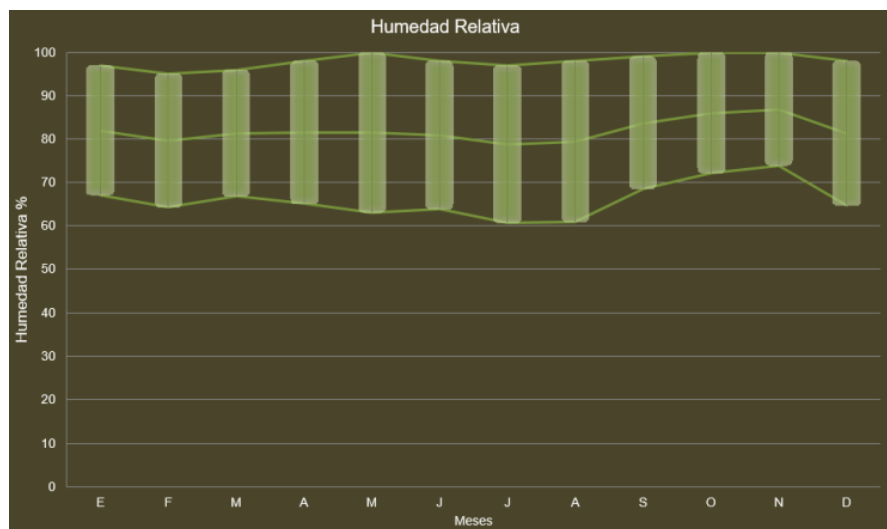


**Figura 67. Grafica de temperaturas horarias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**



**Figura 68. Isotermas. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**

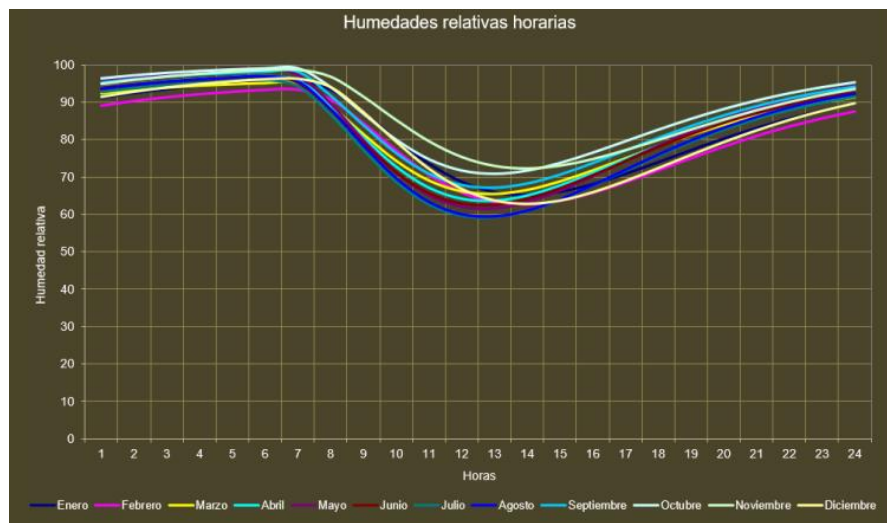
A través de las isotermas caracterizadas para el municipio se logra evidenciar de manera gráfica, las zonas horarias en las que se mantiene una temperatura que va desde los 30 a los 35 grados, logrando expresar horas que van 10:00 am- 11:00am hasta las 6:00 pm – 7:00 pm de acuerdo al mes del año, lo que logra evidenciar que en horas de la mañana, aunque el sol es fuerte no presenta altos picos, y que puede ser aprovechado ese sol, pero que luego de las 10 de la mañana es importante contar con técnicas de protección a la radiación y materiales que no tengan tanto almacenamiento de energía impidiendo así la liberación de este calor en horas de la tarde, logrando así contar con picos de radiación muy alto en horas de la tarde.



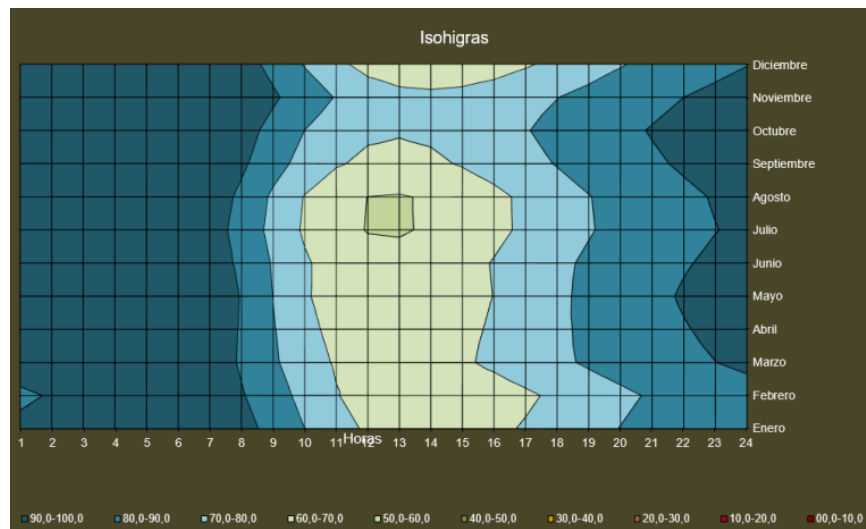
**Figura 69. Grafica de humedades relativas mensuales. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**

De acuerdo a la caracterización se logra ver las condiciones de humedad del entorno logrando así arrojar la gráfica de humedad relativa planteada desde lo mensual hasta lo horario, logrando así definir una humedad que supera el 60% en gran parte del año, logrando definir a Pelaya como húmedo, pero que tomando consideración a que los

índices de precipitación son bajos y está evidenciado un bosque tropical seco, de determina a través de la caracterización la justificación clave de hablar de clima cálido Semi-húmedo.



**Figura 70. Grafica de Humedades relativas Horarias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**



**Figura 71. Isohigras. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**



HORAS	TEMPERATURA °C												HUMEDAD %											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	25,6	25,7	25,1	26,0	25,9	26,8	26,9	26,1	25,9	25,8	25,2	26,3	91,1	89,1	92,4	94,0	95,6	94,0	92,7	93,5	95,2	96,4	94,9	91,4
2	25,2	25,4	24,9	25,7	25,7	26,6	26,7	25,8	25,7	25,6	24,9	25,9	92,4	90,4	93,2	95,0	96,7	94,9	93,7	94,6	96,1	97,2	96,0	92,8
3	25,0	25,1	24,7	25,6	25,6	26,5	26,5	25,6	25,5	25,4	24,7	25,7	93,4	91,4	93,9	95,7	97,5	95,7	94,5	95,4	96,8	97,9	96,8	94,0
4	24,7	24,8	24,5	25,4	25,4	26,4	26,4	25,5	25,4	25,3	24,6	25,5	94,2	92,2	94,4	96,3	98,1	96,2	95,1	96,0	97,3	98,4	97,6	94,9
5	24,6	24,6	24,4	25,3	25,3	26,3	26,3	25,4	25,3	25,3	24,4	25,3	94,9	92,9	94,8	96,7	98,6	96,7	95,6	96,5	97,7	98,8	98,1	95,6
6	24,4	24,5	24,3	25,2	25,2	26,2	26,2	25,3	25,2	25,2	24,3	25,2	95,4	93,4	95,1	97,0	98,9	97,0	95,9	96,9	98,1	99,1	98,6	96,2
7	24,4	24,5	24,3	25,5	25,6	26,6	26,6	25,6	25,2	25,2	24,3	25,1	95,4	93,4	95,1	95,8	97,2	95,3	94,2	95,5	98,1	99,1	98,6	96,3
8	25,0	25,2	26,2	27,1	27,3	28,0	28,3	27,4	26,7	26,3	24,7	25,7	93,3	90,8	89,0	89,2	89,5	88,1	86,6	88,0	91,7	94,0	96,8	94,0
9	26,6	27,1	28,5	29,2	29,4	29,9	30,4	29,7	28,5	27,8	26,0	27,2	87,2	84,4	81,4	80,6	79,9	79,2	77,2	78,4	83,8	86,9	91,4	87,3
10	28,5	29,3	30,7	31,1	31,2	31,5	32,2	31,9	30,2	29,3	27,4	29,0	80,0	77,0	74,3	72,8	71,2	71,2	68,7	69,5	76,4	80,0	85,2	79,4
11	30,3	31,2	32,3	32,5	32,5	32,6	33,6	33,4	31,4	30,4	28,7	30,7	73,5	70,5	69,0	67,2	65,1	65,7	62,7	63,2	70,9	74,7	79,5	72,2
12	31,5	32,6	33,2	33,2	33,2	33,2	34,2	34,2	32,1	31,1	29,6	31,9	68,7	65,8	66,2	64,2	62,0	62,9	59,6	59,9	67,9	71,7	75,3	66,8
13	32,3	33,3	33,4	33,3	33,3	33,3	34,3	34,4	32,3	31,2	30,2	32,7	66,0	63,2	65,5	63,7	61,6	62,5	59,2	59,3	67,2	70,8	72,9	63,7
14	32,5	33,5	33,0	33,0	32,9	32,9	33,9	34,0	32,0	31,1	30,3	32,9	65,2	62,5	66,5	65,1	63,3	64,1	60,9	60,9	68,4	71,6	72,2	62,8
15	32,2	33,2	32,3	32,3	32,3	32,4	33,3	33,2	31,5	30,6	30,2	32,7	66,0	63,5	68,8	67,8	66,4	67,0	63,9	63,9	70,7	73,7	72,9	63,7
16	31,7	32,6	31,4	31,5	31,5	31,6	32,5	32,3	30,8	30,0	29,8	32,1	68,1	65,6	71,8	71,2	70,2	70,5	67,7	67,7	73,8	76,5	74,7	65,9
17	31,0	31,8	30,4	30,6	30,6	30,9	31,6	31,3	30,0	29,4	29,2	31,4	70,8	68,5	75,0	74,8	74,3	74,3	71,7	71,8	77,1	79,5	77,1	68,9
18	30,1	30,8	29,5	29,8	29,7	30,1	30,7	30,3	29,2	28,7	28,6	30,7	73,9	71,7	78,2	78,4	78,3	78,0	75,7	75,9	80,5	82,6	79,8	72,4
19	29,3	29,9	28,5	28,9	28,9	29,4	29,9	29,4	28,5	28,1	28,0	29,8	77,1	75,0	81,2	81,8	82,0	81,5	79,3	79,7	83,6	85,6	82,6	75,9
20	28,5	29,0	27,7	28,2	28,2	28,8	29,2	28,6	27,9	27,5	27,4	29,1	80,2	78,1	83,9	84,8	85,4	84,5	82,6	83,1	86,5	88,2	85,3	79,3
21	27,7	28,1	27,0	27,6	27,5	28,2	28,5	27,9	27,3	27,0	26,8	28,3	83,0	81,0	86,3	87,4	88,3	87,2	85,5	86,0	88,9	90,5	87,8	82,5
22	27,0	27,4	26,4	27,0	27,0	27,8	28,0	27,3	26,8	26,6	26,3	27,7	85,6	83,5	88,3	89,6	90,7	89,4	87,8	88,5	91,0	92,4	90,0	85,3
23	26,5	26,7	25,9	26,6	26,6	27,4	27,6	26,8	26,4	26,3	25,9	27,1	87,7	85,7	89,9	91,4	92,7	91,3	89,8	90,5	92,7	94,0	91,9	87,7
24	26,0	26,2	25,4	26,3	26,2	27,1	27,2	26,4	26,1	26,0	25,5	26,7	89,6	87,6	91,3	92,8	94,3	92,8	91,4	92,2	94,1	95,3	93,5	89,7
Promedio	27,9	28,4	28,1	28,6	28,6	29,2	29,6	29,1	28,2	27,7	27,0	28,5	82,2	79,9	82,7	83,0	83,2	82,5	80,5	81,1	85,2	87,3	87,1	81,6
Oscilación	8,1	9,1	9,1	8,1	8,1	7,0	8,1	9,1	7,1	6,1	6,0	7,7	30,2	30,9	29,6	33,2	37,2	34,4	36,6	37,5	30,8	28,3	26,4	33,5
Confort	26,5	26,6	26,5	26,7	26,7	26,8	27,0	26,8	26,5	26,4	26,2	26,6												

**Figura 72. Tabla de temperaturas y humedades relativas horarias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**

La caracterización arroja datos muy importantes respecto a la temperatura y humedad, claves a la hora de definir un componente de confort, por lo cual se analizan las temperaturas promedio y su oscilación sumado las humedades promedio con su respectiva oscilación, logrando entablar un índice clave que serían los rangos de temperatura y humedad óptimos para poder hablar de un espacio de confort los cuales presentan una variabilidad entre los 26.5° y los 27° centígrados, y condiciones de humedad que vayan entre el 28.3% y el 37.5% de humedad logrando así entablar unas medidas claves para hablar de confort térmico en los espacios. Por otra parte, a través de la carta bioclimática de Olgay y la carta Psicométrica de Givoni, se logran entablar las relaciones de confort

que se venen seguir, y que actualmente en el contexto ambiental está muy alejadas de este rango.

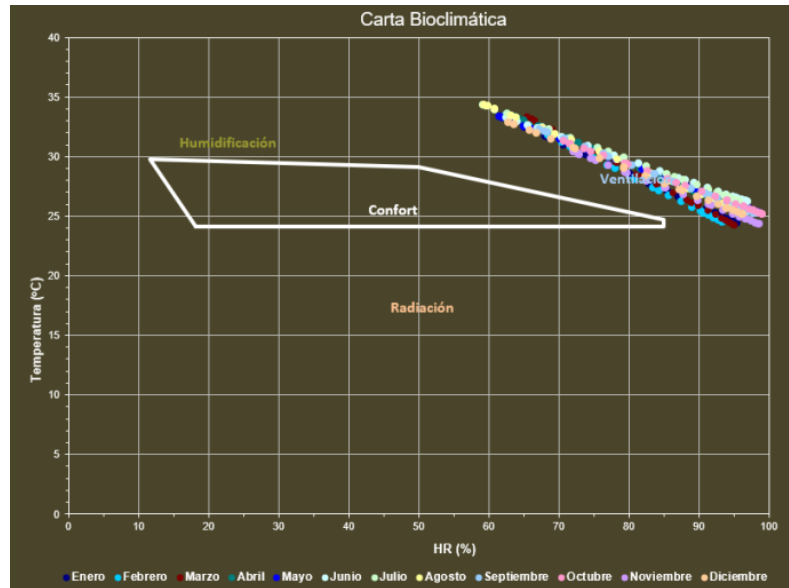


Figura 73. Carta Bioclimática de Olgyay. Hoja de cálculo Clima y bioclima

(2016)

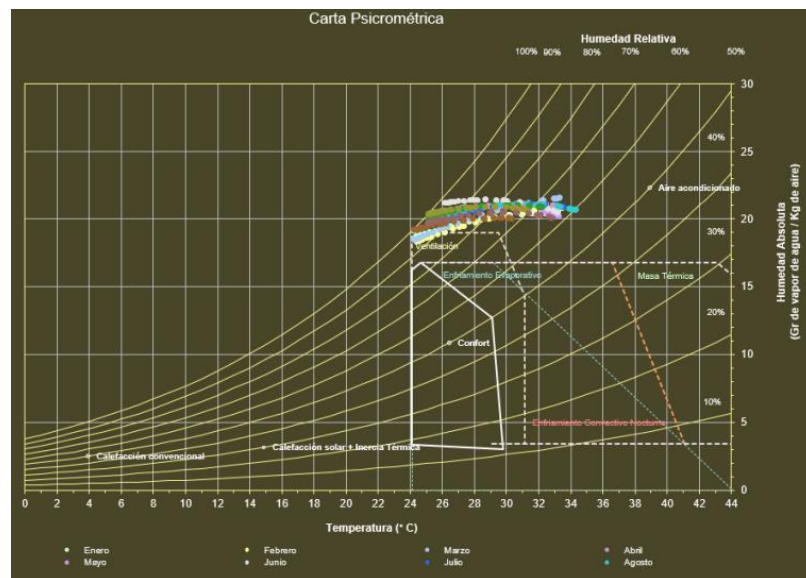


Figura 74. Carta Psicrométrica de Givoni. Hoja de cálculo Clima y bioclima

(2016)

Es de acuerdo a esta caracterización que se logran definir claves directas desde el diagnóstico bioclimático, en el que se logran enmarcar diversas recomendaciones para poder generar un diseño mucho mejor articulado.



**Figura 75. Diagnóstico Bioclimático, Recomendación de estrategias. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**

Clima anual según Mahoney	Cálido Húmedo
<b>Coefficientes de Serra y Coch</b>	<b>Grado recomendado según el clima anual</b>
Compacidad	Baja Compacidad. Configuración espacial y volumétrica lo más extendida posible.
Porosidad	Porosidad intermedia. Se acepta la posibilidades de patios.
Esbeltez	Baja Esbeltez. Edificios altos no recomendables.
Asentamiento	Bajo Asentamiento. La menor área posible de contacto con el suelo.
Adosamiento	Bajo Adosamiento. Se recomienda mantener al edificio exento a otros.
Pesadez	Baja Pesadez. Se recomiendan cerramientos ligeros.
Perforación	Alta Perforación. Se recomienda tener la mayor área posible de vanos abiertos.
Transparencia	Baja Transparencia. Se recomienda la menor área posible de vanos acristalados.
Aislamiento	Bajo Aislamiento. Se recomienda dotar a los cerramientos del menor aislamiento térmico posible.
Tersura	Baja Tersura. Considerar fachadas lisas, sin pliegues.
Textura	Efecto poco relevante
Color	Colores claros
Variabilidad	Variabilidad poco recomendable

**Figura 76. Coeficientes de Serra y Coch, recomendaciones según clima anual. Hoja de cálculo Clima y bioclima (2016)**

### **7.1.2.2 Parámetros bioclimáticos de diseño.**

De acuerdo a la caracterización se logran sustentar diversos parámetros importantes a la hora de definir un modelo arquitectónico en este contexto, el cual se expresa de la siguiente manera.

Parámetros:

- Orientación norte a sur, con eje largo, este a oeste.
- Ventilación esencial a través de todo el año. Con una configuración extendida que facilite la ventilación.
- Habitaciones con galerías que permitan la ventilación cruzada todo el tiempo en la proyección.
- Tamaño de vanos grandes con el 50 % 80% de la fachada. Con una posición a la altura de los ocupantes que esté orientada para recibir los vientos dominantes.
- Articular sombreado total y permanente que reduzca el aumento de temperatura de los materiales y genere microclimas en el interior.
- Uso de materiales ligeros de en pisos y muros con baja capacidad calorífica con cubiertas ligeras y reflejantes.
- Uso de colores claros, con una configuración espacial y técnica lo más extendida posible aceptando la posibilidad de patios.

### **7.1.2.3 Parámetros ambientales de diseño urbano-proyectual.**

- El proyecto debe potencializar los recursos ecosistémicos que presenta el territorio y conservar la naturaleza del contexto.

- Restaurar la estructura ecológica principal con fitotectura autóctona. El proyecto debe contener, en un primer plano, especies de transición tales como la guadua, romero, sábila, tecomastans y variedades de rápido crecimiento y alta producción de flores; en segunda medida, implantar variedades de arbustos altos como el cañahuate, veraneras, guayacán amarillo; y en tercera fase, trasplantar especies de árboles grandes de la región como el kují, almendrón, mamón, matarratón, mango, entre otros

-Se debe proponer el tratamiento de los cuerpos de agua naturales que se encuentren contaminados: Cañadas, canales de agua lluvia, quebradas y pozos, ríos y ciénegas.

- Para optimizar el diseño y su funcionamiento se deben tener en cuenta al máximo las determinantes físicas como lo son: la temperatura, humedad, ventilación, precipitación, radiación solar, topografía, latitud, posición geográfica, tipo de suelo, vegetación y conexiones viales o peatonales.

-El confort es fundamental, el modelo debe tener una ubicación correcta y estar orientado al sur, para lograr un control solar, así mismo el aislamiento térmico es trascendental y este se puede lograr con aleros, fachadas ventiladas y materiales de baja conductividad.

- El lenguaje volumétrico de la edificación no debe ser agresivo con el entorno natural y artificial, al contrario, debe obtener mimetismo, funcionalidad y embellecer el paisaje en vez de desgraciarlo.

### 7.1.3 Parámetros técnicos

Para definir los parámetros técnicos que influyen en la física del diseño arquitectónico y estructural se tienen en cuenta principios estructurales, estudios de suelo y geometría, así mismo la capacidad de los materiales de construcción. Acerca de los materiales de construcción, Cedeño (2010) indica que estos absorben, transmiten y acumulan energía y sus características determinan la eficacia de los elementos constructivos en el control o la modificación de las condiciones térmicas. Por tal razón se requiere un análisis de los materiales posibles para contrarrestar las condiciones climáticas del sector.

Por otra parte, es fundamental definir y diseñar de acuerdo a la geometría para optimizar comportamientos estructurales, aún con mayor énfasis si se proponen técnicas como la guadua y el bahareque modular. García y Lyon (s.f.) refieren que la ejecución de

un diseño paramétrico en Arquitectura implica un análisis de carácter técnico y/o funcional (en la práctica una combinación de ambos), que permite resolver características globales o parciales dentro de variaciones relevantes. Por ejemplo, optimizar tiempos de construcción, facilitar los cálculos estructurales, disminuir el desperdicio de material y mantener un ritmo estructural.

Parámetros:

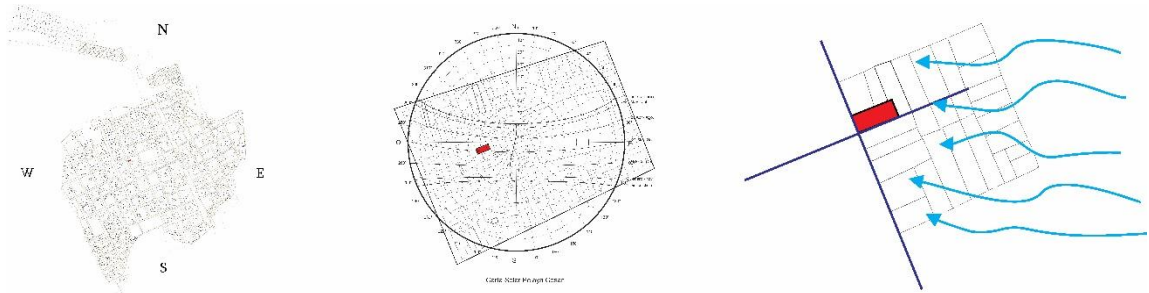
- El diseño debe acoplarse necesariamente a los estudios de suelo que dictaminan los tipos de cimentación y refuerzos necesarios.

- Tanto en las técnicas tradicionales como en las vernáculas es necesario incluir principios estructurales básicos.
- Seleccionar materiales óptimos para los espacios, dependiendo del uso, dar énfasis en materiales de baja conductividad térmica y gasto energético bajo.
- Combinar con eficacia la autoconstrucción y la tecnología.
- Desarrollar los principios básicos de la geometría y la arquitectura modular.
- Respetar la normativa vigente del EOT y los acuerdos posteriores.
- Seguir el conducto regular de la urbanización y definir el proyecto siempre bajo un marco de legalidad.
- Acatar las recomendaciones del grupo multidisciplinar que acompaña los diseños, en temas puntuales que competen a otras disciplinas.

## **7.2 Proceso de Diseño.**

Para la realización proyectual es indispensable empezar a articular cada uno de los parámetros anteriormente propuestos de una manera efectiva, para lo cual es necesario la articulación de conceptos urbanos como la geometría y la implantación de la malla urbana respecto a los puntos cardinales para lo cual se define un lote que presente la orientación más cercana a la óptima, justificándose con que el proyecto no se implanta de manera utópicamente conceptual, si no que asemeja realidad al enfrentarse a las determinantes de un lote determinado que nace con medidas aproximadas del estudio de caracterización de

las viviendas, contando con un frente de 12.5 m y 30 m de fondo manteniendo un área de 375 M2.



**Figura 77. Estrategia de implantación bioclimática. Selección de lote a intervenir.**

A partir de un análisis de implantación urbana, se hace un estudio a la geometría de la malla, logrando definir los ángulos relevantes de inclinación que se tiene con respecto al eje trazado de este a oeste, logrando así ver las geometrías de las manzanas y predios, y siguiendo las recomendaciones anteriormente dada, se realiza una propuesta de implantación que esté lo mejor optimizada posible, contando con las restricciones que nos da la misma malla urbana.

Luego se logra implantar considerando de igual manera que partes de la vivienda pueden estar más expuestas a la radiación solar de la tarde, y cuales deben estar más protegidas y que reciban de mejor manera el flujo dominante de vientos enfocando en primera instancia los espacios de descanso como habitaciones y patio.

La topografía y el índice de uso de suelos es importante a considerar, para lo cual se analiza la ubicación del lote con su contexto inmediato permitiendo ver las curvas de



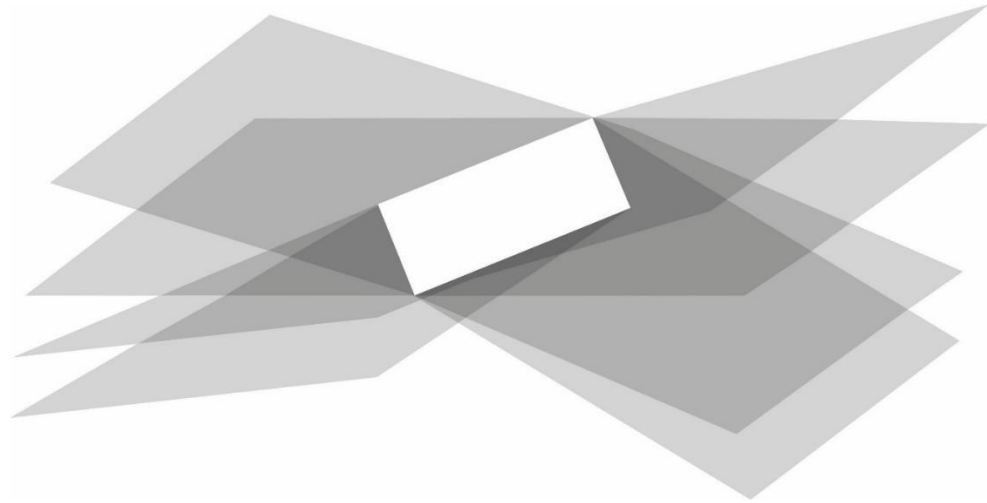
nivel y las construcciones inmediatas permitiendo visibilizar que no hay una variación mayor a 50 cm de alturas en el lote.



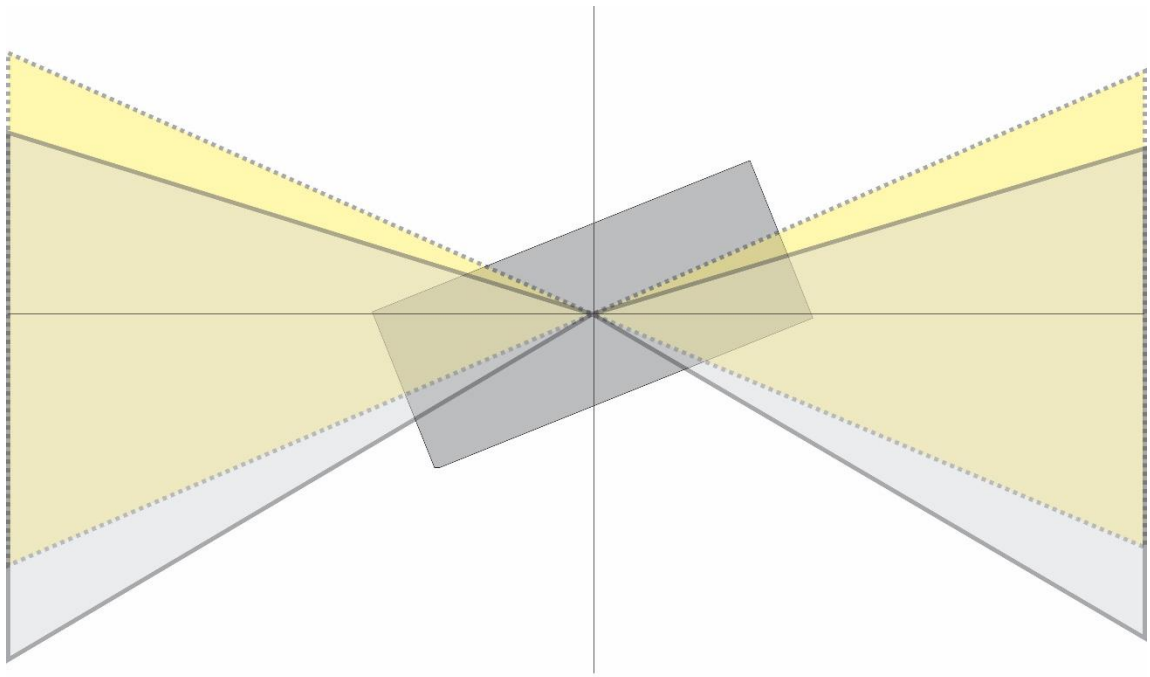
**Figura 78. Topografía del predio e implantación esquemática.**

Una vez definido el lote se hace un análisis de densidad de sombras a partir de una atracción de un bloque, que represente la ubicación del sólido respecto al contexto, logrando a través de la trayectoria del sol una densidad de sombras del día y la tarde permitiendo así considerar detalles de modulación y abstracción para la definición del bloque que articula de mejor manera la iluminación en los espacios requeridos, y la protección en los que sean considerados.

Para la realización del análisis se tuvo en cuenta la proyección del diagrama solar con una latitud de  $8.6^{\circ}\text{N}$  en la que se implanta la volumetría y se logra sustentar el análisis.



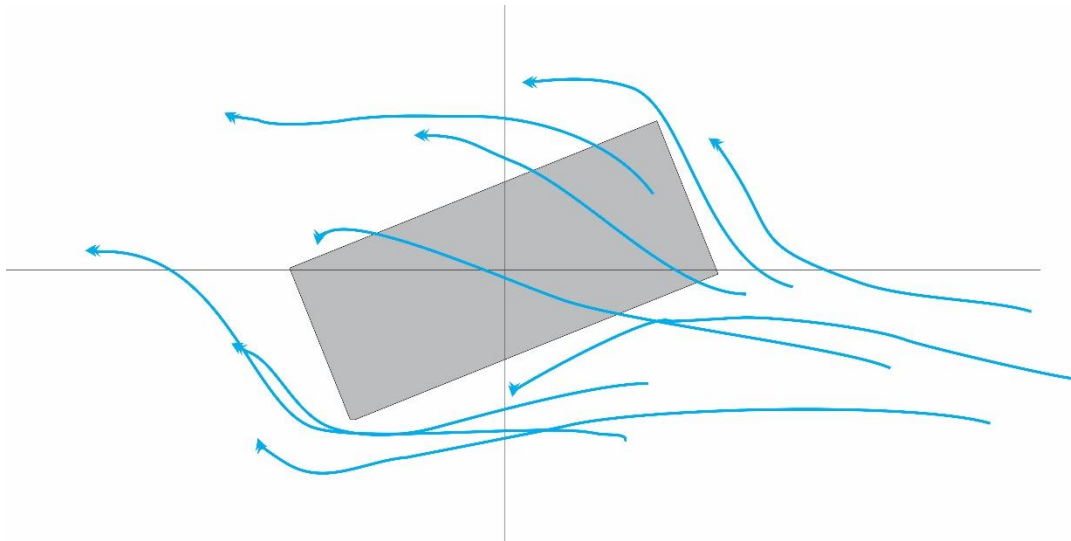
**Figura 79. Densidad de sombras. Día y tarde.**



**Figura 80. Diagrama solar latitud  $8.6^{\circ}$  N. Implantación de abstracción volumétrica.**

Una vez definidas las posibles zonas a intervenir, se hace un análisis al sólido de la ventilación predominante que permite identificar los frentes que se desean exponer en el sólido a el flujo predominante de viento, presentando así la zona trasera como la más

idónea en la que puede recibir ventilación las zonas dedicadas al descanso, la interacción abierta del patio con cubierta arbustiva que permita la protección a la radiación solar directa.



**Figura 81. Diagrama de vientos dominantes. Implantación del bloque**

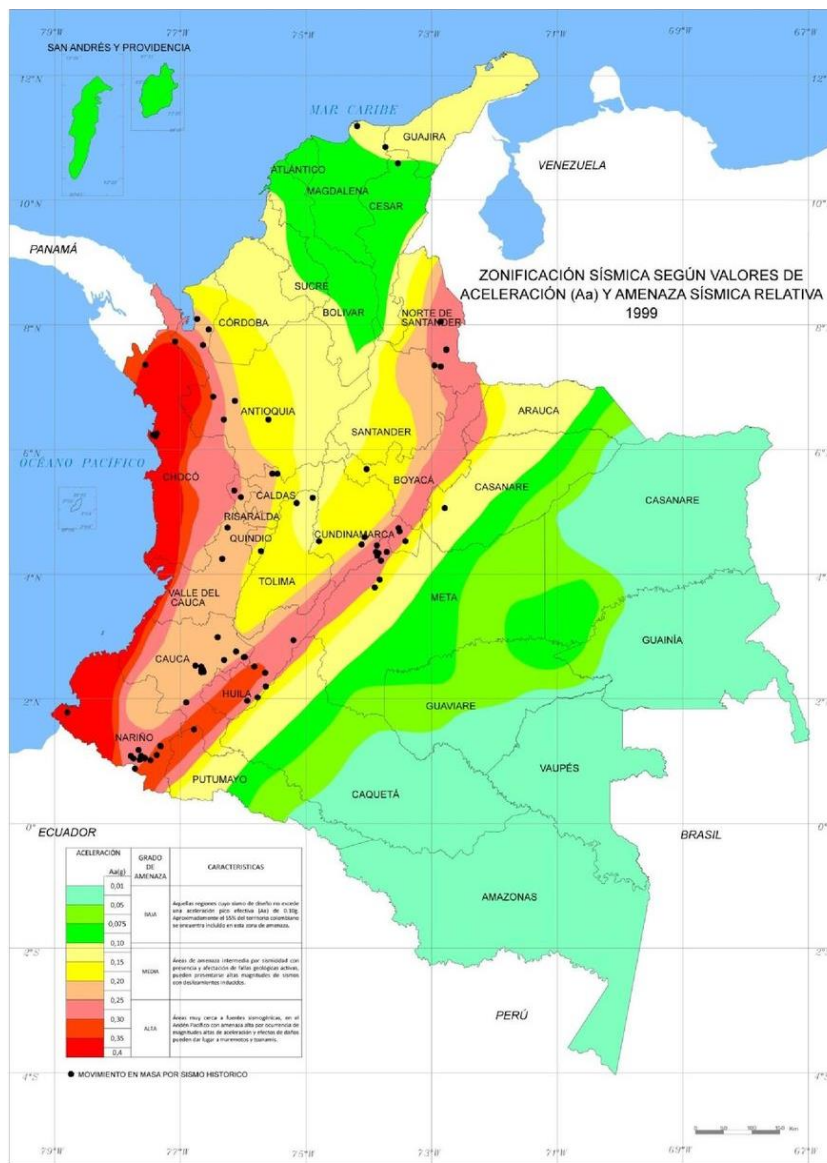
De esta manera se logra definir un proceso de diseño claro, en cual necesita de una técnica constructiva idónea que responda a las puntualizaciones bioclimáticas y medioambientales.

### **7.3 Técnica constructiva.**

El proceso constructivo se presenta con la articulación de técnicas estructurales avaladas por la norma de sismo resistencia NSR10, articulando muros divisorios que estarán hechos de ladrillos de arcilla cocida en las zonas húmedas, para contrarrestar de manera directa problemáticas de humedad. Mientras que en las zonas secas se articulan muros no estructurales de tierra los cuales se dispondrán como paneles que responden a

técnicas constructivas en bahareque, permitiendo así articular la tierra de manera tal que permita ser portante, a su vez que no afecta la integridad de la estructura principal.

**7.3.1 Cimentación.**

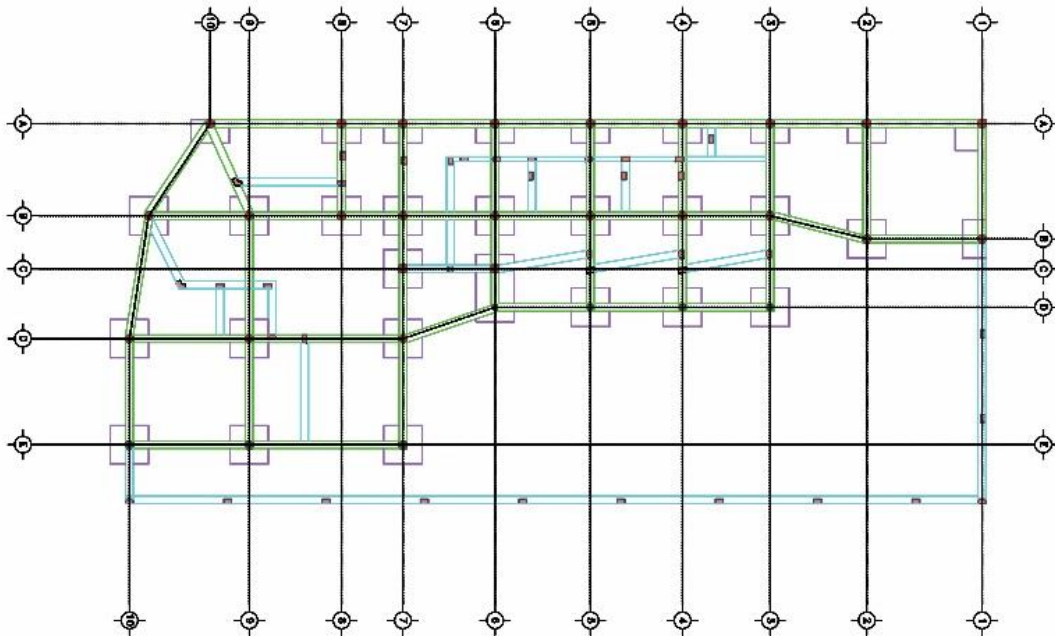


Fuente: INGEOMINAS, 1999.

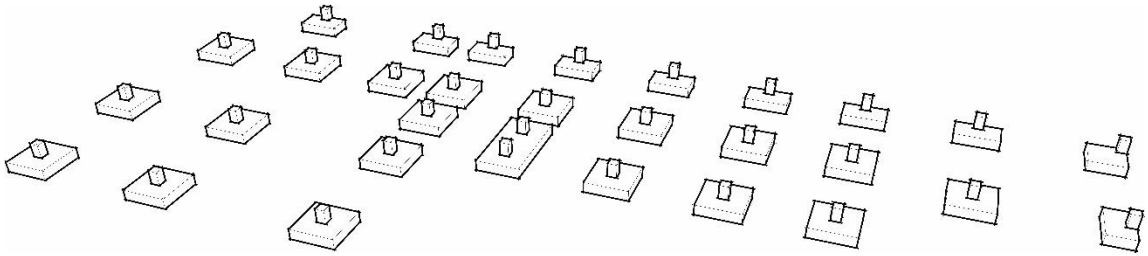
**Figura 82. Movimiento en masa por sismos históricos en el mapa de zonificación sísmica de Colombia. (INGEOMINAS, 1999)**

El municipio de Pelaya se presenta en una zona sísmica baja, lo genera mayor permisibilidad en los diseños estructurales, para lo cual se articulan sistemas convencionales que permitan el acoplamiento de sistemas constructivos en tierra, aunque dejando claro su uso como elemento de división y no de estructura articulándose dos sistemas constructivos que generan innovación en la región a su vez que permiten la viable construcción en este contexto.

La cimentación se plantea desde una estructuración de zapata aislada que se configura a través de ejes que permiten la modulación espacial, y soporta las cargas verticales vivas y muertas a través del mejoramiento en la estabilidad del suelo, proponiéndose en el caso de construcción el estudio de suelos para determinar las características importantes para la construcción.

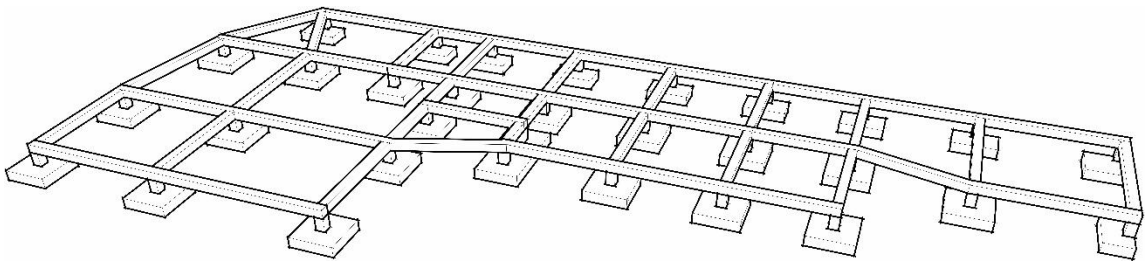


**Figura 83. Propuesta de cimentación y estructura de vigas y columnas.**

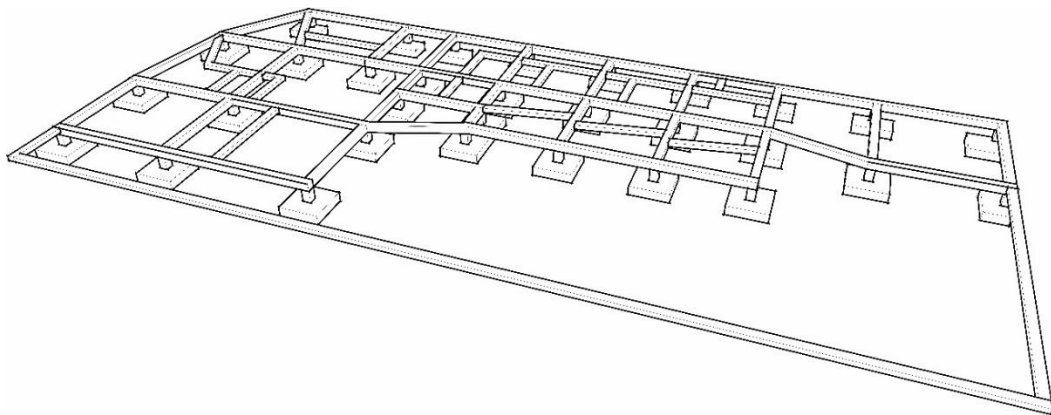


**Figura 84. Propuesta de cimentación estructural. Zapatas aisladas.**

La cimentación se plantea a través de una mejora del suelo con el uso de concreto ciclópeo, continuando con la base de la zapata, luego que articulada la misma se plantea una viga de cimentación o viga de arrastre que amarra todas las zapatas y permite que la estructura es uniforme. Luego se continúa con la cimentación de los muros para que no reposen directamente en el suelo generando así un sobrecimiento a la configuración final.



**Figura 85. Viga de cimentación. Amarre estructural de la vivienda.**

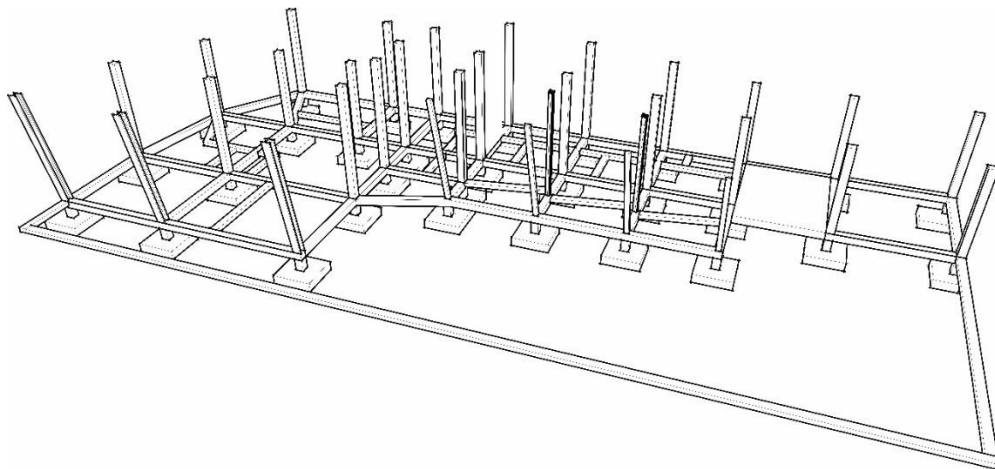


**Figura 86. Sobrecimiento. Viga de amarre muros confinados y cerramiento.**

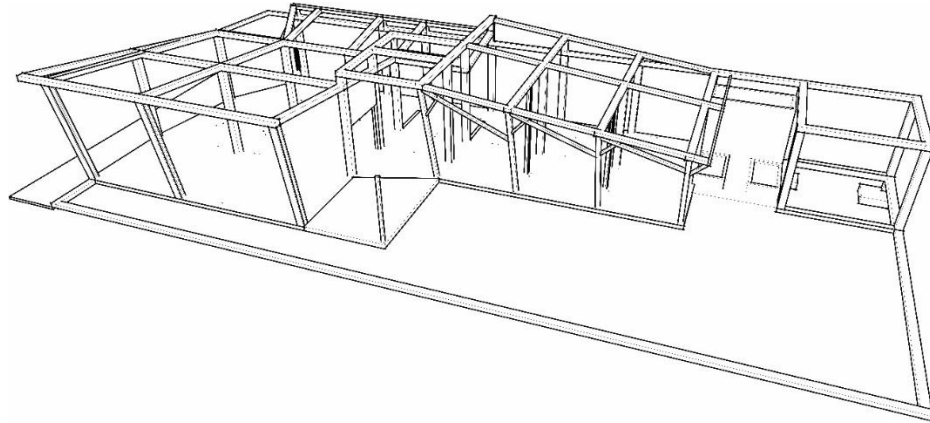
Por último, se plantea el cerramiento perimetral para el muro de lindero, evitando así contacto directo con la parte privada de otros predios. Los muros serán presentados a través de castillos y ladrillos de arcilla cocida que permiten una cohesión estructural y un diseño que responde a los componentes socioculturales y de seguridad de los usuarios en el municipio.

### 7.3.2 Estructura.

Esta se dispone a través de dos técnicas que se pueden articular, como lo es el uso de columnas en concreto armado y perfiles metálicos, las cuales las primeras permiten una configuración interna más económica, y que es de materialización factible en el contexto por lo conocimiento técnicos que se tiene, a su vez que se articulan perfiles metálicos en las columnas y vigas para permitir la configuración morfológica deseada.



**Figura 87. Propuesta estructural, columnas en concreto. NSR 10**



**Figura 88. Sistema estructural porticado. Columnas y vigas, concreto y acero.**

### **Optimización de disposición estructural.**

La estructura se arma de modo tal que permite la generación de espacios idóneos dispuestos desde la conceptualización deseada para el diseño.

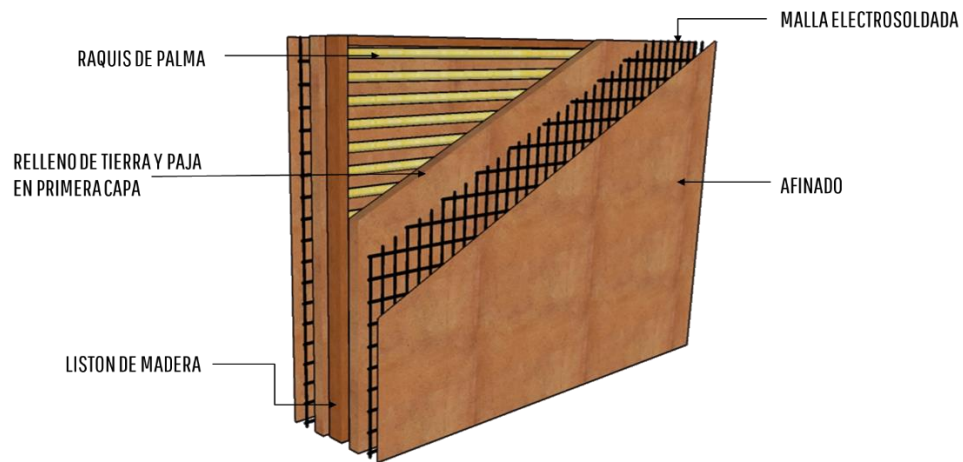
### **7.3.3 Muros no estructurales de tierra y paneles de Bahareque.**

La arquitectura en tierra se articula en el proyecto desde muros divisorios que están enfocados en el uso de materiales vernáculos, que funcionan muy bien ante climas cálidos y su transmitancia térmica a la vez que se presenta a través de perforaciones con celosías verticales en raquis que están articuladas para generar un diseño óptimo de los espacios.

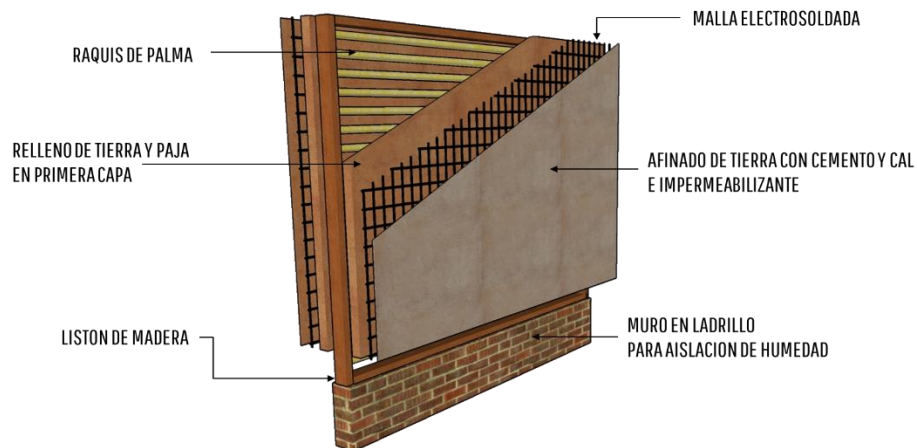
El muro se dispone a través de capas que están presentadas por el afinado, malla electrosoldada, relleno en tierra y paja de primera capa, listón de madera para panel de tierra, y tramado en raquis de palma.



El muro se dispone en dos propuestas, una que articula afinado en tierra, cemento y cal para la exposición directa, y otra de afinado de solo tierra que se dispone a espacios completamente cubiertos y aislado de la intemperie.



**Figura 89. Despiece constructivo muro en tierra para espacio cubierto.**

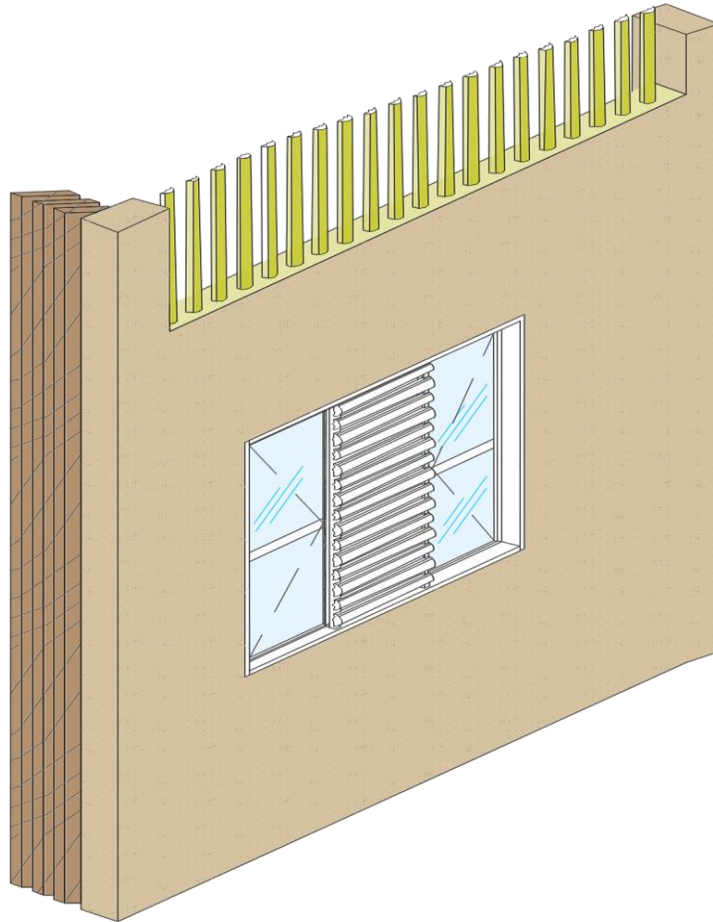


**Figura 90. Despiece constructivo muro en tierra para espacio expuesto.**

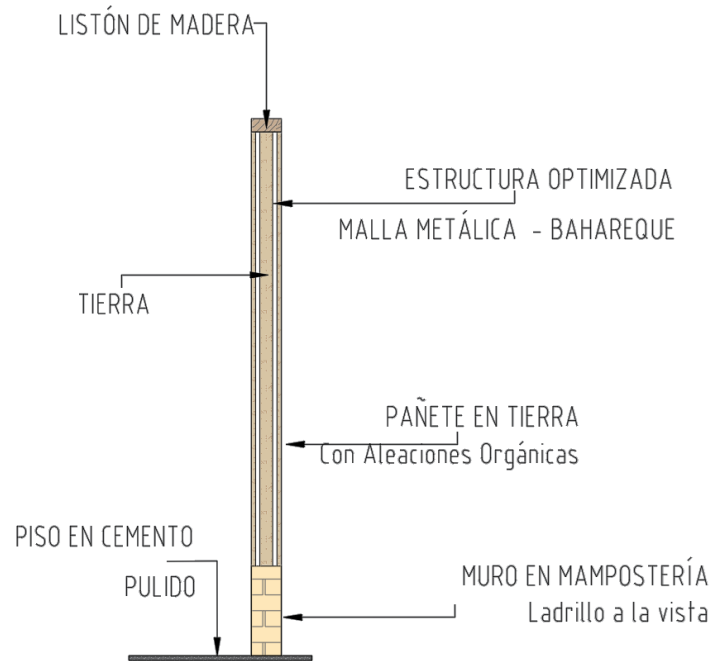
El muro es completamente divisorio, pero se articula a la estructura de manera que es confinado siguiendo prototipos de diseño enfocados en materiales como el Draywall y

el Super Board. Presentado así una disposición a través de listones en madera que generan un panel autoportante recubierto de tierra.

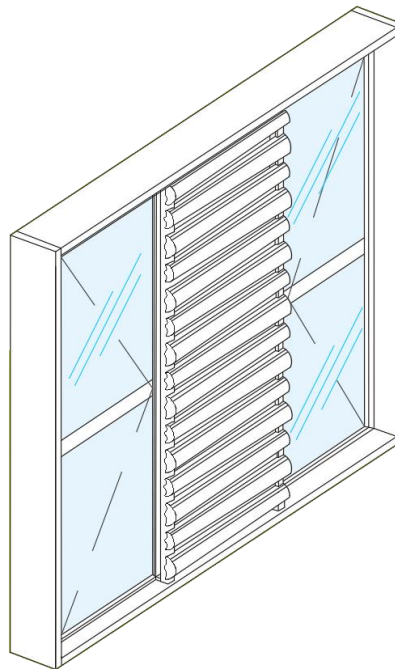
El prototipo a su vez suma la presentación de una ventana que mantiene modificaciones propias, a través de la articulación de raquis como elemento que permite la ventilación dispuesta de manera horizontal en la parte media de la ventana dejando una abertura que proporciona la posibilidad de repliegue de las ventanas logrando que estas se escondan en la misma.



**Figura 91. Detalle de acabado muro en tierra.**



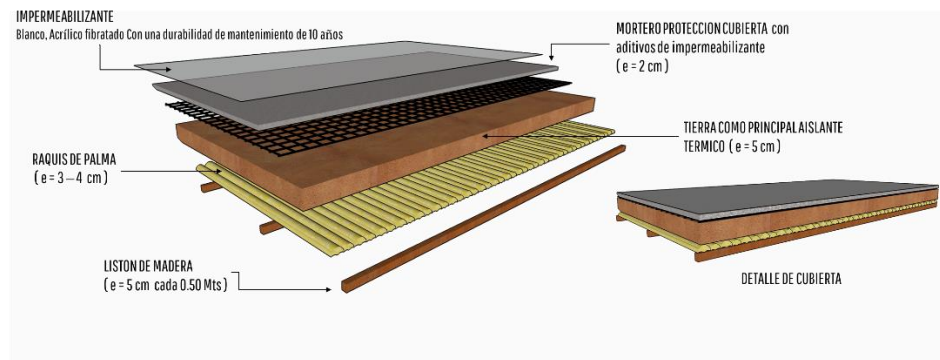
**Figura 92. Despiece constructivo muro en tierra. Corte.**



**Figura 93. Despiece constructivo de ventana con sistema de ventilación raquis.**

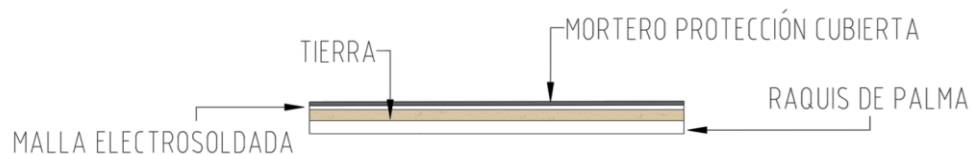
Con estos componentes se logra definir el panel del muro divisorio que al ser autoportante permite las perforaciones que desarrollan de manera efectiva el proceso de ventilación cruzada.

### 7.3.4 Disposición de cubierta.



**Figura 94. Despiece constructivo cubierta.**

La cubierta mantiene un concepto de capas que permitan la limitada transmitancia térmica hacia el interior del espacio, por lo cual se dispone a través de uno perfiles en madera que permiten la disposición de los listones de raquis que actúan como machimbre. Luego se suma una capa de tierra que permite la baja transmitancia térmica sumando una malla electrosoldada que cohesiona el diseño evitando al máximo las fracturas, siendo esta cubierta por una capa de cemento impermeabilizado que final mente es recubierto por un acrílico fibrado blanco que refracte los rayos del sol de manera directa.



**Figura 95. Despiece constructivo cubierta.**

#### 7.4 Medidas bioclimáticas.

Para realizar un diseño bioclimático es importante determinar índices de confort y de acuerdo a los índices de confort presentados por el IDEAM podemos hablar de un clima agradable Con in IC de 7.1 a 11 para lo cual se calcula el índice de Pelaya.

**Tabla 8. Confort térmico en Colombia. IDEAM (s.f.) citado en Gonzáles (2010)**

IC	SENSACIÓN EXPERIMENTADA
0 a 3	Incómodamente caluroso
3.1 a 5	Caluroso
5.1 a 7	Cálido
7.1 a 11	Agradable
11.1 a 13	Algo frio
13.1 a	Frio
Más de 15	Muy frio

$$IC = (36.5 - t_s) (0.05 + 0.04 \sqrt{v} + h/250)$$

IC = índice de confort

t = temperatura del aire en grados Celsius (°C)

V = velocidad del viento en metros por segundo (m/s)

h = humedad relativa en porcentaje (%)

$$IC = (34.5 - t_s) (0.05 + 0.06 \sqrt{v} + h/180)$$

$$IC = (34.5 - (29.2^\circ)) (0.05 + 0.06 \sqrt{1.65}) + (64) / 180$$

$$IC = 2.5579$$

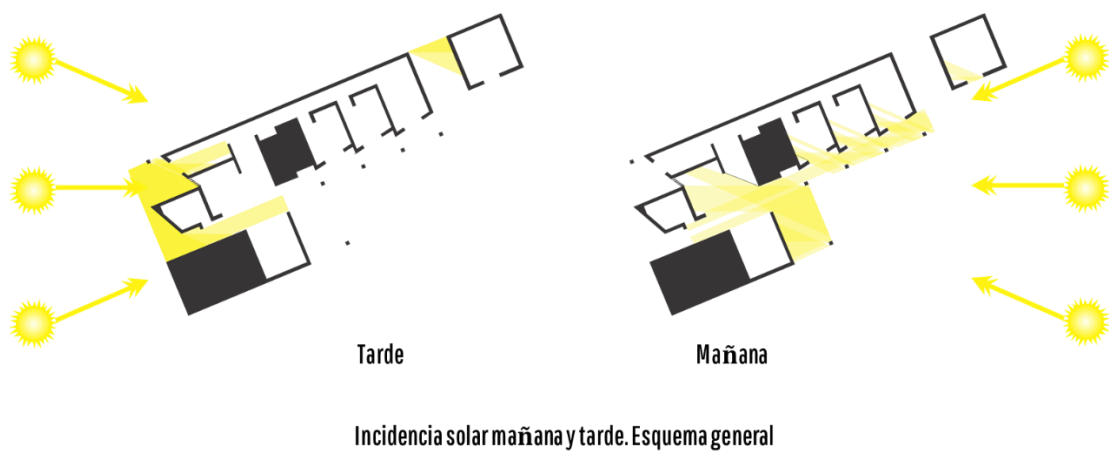
De acuerdo al cálculo de IC se logra determinar en 2.55 lo cual lo coloca en una sensación incómodamente calurosa para lo cual se hace necesario entablar en el diseño todos los planteamientos de reducción de temperatura expuestos en la caracterización. Para lo cual se hace un estudio de los materiales que pueden ser articulados en el diseño de acuerdo a su contenido energético.

**Tabla 9. Contenido energético materiales. Cedeño (2010)**

Material	Contenido Energético de los Materiales	
	Contenido Energético	
	Por peso (mj/kg)	Por volumen (mj/m3)
Poliuretano expandido	180	2.500
Aluminio	170	459.000
PVC	90	11.000
Cobre	78	698.000
Vinílico	45	6.000
Hierro y acero	40	300.000
Fibra de vidrio	38	2.000
Vidrio	26	67.000
Block de Concreto	22	35.000
Ladrillo cerámico hueco	7,5	1.000
Yeso	2,4	1.700
Ladrillo Común	1,8	3.000
Concreto armado	1,8	4.000
Concreto	1,8	2.600
Adobe	0,2	320

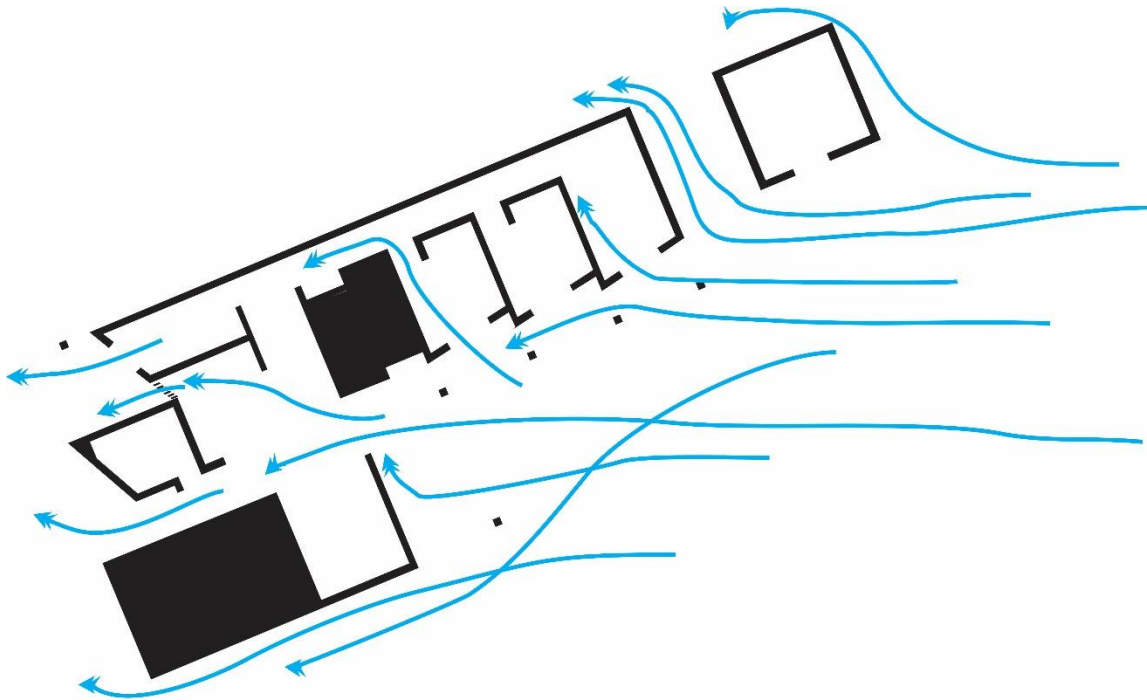
Relacionado con lo anterior se define el ladrillo cerámico hueco como material a usar en las zonas de humeado que permiten un menor contenido energético que puede estar bien articulado con las técnicas constructivas de cerramiento en tierra y bahareque de raquis de palma.

Para el diseño de enfoque bioclimático se realiza una abstracción de la propuesta espacial para estudiar las zonas con mayor y menor radiación tanto en horas de la mañana y de la tarde permitiendo ver la viabilidad en el diseño tras la entrada de luz en las zonas deseadas, mientras que en la tarde el diseño se resguarda impidiendo la mayor radiación directa posible.



**Figura 96. Esquema general de incidencia solar. Mañana y Tarde.**

Desde un análisis de vientos se logra ver la permeabilidad del bloque, abriéndose en las zonas de descanso como las habitaciones. El módulo se parte en la disposición de espacios que reciben los vientos predominantes generando confort tras la entrada directa del viento en la propuesta.



**Figura 97. Ventilación cruzada, propuesta conceptual de planta arquitectónica.**

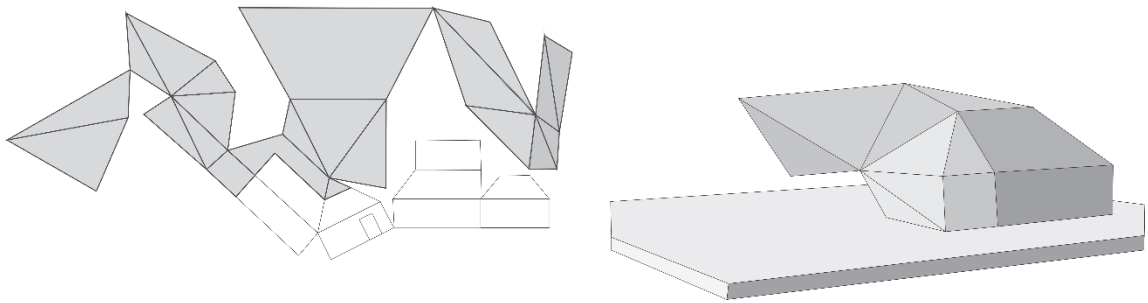
## 8. Proceso de diseño

### 8.1 Conceptos.

La propuesta parte de la conceptualización de “Estereotomía topológica” en la que se articula el pliegue como conceptualización de diseño en la cual Lucas Peries (2020) define:

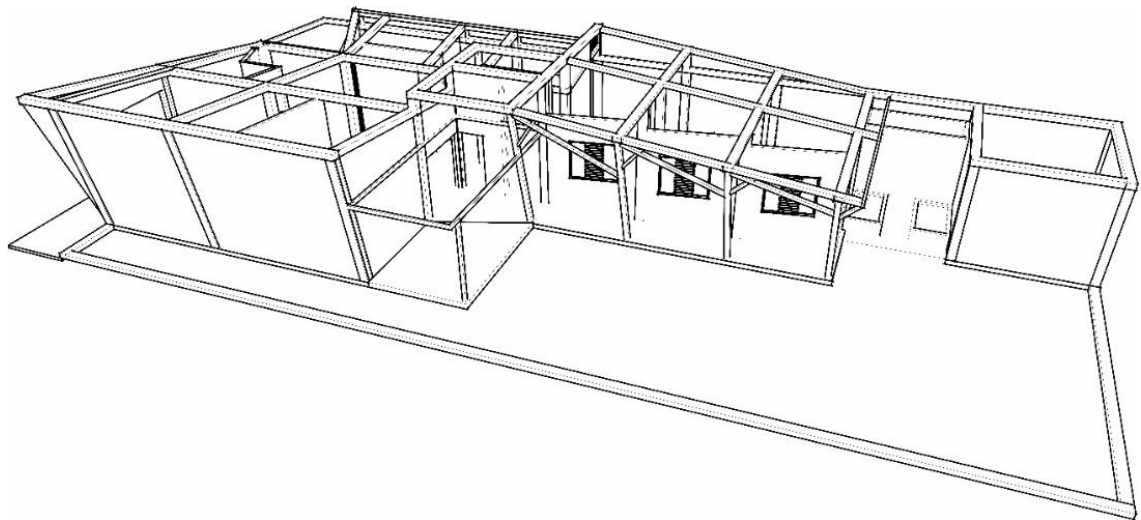
“El pliegue, cuando es entendido como doblez o desigualdad de las partes de un material flexible permitiendo que el material deje de estar liso o extendido, puede interpretarse como ruptura. De hecho, en la topología originaria, el pliegue es considerado como discontinuidad, similar al corte.”



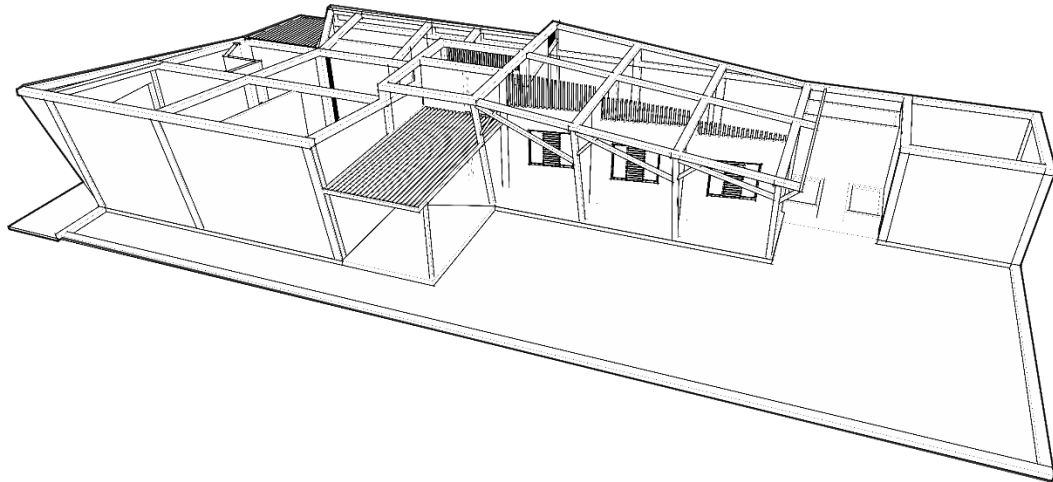


**Figura 98. Estereotomía topológica. Pliegue como configuración morfológica de optimización topológica y disposición estructural.**

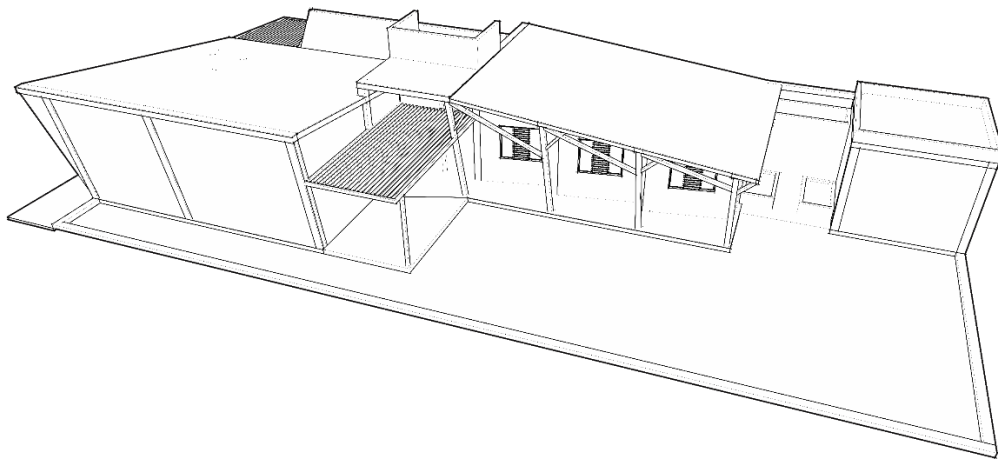
## **8.2 Morfología.**



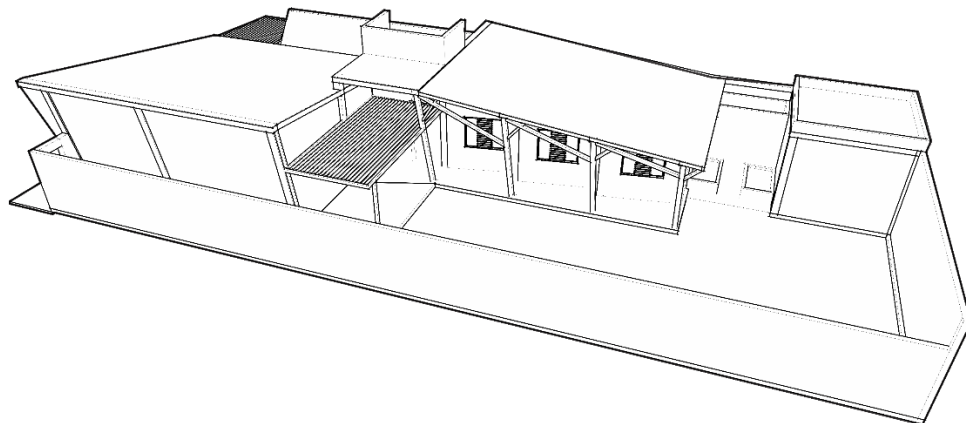
**Figura 99. Levantamiento de muros. Bahareque como estrategia Bioclimática, ladrillo como estrategia estructural y de humedad.**



**Figura 100. Pérgolas como estrategia bioclimática.**



**Figura 101. Cubierta con base en tierra, y piel de ferrocemento. Cubierta con reducción de transferencia térmica.**



**Figura 102. Cerramiento, Propuesta arquitectónica en lote medianero.**

## 9. Propuesta Arquitectónica

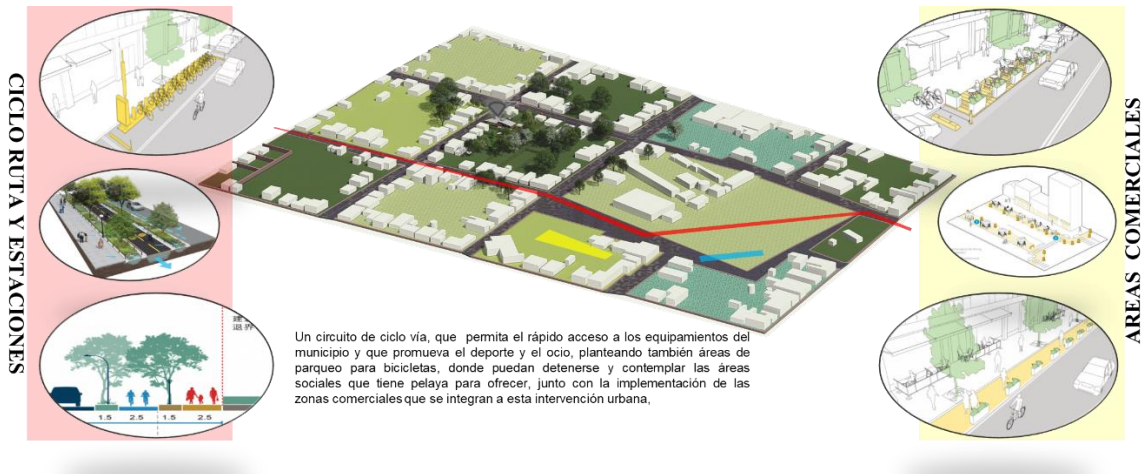
### 9.1 Implantación urbano ambiental del proyecto.

El proyecto se articula en un contexto urbano que es importante considerar y diseñar para que la implantación responda a las condiciones de la estructura urbana. Para lo cual se realiza una implantación que presenta conceptos de accesibilidad, transitabilidad, sistemas articulados de movilidad, ciclorrutas desde circuitos peatonales, y nodos con estaciones y áreas económicas.

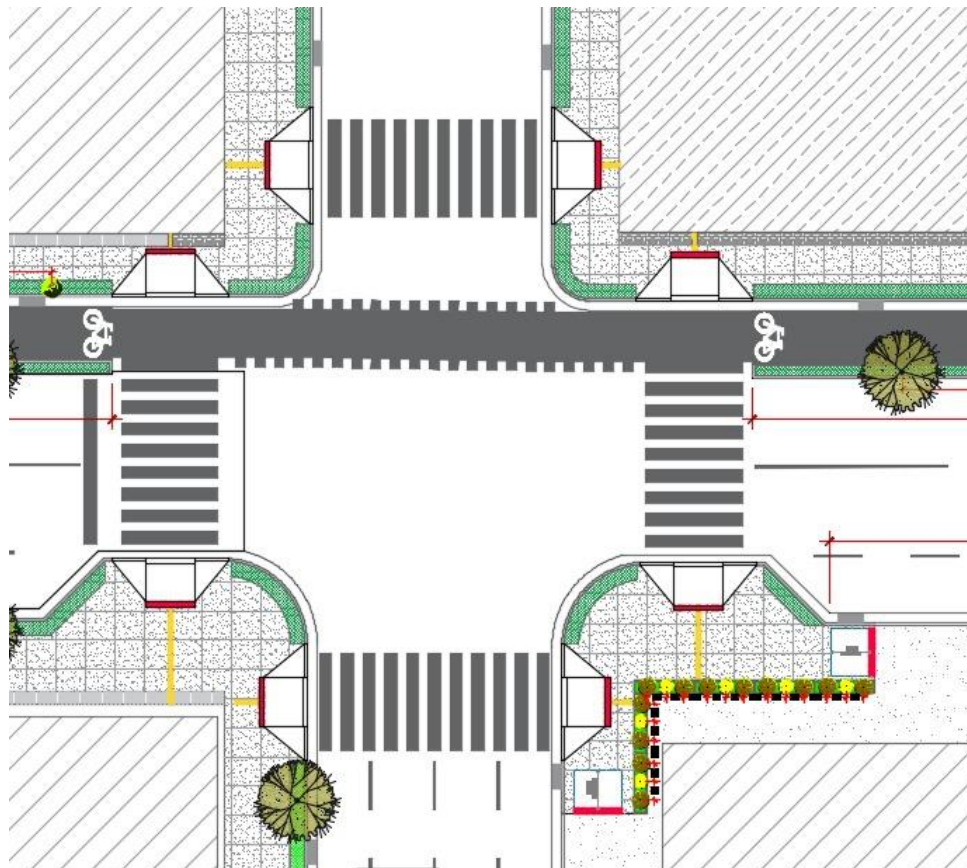


**Figura 103. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de circuito peatonal y nodos.**

El diseño presenta una proyección desde la accesibilidad urbana, con el diseño de esquinas que se abren al ciudadano, a su vez que logran presentar urbanismo táctico y rutas de accesibilidad o ciclo rutas que se disponen de manera tal que no afecten el flujo vehicular, si no que por el contrario lo mejore.

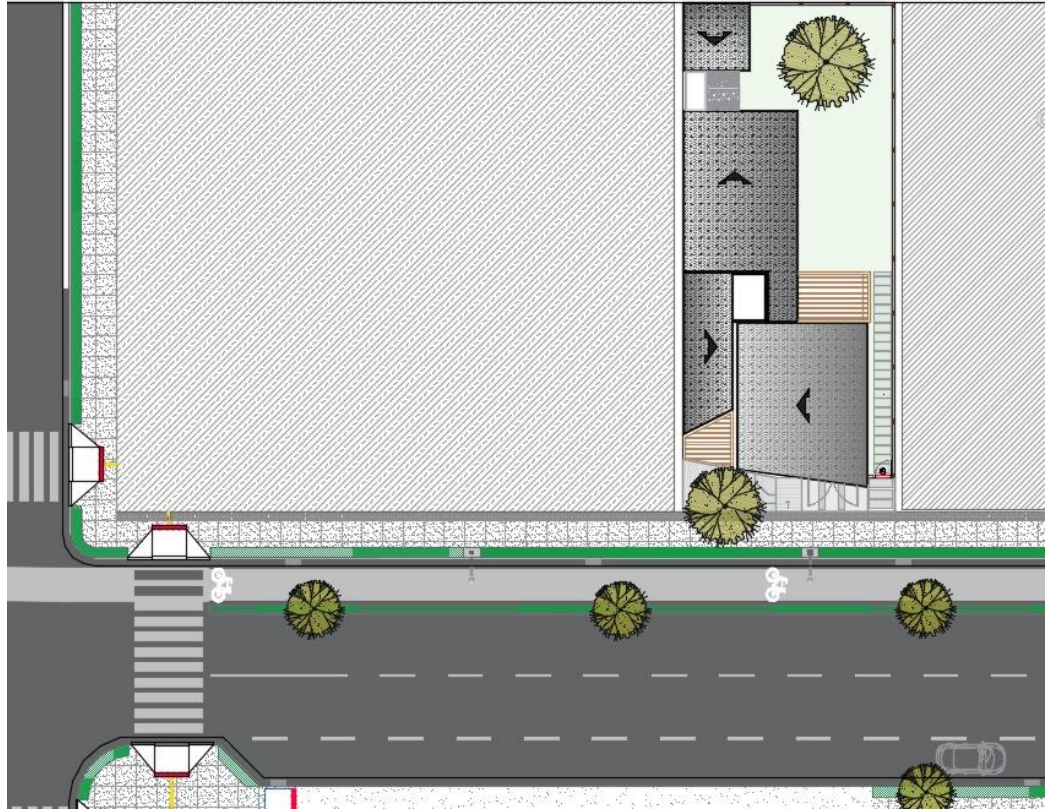


**Figura 104. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de áreas comerciales, ciclo rutas y estaciones.**

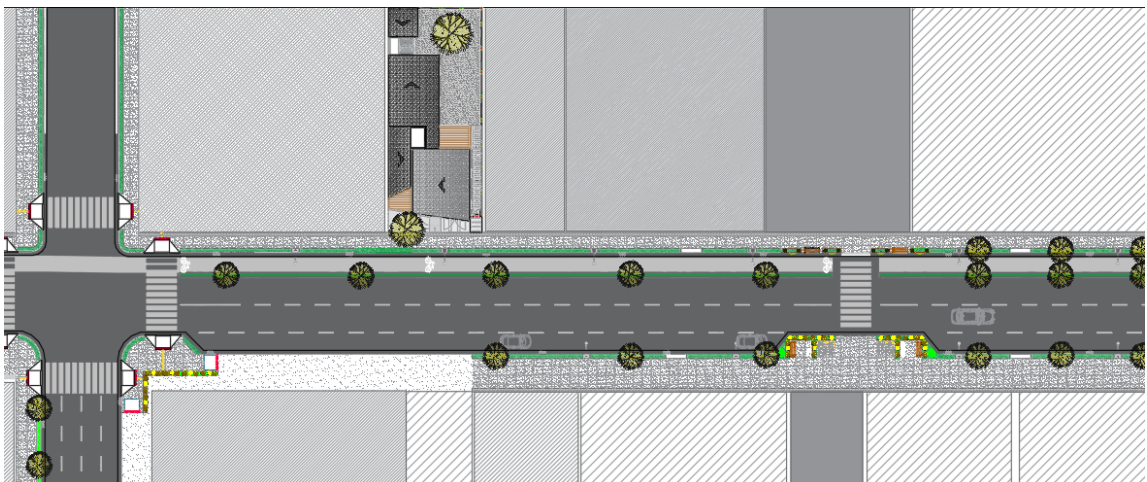


**Figura 105. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de áreas ciclo rutas y accesibilidad urbana.**

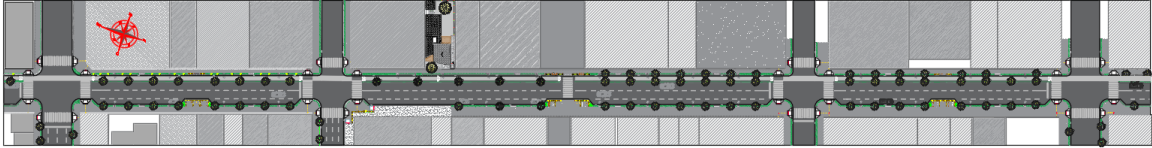




**Figura 106. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental de áreas ciclo rutas, accesibilidad urbana, estaciones e implantación proyectual.**



**Figura 107. Propuesta de Implantación Urbano Ambiental.**



**Figura 108. Perfil de implantación general y aplicación de urbanismo.**

De esta manera se define la implantación urbana y proyectual desde las condiciones de accesibilidad del entorno a través de los lotes inmediatos

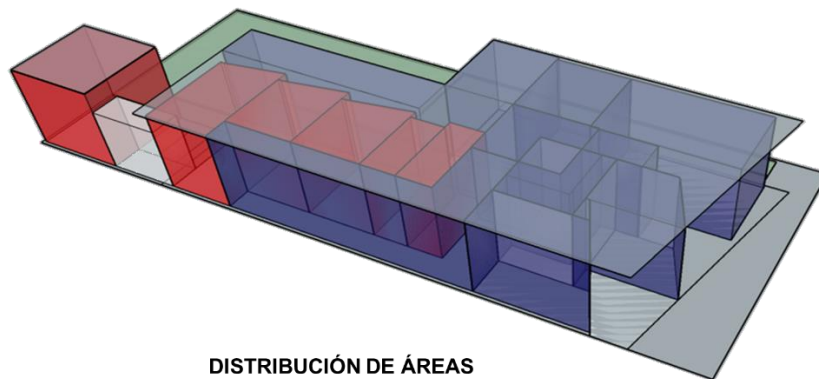
## **9.2 Organigrama.**

La propuesta arquitectónica busca ser coherente con el análisis urbano, y bioclimático, manteniendo una relación directa con el uso de materiales contemporáneos, pero con una relevancia en materiales alternativos y con incidencia clara en el crecimiento urbano del municipio. Es de esta manera que la propuesta se presenta con un enfoque habitacional como primera instancia, ya que es una de las problemáticas urbanas que aqueja, a su vez que plantea escenarios de proyección urbana que mejoren y faciliten el crecimiento urbano planificado.

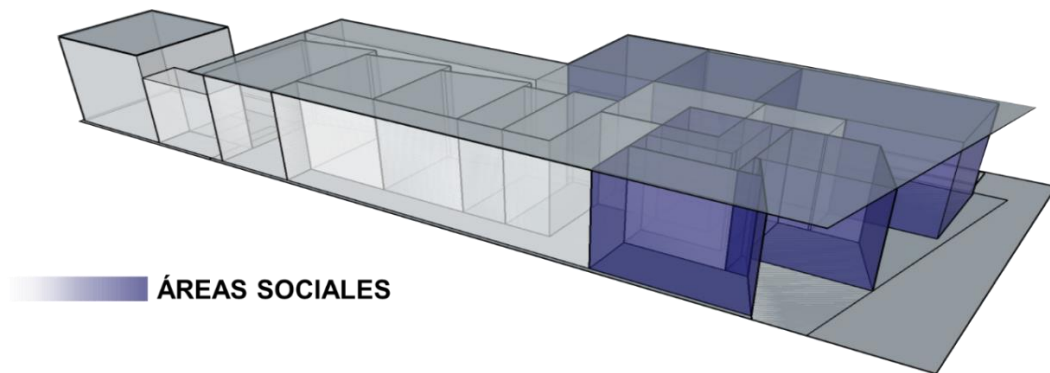
## **9.3 Flujograma.**

La propuesta arquitectónica se plantea desde un flujo de circulaciones y actividades consecuentes a una cultura de vivienda contextual a su vez que propone una nueva mirada arquitectónica y espacial en las proyecciones del municipio. El proyecto se articula con una circulación directa entre la calle y el patio, generando así una sensación

de espacialidad, mientras que de manera inteligente se articula una zona privada que se implanta desde una ventaja bioclimática que permite la recepción de vientos predominantes e iluminación con baja radiación, mientras se protege de la misma en horas de la tarde exponiendo zonas húmedas que aprovechan de una manera más optimizada los flujos de calor y las temperaturas.



**Figura 109. Distribución de áreas**



**Figura 110. Definición de áreas sociales en el modelo.**

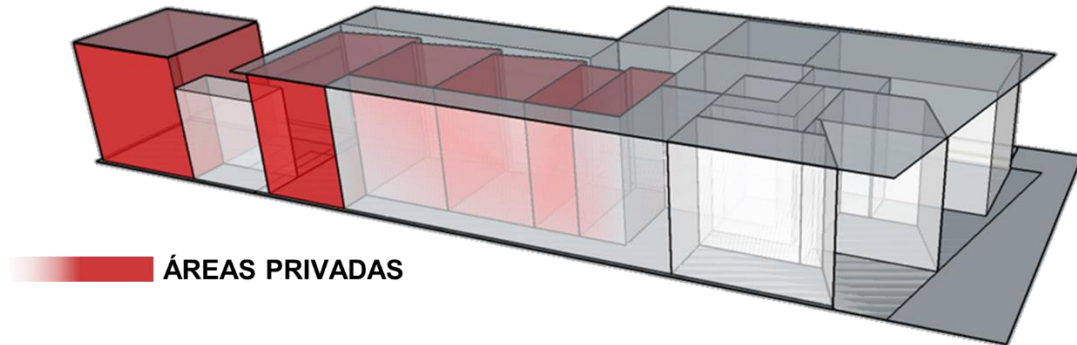


Figura 111. Definición de áreas privadas en el modelo.

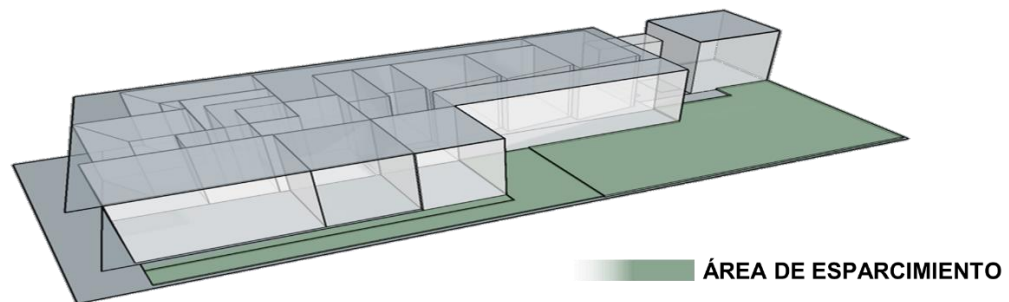


Figura 112. Áreas de esparcimiento – zona verde.

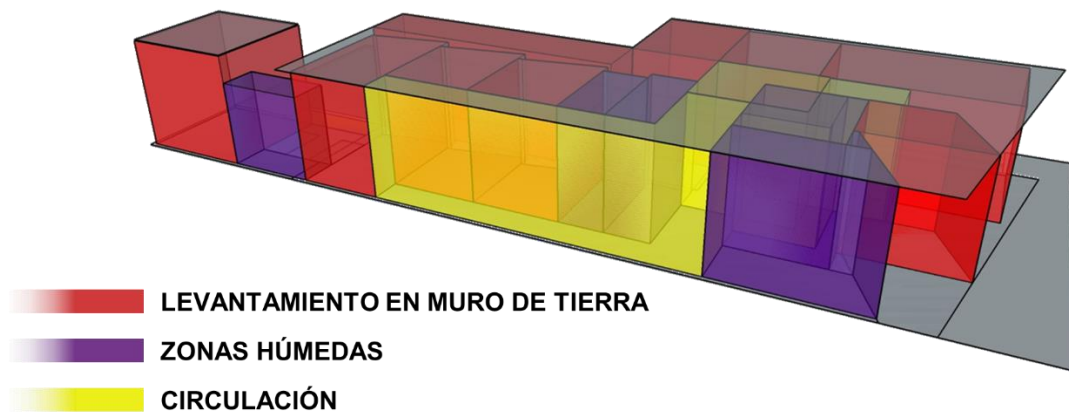
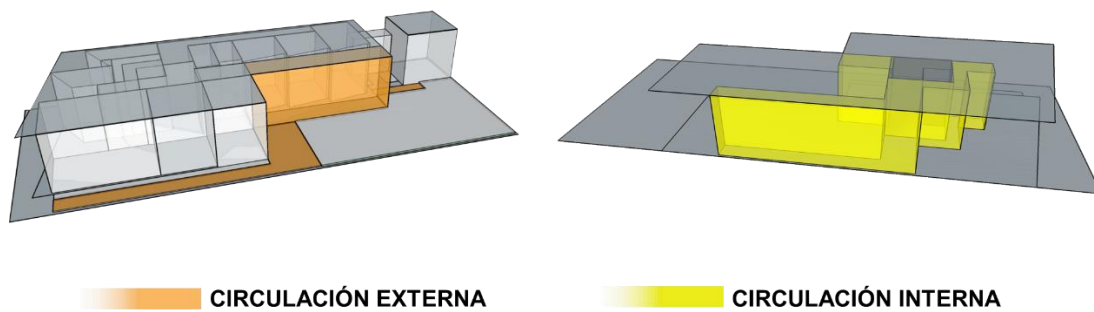


Figura 113. Definición de zonas húmedas, muros en tierra y circulación.





**Figura 114. Disposición de circulación interna y externa del módulo.**

#### 9.4 Programa Arquitectónico.

**Tabla 10. Programa arquitectónico**

PROGRAMA ARQUITECTONICO	
ITEM	
<b>Zonas Sociales</b>	
1	Sala
2	Comedor
3	Garaje
4	Patio
5	Terraza
<b>Zonas Privadas</b>	
6	Habitación 1
7	Habitación 2
8	Habitación 3
9	Estudio
10	Baño 1
<b>Zonas de Servicios</b>	
11	Cocina
12	Baño 2

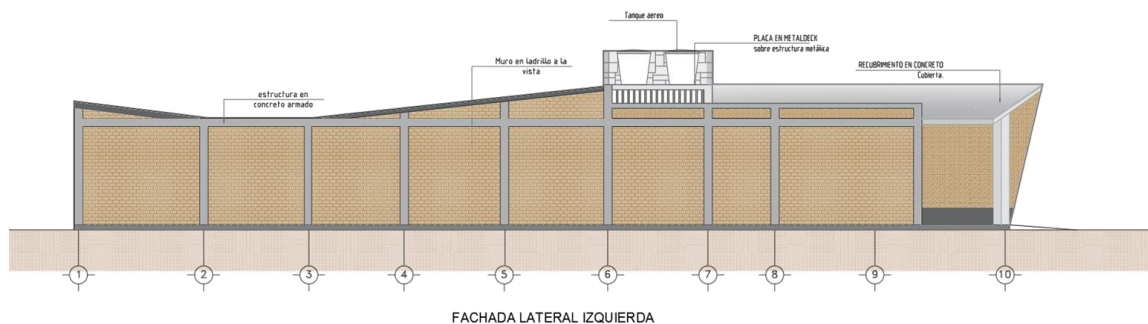
En concordancia con la metodología investigativa y proyectual, sumado el estudio de la historia del municipio y la identidad. Se presenta una proyección arquitectónica de

vivienda que articula materiales contemporáneos de construcción, más materiales alternativos y de menor huella ecológica y de impacto ambiental. Para lo cual se maneja una postura neutral en la que no se sataniza la nobleza de los materiales como el concreto y el acero. Solo se identifican sus debilidades y se refuerzan con el uso de tierra y técnicas constructivas que permitan minimizar el impacto, ya que cualquier acto en pro al desarrollo sostenible es un paso importante.

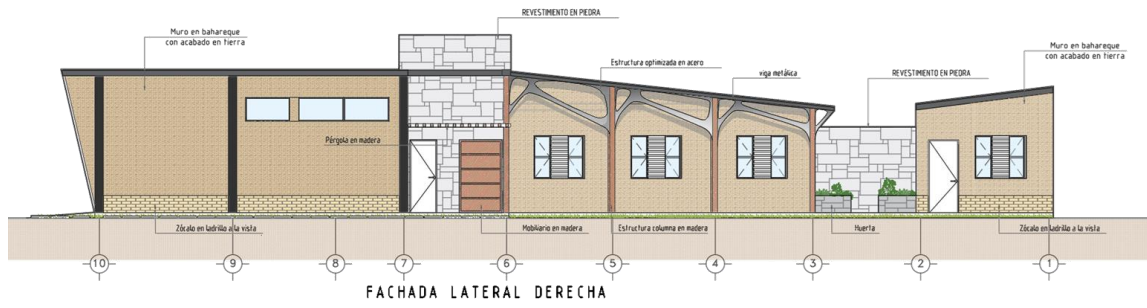
De esta manera el proyecto desarrolla frente a una espacialidad definida de 12.5 metros de frente y 30 de fondo, para lo cual se determina un COS Y CUS que no flagela el aumento del índice del espacio público por persona a nivel urbano. El programa se divide por 3 zonas en las que se encuentra la zona social dividida en área de estar, área de alimentos, área de parqueo privado, patio y terraza; La zona Privada compuesta por habitaciones, zona de estudio, y zona de aseo personal; y la zona de servicios compuesta por la zona de cocina y baño social.

Du configuración está compuesta de zonas húmedas, diseñadas de manera que generen un bloque compacto y cercano a los desagües y suministros generando así una red eficiente de diseño.

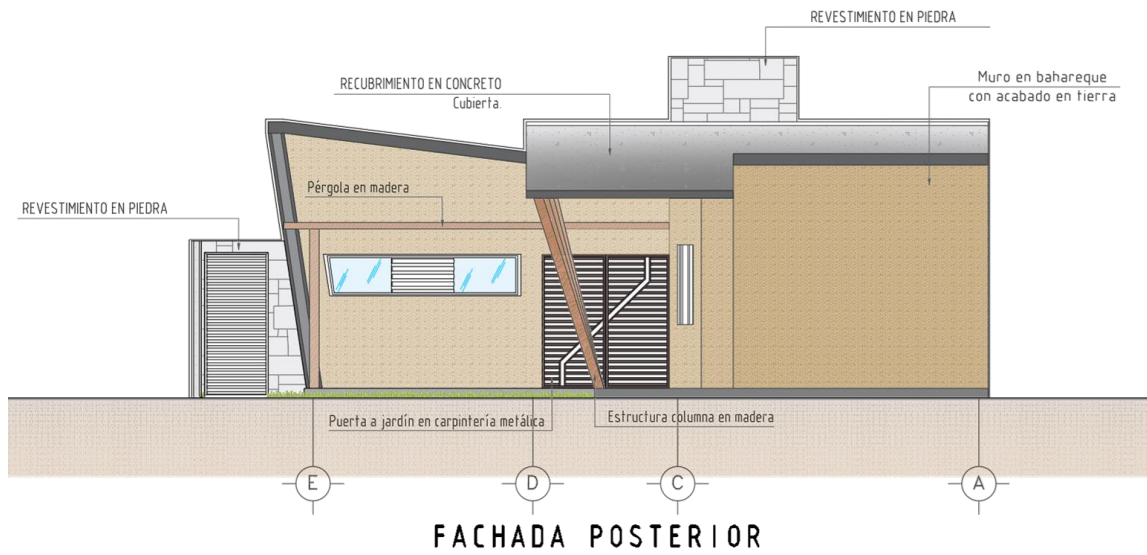
### 9.5 Planimetrías.



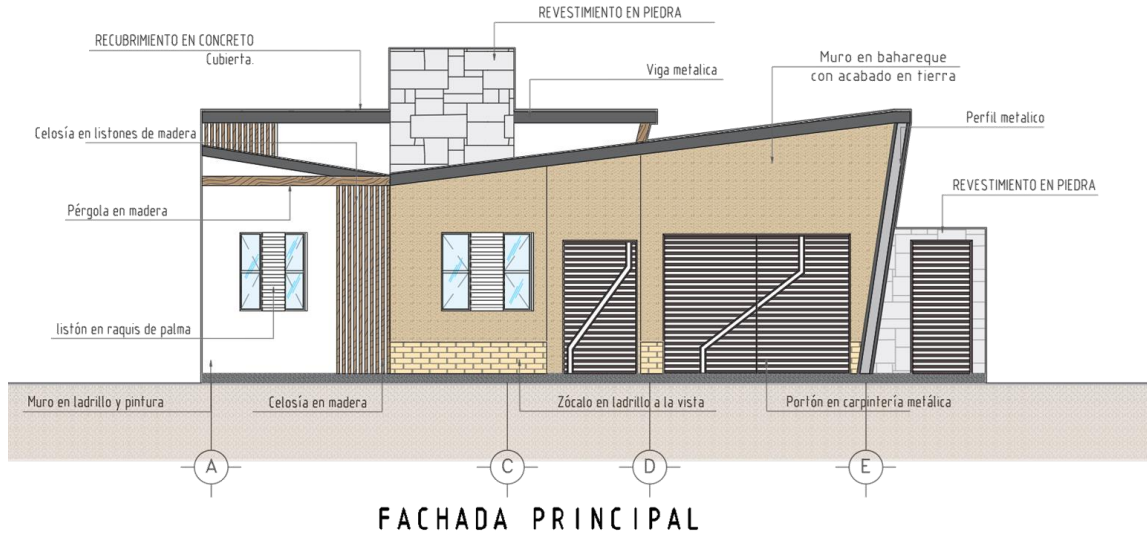
**Figura 115. Propuesta arquitectónica. Fachada Lateral izquierda**



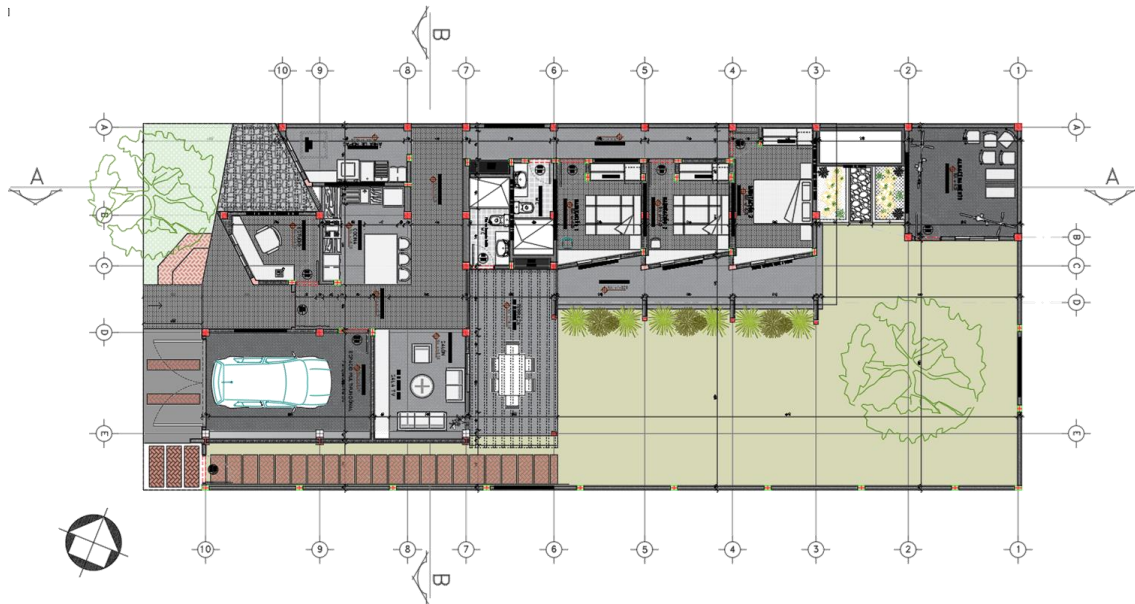
**Figura 116. Propuesta arquitectónica. Fachada Lateral derecha**



**Figura 117. Propuesta arquitectónica. Fachada Posterior**



**Figura 118. Propuesta arquitectónica. Fachada Principal**



**Figura 119. Planta arquitectónica.**

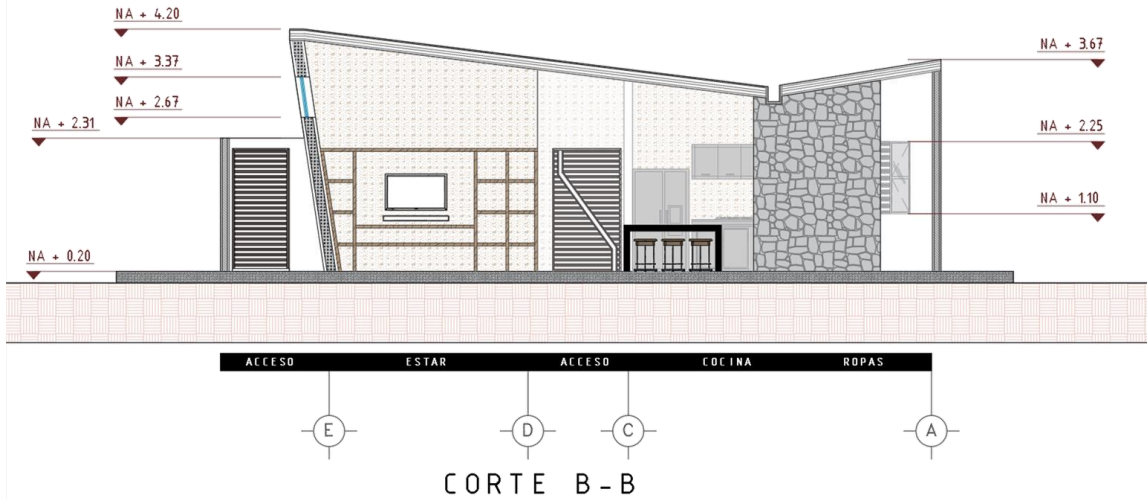


Figura 120. Propuesta arquitectónica. Corte Transversal.

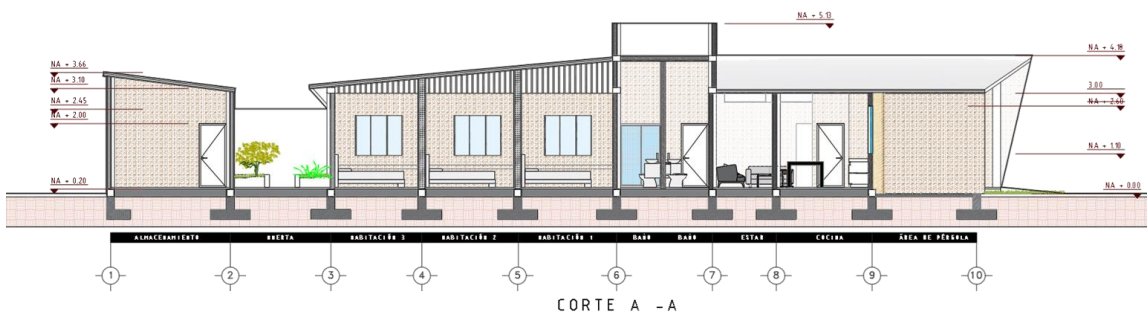


Figura 121. Propuesta arquitectónica. CORTE LONGITUDINAL

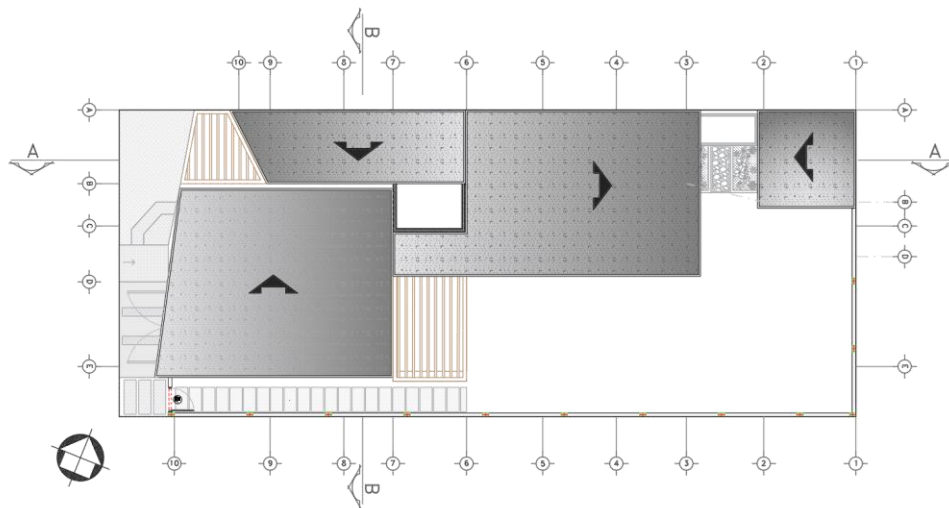


Figura 122. Propuesta arquitectónica. Planta de Cubiertas.





**Figura 123. Muros en tierra. Vista posterior**



**Figura 124. Exterior: fachada Posterior**





**Figura 125. Interna: detalles percolado y jardín.**



**Figura 126. Exterior: fachada principal.**





**Figura 127. Exterior: Implantación general.**



**Figura 128. Exterior: fachada principal.**





**Figura 129. Vista aérea. Parque Fachada principal.**



**Figura 130. Vista aérea. Contexto urbano.**



**Figura 131. Vista aérea. Contexto urbano.**



**Figura 132. Vista frontal. Cubierta y detalle perfil metálico.**





**Figura 133. Vista aérea. Parque Fachada lateral derecha**

## Referencias Bibliográficas

- Acevedo, H., Vásquez, A., Ramírez D. A. (2012). “Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia” Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Instituto de Estudios Ambientales (IDEA). Revista Gestión y Ambiente. v. 15, n. 1, p. 105-118. Bogotá, Colombia
- Alcaldía Municipal de Pelaya, Cesar (2002). “Corrección al Documento Técnico. Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Pelaya Cesar” Municipio de Pelaya, Cesar, Colombia
- Arias Arquitectos y Surtierra Arquitectura (2013). “Casa Munita González / Arias Arquitectos + Surtierra Arquitectura.” Recuperado el 1 de 05 de 2019, de ArchDaily Chile: <https://www.archdaily.com/379734/casa-munita-gonzalez-arias-arquitectos-surtierra-arquitectura>
- Alemparte Barreda y Asociados. (1980) Clásicos de arquitectura: Torre Santa María / Alemparte Barreda y Asociados Recuperado el 1 de 05 de 2019, de ArchDaily Chile: <https://www.archdaily.co/co/762900/clasicos-de-arquitectura-torre-santa-maria-alemparte-barreda-y-asociados>
- Baño, A. “la arquitectura bioclimática: términos nuevos, conceptos antiguos. introducción al diseño de espacios desde la óptica medioambiental” Dpto. de Arquitectura de la Universidad de Alcalá de Henares de Madrid. Disponible en internet: [https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2\\_asignaturas/asig32954/informacion\\_academica/Introducci%F3n%20a%20la%20construcci%F3n%20sostenible%20I.pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_asignaturas/asig32954/informacion_academica/Introducci%F3n%20a%20la%20construcci%F3n%20sostenible%20I.pdf)

- Bardou, P., Arzoumanian, V. (1981), “Arquitecturas de adobe” Ed. Gustavo Gili. Barcelona, España.
- Cadena, I., Vergel, M., y Delgado J. (2018) “Patrones en mosaicos Y Teselados desde Composiciones Geométricas” Revista LOGOS CIENCIA & TECNOLOGÍA, Vol. 10, No. 2. Cúcuta, Colombia.
- Cedeño, C. (enero-diciembre de 2010). Materiales bioclimáticos. Revista de Arquitectura, 12, 100 - 110.
- CESORE (2020) Perfil demográfico del Cesar análisis y recomendaciones de política.
- Connolly, P. (2011). “La ciudad y el hábitat popular: Paradigma latinoamericano” Ponencia presentada en el Seminario Teorías sobre la ciudad contemporánea en América Latina Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, México DF.
- Cortés, O., & Villar, M. (enero-junio de 2014). Método Integral de Diseño Ambiental. Aproximación desde la línea base socio-ambiental para definir factores de habitabilidad. Revista nodo, Vol. 8(nº 16), 87-98.
- Del Rio, M. y Sainz, A. (2011). “La evolución de los sistemas constructivos en tierra.” Construcción con tierra Tecnología y Arquitectura. Congreso de arquitectura de tierra en cuenca de campos. p. 57-68. Valladolid. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. España
- DANE. (2005). Boletín Censo general. Perfil Pelaya - Cesar. Censos de población, Pelaya – Cesar.
- DANE. (2005). Colombia proyecciones de población municipal por área 2005 – 2020. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/ProyeccionMunicipios2005\\_2020.xls](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/ProyeccionMunicipios2005_2020.xls)

DANE (2018) Boletín técnico déficit habitacional CNPV.

<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/deficit-habitacional/deficit-hab-2020-boletin.pdf>

DANE (2020) La información del DANE en la toma de decisiones regionales. Valledupar Cesar.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, 2009. Déficit de vivienda en Colombia, en base al censo de 2005 [en línea]. Disponible en internet: [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=473:deficit-de-vivienda-&catid=87:calidad-de-vida&Itemid=1](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=473:deficit-de-vivienda-&catid=87:calidad-de-vida&Itemid=1)

Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente. Del País Vasco. (1999). “Construcción y medio ambiente” Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Bilbao, País Vasco.

Doménech, J. (2007). “Huella ecológica y desarrollo sostenible” © AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación. España.

Domínguez, C. (2007). “Arquitectura e Identidad a través del tiempo” Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. México.

DPN (2015) Ficha de caracterización Municipio Pelaya. Departamento nacional de planeación.

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/admon/files/empresas/ZW1wcmVzYV83Ng==/archivos/1450101465\\_d092811860bc60da382a0bd8b3f0aa90.pdf](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/admon/files/empresas/ZW1wcmVzYV83Ng==/archivos/1450101465_d092811860bc60da382a0bd8b3f0aa90.pdf)

Edwards, B., (2001) “Guía básica de la sostenibilidad” Editorial Gustavo Gili S.A.

EL PILÓN (2021) El Cesar, Uno de los departamentos más pobres del país. <https://elpilon.com.co/el-cesar-uno-de-los-departamentos-mas-pobres-del-pais/>

- Esperanza, L. (2013) “Transferencia tecnológica en un proyecto de vivienda sostenible con varias técnicas de construcción con tierra en Subachoque, Colombia.” Libro de Resúmenes, XIII SIACOT, Valparaíso, Chile.
- Garcés, D. y Hurtado G. (2016) “Características Bioclimáticas de la Arquitectura palafítica en el barrio puerto Cali” Universidad Católica de Manizales., Colombia.
- Geo PORTAL. DANE (2018) censo nacional de población y vivienda. Información con enfoque de género del CNPV 2018. <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/enfoque-genero/>
- González, P. (2010). El clima y principios de diseño arquitectura bioclimática en los andes tropicales. Proyecto final de máster UPC. Catalunya, España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gómez, A. (2016) “Hoja de cálculo Clima y bioclima” Caracterización climática, diagnóstico de confort. Universidad de Colima, México.
- Guerrero, L. (2011) “Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia” Bitácora Arquitectura, No. 22. p. 6-13. Facultad de arquitectura, UNAM, Ciudad de México, México.
- Guerrero, L. (2007) “Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva” Revista Apuntes vol. 20, núm. 2 p, 182-201 Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Humboldt, A. (2014) Bosques secos tropicales en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.
- Hurtado de Barrera, J. (2008). “La investigación proyectiva.” Recuperado el 26 de julio de 2018, de Investigación holística: <https://investigacionholistica.blogspot.com/2008/02/la-investigacion-proyectiva.html>



- IGAC. (1996), "Diccionario geográfico de Colombia" tomo III. IGAC Ediciones, p 1654, Colombia Characterp
- Ijigah E. A., Jimoh R. A., Aruleba B. O., and Ade A. B. (2013), "An assessment of environmental impacts of building construction projects." *Civil and Environmental Research*, 3(1): 93-105.
- Larrain, J. (2003), "El concepto de identidad" *Revista FAMECOS*, n. 21, p. 30-42 Porto Alegre, Brasil.
- Laboratorio de ingeniería sostenible. (2010). "Huella ecológica del cemento. Cálculo de la huella ecológica de una industria cementera y propuesta de medidas de ingeniería sostenible destinadas a su reducción" *Laboratorio de ingeniería sostenible, Fundación de la Ingeniería Civil de Galicia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidade da Coruña. España.*
- Levin H. (1997), *Systematic evaluation and assessment of building environmental performance (SEABEP)*, paper for presentation to "Buildings and Environment", Paris,
- Li X., Zhu Y. and Zhang Z. (2010), "An LCA-based environmental impact assessment model for construction processes" *Building and Environment*, 45(3):766-775.
- Lyon, A., García, R. (2013), "Forma arquitectónica y estructura a través de la optimización topológica, Nuevos Métodos para Antiguos Problemas" *Revista AUS No.14* p. 27 – 30. Universidad Austral de Chile. UACH. Chile.
- Lyon, A., García, R. (2013) *Diseño paramétrico en Arquitectura; método, técnicas y aplicaciones. ARQUISUR revista n° 3* p. 16-27. Santiago, Chile.

- Macho, M. (2002), “¿Qué es la Topología?” Sigma: revista de matemáticas = matematika aldizkaria, N° 20, 2002, p. 63-77. La Universidad del País Vasco (Euskal Herriko Unibertsitatea; UPV/EHU) País Vasco
- Mansfield, M. (1974), “Introducción a la topología” Editorial la Alhambra, S. A. Madrid, España.
- Martínez, C. (2018). “Investigación Descriptiva: Tipos y Características” Recuperado el 26 de julio de 2018, de lifeder.com: <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>
- Martínez, L. (2011), “La percepción del confort. Análisis de los parámetros de diseño y ambientales mediante Ingeniería Kansei: Aplicación a la biblioteca de Ingeniería del Diseño” Editorial Universitat Politècnica de València, UPV. Valencia, España.
- Martínez, P. (2003), “Diseño Óptimo Simultáneo De Topología Y Geometría De Estructuras Articuladas Mediante Técnicas De Crecimiento” Departamento De Estructuras Y Construcción. Universidad Politécnica De Cartagena. España.
- Millán, C., Begambre, O. (2014), “Solución de problemas de optimización topológica empleando el Algoritmo Simulated Annealing Modificado” Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería. p. 65 - 125 Universitat Politècnica de Catalunya, España
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. República de Colombia. (2012), “Criterios Ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana” Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia
- MinTrabajo (2014) Plan Departamental de Empleo del Cesar. Edición Ministerio del Trabajo,

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/18989457/Plan+de+Empleo+d e+Cesar.pdf/5e3660cb-96ae-cc8c-03d4-6f23bffa84f2?version=1.0>

National Academy of Sciences, NAS (2005). “Facilitating interdisciplinary” Research. Washington: The National Academies Press.

Noguera, I. (2009). “Aplicaciones arquitectónicas de la Teoría de grafos.” Departamento de Matemática Aplicada Universidad Politécnica De Valencia, UPV. Valencia, España.

Nottoli, H. (1998). “Teoría de grafos. Aplicaciones al diseño arquitectónico” Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires. Educación Matemática Vol. 10 No. 3 pp. 103-108. Buenos Aires, Argentina.

Olgay, V. (1998). “Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.” Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, España.

Recondo, R. (2006). “Restauración e Identidad, salvando la memoria” Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 0, núm. 0, Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Matanzas, Cuba.

Restrepo, D. (2018) “La casa de los 4 Elementos.” Revista Axxis. Arquitectura, diseño, decoración. No. 29. Ediciones Gamma. Colombia

Rivera, J.C. (2012). “El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales” Revista Apuntes 25 (2): 164 – 181. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Rodríguez, J. (2010). “Casa bioclimática Canarias, España -Arq. José Luis Rodriguez Gil” Recuperado el 1 de 05 de 2019, de Apuntes - revista digital de arquitectura. Canarias, España.<http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2018/01/casa-bioclimatica-canarias-espana-arq.html>

- Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). “Metodología de la investigación”  
Recuperado de  
[https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
- Sánchez, L. (1998) “Memorias desde Pelaya.” Primera edición, Publicaciones UIS.  
Bucaramanga, Santander. Colombia
- Sánchez, L. (2005) Crónicas de Pelaya. 66 años de Historia. (1° Ed.) Universidad Industrial de Santander.
- Sánchez, E., Kulsum Ahmed, T., Awe, Y., Banco Mundial, (2007). “Prioridades ambientales para la reducción de la pobreza en Colombia.” Mayol Ediciones S.A.
- Sánchez, S. (2012). “optimización estructural y topológica de estructuras morfológicamente no definidas mediante algoritmos gen éticos” Editorial Universitat Politècnica de València, UPV. Valencia, España.
- Simancas, K. (2005). “Reacondicionamiento Bioclimático De viviendas de Segunda Residencia en clima Mediterráneo” Universidad politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- United Nations Population Fundation, UNFPA, 2007. Estado de la población mundial 2007. Indicadores demográficos, sociales y económicos [en línea]. pp. 90-93  
Disponible en internet:  
[http://www.unfpa.org/swp/2007/spanish/notes/indicators/s\\_indicator2.pdf](http://www.unfpa.org/swp/2007/spanish/notes/indicators/s_indicator2.pdf).
- United Nations Environment Programme, UNEP, 2009. Submission of the United Nations Environment Programme (UNEP) Sustainable Building Initiative (SBCI) to the Ad Hoc Working Group on Long- Term Cooperative Action under the Convention

(AWG-LCA) [en línea]. Disponible en internet:  
<http://unfccc.int/resource/docs/2009/smsn/igo/044.pdf>

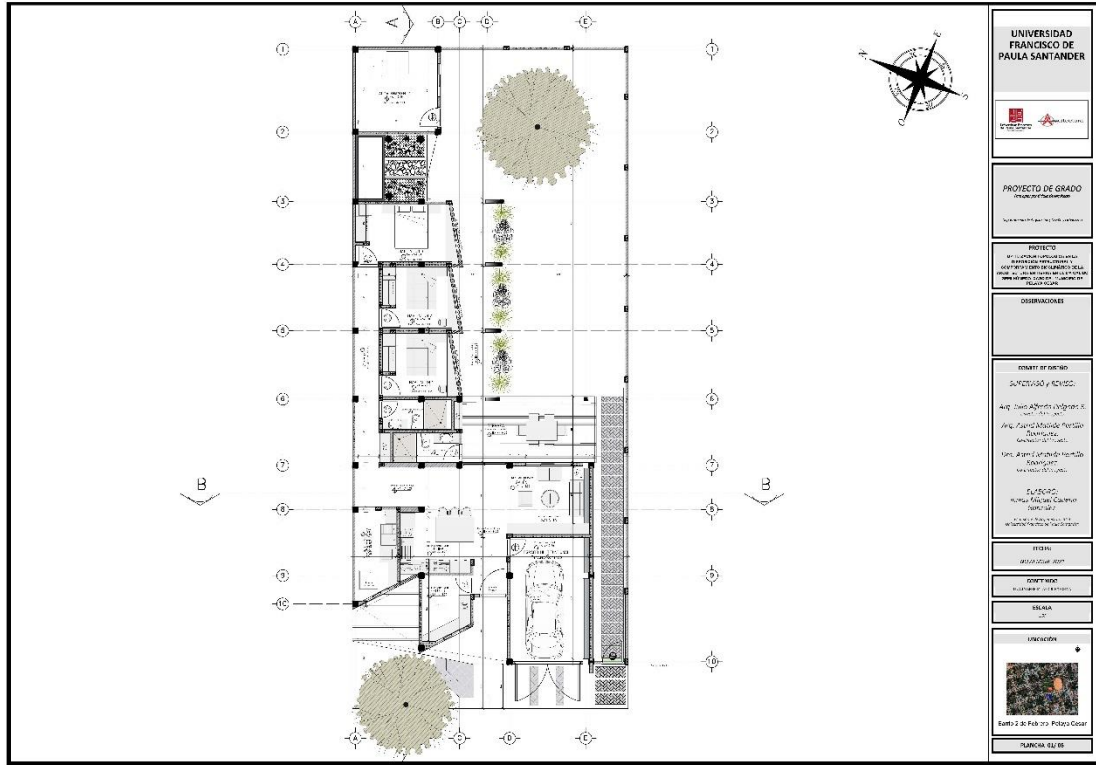
UPRA (2019). Informalidad de la tenencia de la tierra en Colombia 2019. Min  
Agricultura.

[https://www.upra.gov.co/documents/10184/104284/01\\_informalidad\\_tenencias\\_t  
ierras](https://www.upra.gov.co/documents/10184/104284/01_informalidad_tenencias_t<br/>ierras)

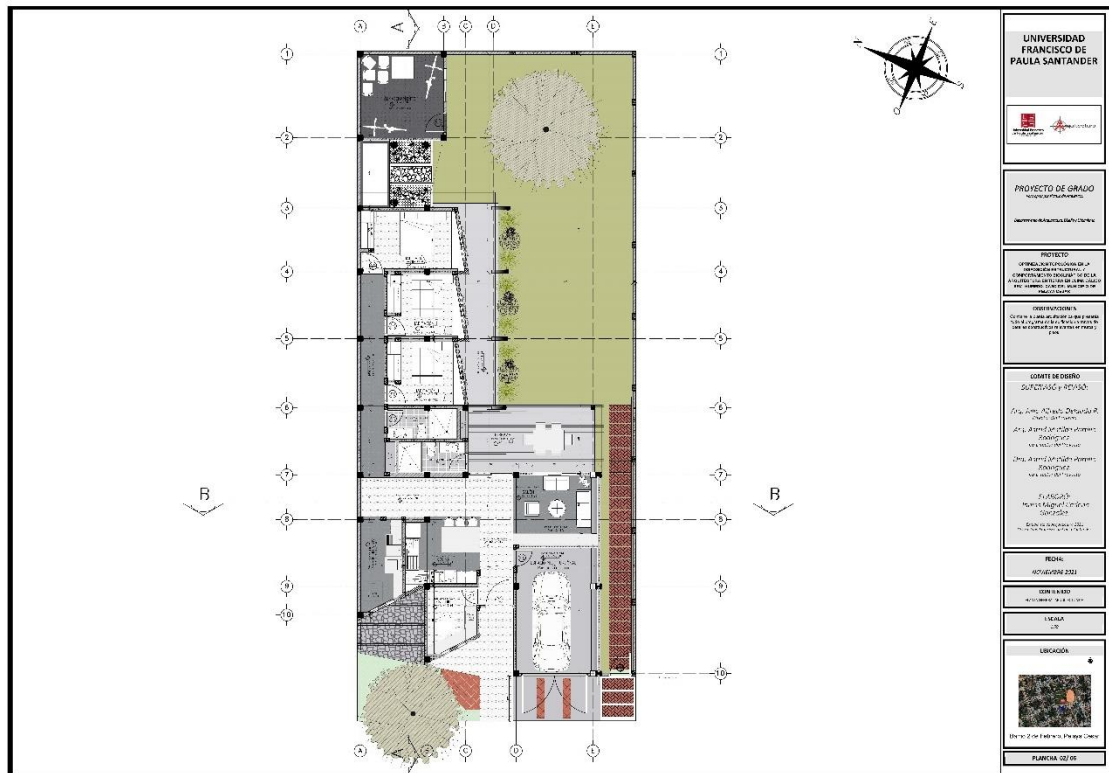
World Green Building Council (WorldGBC), 2008. Construction and WorldGBC to  
Collect Global Green Trends Data to Advance the Sharing of Green Information  
and Intelligence. McGraw- Hill. New York.

Yuste, B. (2016). “Arquitectura de tierra caracterización de los tipos edificatorios”  
Departament de construccions arquitectòniques. Universidad Politécnica de  
Cataluña. Cataluña, España.

**Anexos**

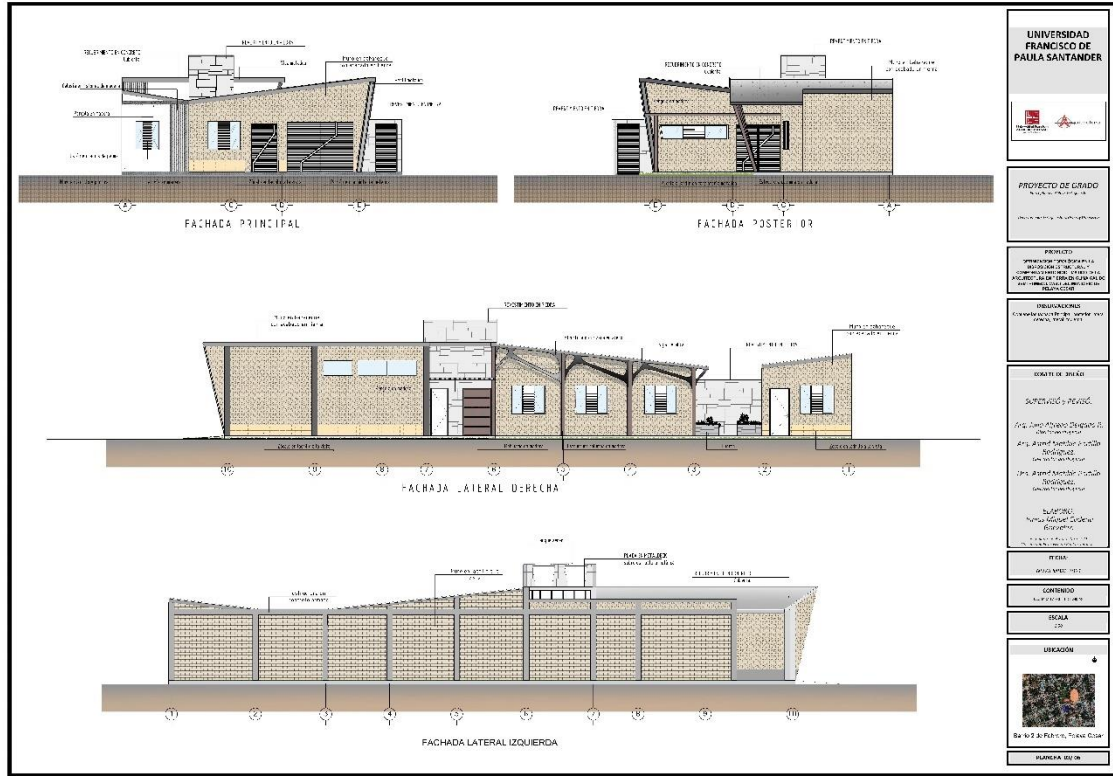


Anexo 1. Plano arquitectónico de implantación.

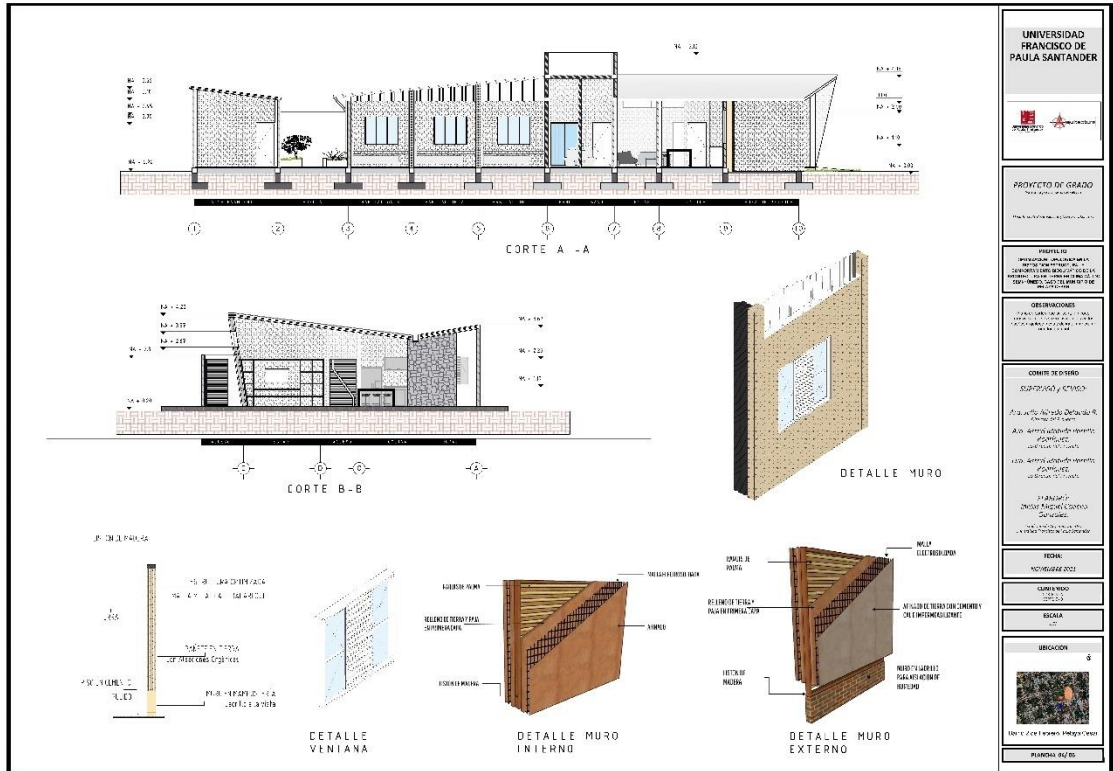


Anexo 2. Plano planta arquitectónica.



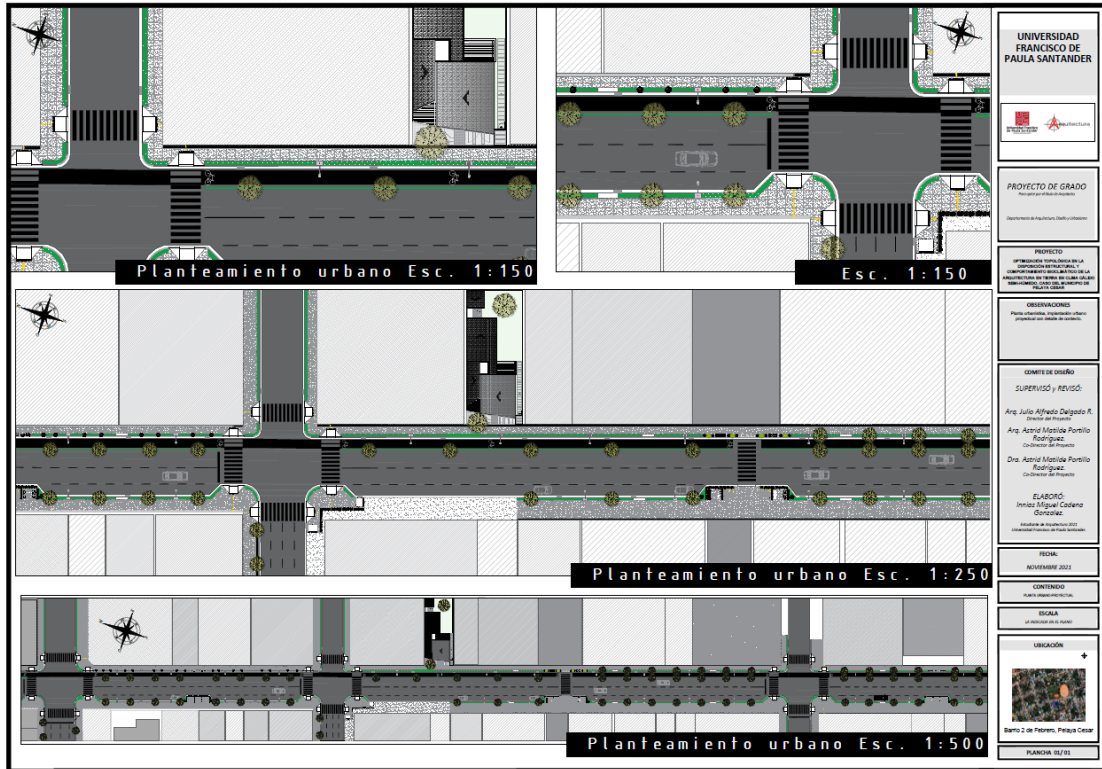


Anexo 3. Planos de fachadas arquitectónicas.



Anexo 4. Plano de corte transversal, longitudinal y detalles.





Anexo 7. Plano urbano ambiental.

Ubicación		Materiales usados					
Cabecera municipal, Pelaya Cesar		Tierra	Zinc	Cemento	Madera	Lata	Pintura
Manzana	0201						
Código asignado	Cód. 0001						
<p>Evidencia fotográfica: fuente propia</p>	Tipología	Vivienda Unifamiliar					
	Planta	Rectangular					
	Número de plantas	1					
	Altura	2 - 3 metros					
	Estado actual	Aceptable					
Técnica Constructiva	Técnica empleada	Bahareque					
	Protección frente al agua	Base	En tierra, sin cimentación				
		Revoco	Tierra, revestida con pintura blanca				
Cubierta	A dos aguas, con zinc como material principal						
Diagnóstico							
Estado actual aceptable con patologías en el revestimiento, presentando desprendimiento y fisuras en la fachada. Uso del zinc como material para cubierta, generando aumento de temperatura en el interior de la vivienda.							

Anexo 8. Catálogo de edificaciones. 194 viviendas catalogadas. Documento completo anexo a junto a este.



**UFPS** Universidad Francisco de Paula Santander

**CUESTIONARIO.**

El siguiente trabajo académico tiene como objetivo Determinar la percepción de la temperatura o sensación térmica de la población al mismo tiempo que se identifica la el imaginario social de la arquitectura en tierra en el municipio y sus cualidades estéticas y de confort. Los datos aquí recolectados serán utilizados solamente de manera académica

-Las temperaturas que percibe son:

Muy altas       Altas       confortables       Frías       Muy Frías

-¿siente confort en la vivienda en que habita, relacionado con las temperaturas que se registran últimamente? ¿por qué? Si porque la temperatura estable, ni muy fría o muy caliente

-¿A qué horas del día o de la noche siente alta la temperatura (calor)? 11 a.m.

-¿A qué horas del día o de la noche sientes baja la temperatura (fresco)? 6 p.m.



-¿ha estado en una vivienda con muros de tierra, en bahareque o tapia pisada?, Si ha estado, ¿sintió el espacio mas fresco o mas cálido? Si he estado en sitios así y claro se siente mas fresco

-¿Siente que la arquitectura en tierra y cubierta de palma es fea estéticamente? O por el contrario ¿se pueden hacer cosas espectaculares? Me parece bonito

Donde vive ¿ve construcciones de Tierra o Arcilla? ¿Qué piensa de ello? Si y pienso que son frescas y agradables de habitar

-Construiría con sistemas constructivos basados en tierra? ¿Por qué? Si

Arquitectura Taller vertical II – 1er Sem. 2018

Anexo 9. Encuestas de percepción del calor y el uso de técnicas constructivas en tierra.



Anexo 10. Certificado: XV CIATTI 2018. Antecedente de la Investigación en tierra y pelaya.



Anexo 11. Certificado: II Encuentro Interinstitucional de Semilleros de Investigación.

## Fotonoticia UFPS

### Estudiante y docentes UFPS publican artículo de investigación en Revista Científica



Innias Miguel Cadena González, estudiante de Arquitectura, y los docentes Julio Alfredo Delgado Rojas y Mawency Vergel Ortega, publicaron recientemente en la Revista Logos Ciencia y Tecnología, el artículo resultado de la investigación "Geometrización de indicadores urbanos como herramienta didáctica para el desarrollo de competencias investigativas en estudiantes de Arquitectura".

El trabajo se encuentra enmarcado en la línea de investigación matemática aplicada de la Maestría en Educación Matemática – Grupo Euler, y fue desarrollado con apoyo de las asignaturas: taller de diseño, matemáticas, geometría y arquitectura de este mismo Programa.

El artículo tuvo por objetivo diseñar un mosaico a partir de técnicas geométricas para generar una composición por medio de patrones y expresiones matemáticas. Para ello se identificaron estrategias en la generación de mosaicos y teselas, se estableció un proceso de diseño para un mosaico y se mostró un nuevo diseño de tesela para generar un mosaico artístico geométrico.

Los mosaicos y teselados han servido como un juego de patrones con tendencias artísticas que suelen ser utilizados en distintos contextos como azulejos para pisos, baldosas o murales, cuadros y en algoritmos matemáticos o diseños arquitectónicos.

**UFPS** Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Vigilada Mineducación



UFPS Cúcuta



@UFPSCÚCUTA



UFPSCÚCUTATV



@UFPSCÚCUTA

[www.ufps.edu.co](http://www.ufps.edu.co)





Anexo 13. Equipo de investigación. Marco del XIV encuentro de matemática aplicada + XI encuentro de estadística.



Anexo 14. Semillero Eco-hábitat. Equipo de investigación y ponentes en el EIAC 2019





Anexo 15. Equipo de investigación: IV Encuentro Regional de Semilleros de Investigación. Red COLSI 2018



Anexo 16. Asistencia ponente encuentro nacional e internacional de semilleros, representación UFPS. Valledupar octubre 2019.



Anexo 17. Certificado encuentro nacional e internacional de semilleros, representación UFPS. Valledupar octubre 2019.



Anexo 18. Certificado participación 7th International Week of Science, Technology and innovation. 2020



Anexo 19. Presentación ponencia internacional. 5+1 Material and Plasma. Medellín Colombia 2021



Anexo 20. Certificado ponencia internacional. 5+1 Material and Plasma. Medellín Colombia 2021

## Patrones en mosaicos Y Teselados desde Composiciones Geométricas\*

Patterns in Mosaics and Tessellations from Geometric Compositions

\*

Padrões em Mosaicos e Tessellations de Composições Geométricas \*

Innias Miguel Cadena González\*\*

Mawency Vergel Ortega\*\*\*

Julio Alfredo Delgado Rojas\*\*\*\*

Universidad Francisco De Paula Santander- Colombia

Fecha de recepción del artículo: 13 de agosto de 2017

Fecha de aceptación del artículo: 18 de marzo de 2018

Fecha de Publicación: 01 de Abril de 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v10i2.569>

\*Artículo resultado de la Investigación "Geometrización de Indicadores Urbanos como herramienta didáctica para el desarrollo de competencias investigativas en estudiantes de arquitectura" enmarcada en la línea de investigación matemática aplicada de la Maestría en Educación Matemática-grupo Euler, desarrollada con apoyo de asignaturas Taller de Diseño y matemáticas, geometría y arquitectura del programa Arquitectura de la Universidad Francisco de Paula Santander.

\*\* Arquitecto en formación. Filiación: Universidad Francisco de Paula Santander. Correo electrónico: [miguel\\_cadena423@hotmail.com](mailto:miguel_cadena423@hotmail.com). Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-3616-3077>

\*\*\*Maestrante en Educación Matemática, Arquitecto. Filiación: Universidad Francisco de Paula Santander. Correo electrónico: [julioalfredo@ufps.edu.co](mailto:julioalfredo@ufps.edu.co) Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6944-882X>

\*\*\*\*Doctora en Educación, Postdoctora en Imaginarios y representaciones sociales. Filiación: Universidad Francisco de Paula Santander. Correo electrónico: [mawency@ufps.edu.co](mailto:mawency@ufps.edu.co). Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8288-2968>

### Resumen

La investigación tiene por objeto geometrizar indicadores del espacio público. A partir de una

metodología de diseño geométrica se generaron teselas que respondieran a la lógica matemática, y conservara un carácter artístico asociado a la cultura de la región de frontera, al encargarse de estudiar la cualidades y propiedades de las formas que se pueden encontrar en el espacio habitable o en ejercicios teóricos matemáticos. Resultados presentan una composición geométrica definida como teselado utilizada para recubrir distintos planos. Conclusión: La exploración de formas y figuras presenta como resultado un teselado apropiado a la cultura de la ciudad de Cúcuta, el cual comprende dos piezas articuladas para formar un mosaico que responde a la lógica de diseño inspirada en M. C. Escher.

**Palabras clave:** mosaico, teselado, composición geométrica

### Abstract

The Geometry, in charge of studying the qualities and properties of the forms that can be found in the habitable space or in mathematical theoretical exercises, can be used as a tool to







## Celosía set di Lucidi, juego de transparencias desde nuevas piezas cerámicas

Lattice set di Lucidi, transparency game from new ceramic pieces

Innias Miguel Cadena-Gonzalez<sup>1</sup>, Andrés Leonardo Galiano-Sánchez<sup>2</sup>, Nelson Yamid Acevedo-Salazar<sup>3</sup>, Astrid Matilde Portillo Rodríguez<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Arquitecto en formación, [inniasmiguel-g@ufps.edu.co](mailto:inniasmiguel-g@ufps.edu.co), [orcid.org/0000-0002-3616-3077](https://orcid.org/0000-0002-3616-3077), Tel. +57 3106885887 Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

<sup>2</sup>Arquitecto en formación, [andresleonardog@ufps.edu.co](mailto:andresleonardog@ufps.edu.co), [orcid.org/0000-0001-6947-2418](https://orcid.org/0000-0001-6947-2418), Tel. +57 31227388524, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

<sup>3</sup>Arquitecto en formación, [nelsonyamid@ufps.edu.co](mailto:nelsonyamid@ufps.edu.co), [orcid.org/0000-0002-8995-8906](https://orcid.org/0000-0002-8995-8906), Tel. +57 3153320654, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

<sup>4</sup> MSc en Ciencia y Tecnología de Materiales, [astridmatildepr@ufps.edu.co](mailto:astridmatildepr@ufps.edu.co), [orcid.org/0000-0003-4938-1839](https://orcid.org/0000-0003-4938-1839), Tel. +57 317 4394389, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

**How to cite:** I.M Cadena-Gonzalez, A.L. Galiano-Sanchez, N.Y Acevedo-Salazar, A.M Portillo-Rodriguez "Celosía set di Lucidi, juego de transparencias desde nuevas piezas cerámicas". *Respuestas*, vol. 25, no. S2, pp. 36-45, 2020.

Received on August 09, 2019; Approved on November 10, 2019

### ABSTRACT

#### Keywords:

Architecture,  
ceramic pieces,  
constructive solutions,  
latticework,  
thermal comfort.

In architecture it is necessary to always articulate the guidelines of comfort in the designs, and these can be very delimited according to the comfort one wishes to solve, so to speak of thermal comfort can result from the diverse use of passive and active techniques of bioclimatic. Focused on the solution of passive techniques, the lattices are presented, as a technique of ventilation and natural lighting to the architectural spaces, but at the same time it is a technique with little innovation and technological updating, for which reason the present investigation proposes the design of lattices as passive thermal comfort techniques applied to facades from the combination of metal structures that serve as an assembly between the modules. The design starts from a methodology of three phases, which present analysis of the context, documentary research, and design proposal, articulating specialized software such as AutoCAD and Revit for modeling and solar analysis, and applying similar research results in the planimetry of the piece. The result is a design of a lattice without enamel that can be used from non-structural modules such as the skin of the building, which has a particular design that responds to thermal comfort components and technical and technological innovation in the San José de Cúcuta region, in Norte de Santander.

### RESUMEN

#### Palabras clave:

Arquitectura,  
celosía,  
confort térmico,  
piezas cerámicas,  
soluciones constructivas.

En la arquitectura es necesario articular siempre los lineamientos de confort en los diseños, y estos pueden estar muy delimitados según sea el bienestar que se desee resolver, por lo que hablar de confort térmico puede dar como resultado el uso diversas de técnicas pasivas y activas de bioclimática. Enfocado en la solución de técnicas pasivas se presentan las celosías, como método de ventilación e iluminación natural en los espacios arquitectónicos, pero que a su vez es un sistema con poca innovación y actualización tecnológica, por lo que la presente investigación plantea el diseño de celosías como técnicas pasivas para la comodidad térmica aplicado en fachadas desde la combinación de estructuras metálicas que cumplan la función de ensamble entre los módulos. El diseño parte desde una metodología de tres fases, que presentan análisis del contexto, investigación documental, y propuesta de diseño, articulando software especializados como AutoCAD Y Revit para el modelado y análisis solar, aplicando resultados de investigaciones similares en la planimetría de la pieza. El resultado es de diseño de una celosía sin esmalte que puede ser usada desde módulos no estructurales como la piel del edificio, que presenta un desempeño particular que responde a componentes de confort térmico y de innovación técnica y tecnológica en la región de San José de Cúcuta, en Norte de Santander.

\*Corresponding author: [inniasmiguelg@ufps.edu.co](mailto:inniasmiguelg@ufps.edu.co) Innias Miguel Cadena-Gonzalez

Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.  
This is an article under the license CC-BY-ND



RECIBIDO EL 6 DE OCTUBRE DE 2019 - ACEPTADO EL 10 DE ENERO DE 2020

# OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL Y ARQUITECTÓNICA DESDE LÓGICAS TOPOLÓGICAS A SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE ARQUITECTURA EN TIERRA EN PELAYA, CESAR

## STRUCTURAL AND ARCHITECTURAL OPTIMIZATION FROM TOPOLOGICAL LOGICS TO CONSTRUCTIVE SOLUTIONS FOR LAND ARCHITECTURE IN PELAYA CESAR

**Innias Miguel Cadena- González<sup>1</sup>**

**Julio Alfredo Delgado-Rojas<sup>2</sup>**

**Mawency Vergel-Ortega<sup>3</sup>**

Universidad Francisco de Paula Santander,

Cúcuta, Colombia

<sup>1</sup> Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Facultad educación, artes y humanidades, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. [inniasmiguelcg@ufps.edu.co](mailto:inniasmiguelcg@ufps.edu.co) <https://orcid.org/0000-0002-3616-3077>

<sup>2</sup> Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia [julioalfredo@ufps.edu.co](mailto:julioalfredo@ufps.edu.co) <https://orcid.org/0000-0001-6944-832X>

<sup>3</sup> Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia . . [mawency@ufps.edu.co](mailto:mawency@ufps.edu.co), <https://orcid.org/0000-0001-8285-2968>

**Anexo 23. Artículo publicado, Exploración de la topología como método de optimización estructural. Artículo anexo a este documento**

## Topological stereotomic structure with the use of palm rachis applying material physics to architectural design

I M Cadena González<sup>1</sup>, M Vergel Ortega<sup>1</sup>, and H J Gallardo Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia

E-mail: henrygallardo@ufps.edu.co


**Abstract.** The use of ancestral construction techniques in wood has evolved throughout history, but consequently many species have been disappearing after indiscriminate logging; but the use of renewable materials is what is needed in the present and in the future after the global pollution and the ecological footprint of materials such as iron or concrete, so it is necessary to glimpse new building materials from a renewable approach. To this end, this research focuses on the application of physicochemistry and physics of materials to establish the feasibility of using *Attalea Butyracea* palm rachis as a sustainable material with a novel application in the field of architecture. For this purpose, a methodology of morphological configuration is applied that appropriates the identification of specific physical properties together with notions of geometry and topology applying the concept of topological stereotomic configuration from the operational tools and morphological actions of the Lucas Peries fold, resulting in a proposal for a topological stereotomic structure applied to the architectural design of buildings in the municipality of Pelaya, Colombia.

### 1. Introduction

The research focuses on the study of the *Attalea Butyracea* palm the study of its physicochemical properties due to the mechanical characteristics of its rachis for construction and its wide presence throughout the Colombian territory and specifically for the study in the department of Cesar [1]. Traditionally, palm rachis has been used in the construction of ecological bricks used in the construction of mezzanines [2,3] and paper [4], however, this research proposes the use of palm rachis in the elaboration of strips to be used in construction, with the advantage of offering in this way, materials of very low price, but of great resistance, that facilitate the construction of houses in regions with low-income inhabitants.

The use of renewable materials for construction in the current context becomes completely necessary after the environmental emergency that is presented either by climate change, or the ecological footprint left by our buildings [5-7]. But the use of renewable materials such as wood leaves the door open to indiscriminate and uncontrolled illegal logging since, according to the World Wildlife Fund, there are 796 endangered plant species in Colombia due to problems such as climate change, deforestation, and illegal timber extraction [8], making it necessary to find new building materials that can have a renewable approach and allow their cultivation and mass production without affecting their population.

The rachis is a type of spine or column that articulates the leaves of a palm tree, which together give shape to the leaf or stalk of the palm. It can be used to make slats with different mechanical properties according to the stage of development of the stalk [9]. The study is carried out with the *Attalea butyracea* plant, which is characterized by a stipe of 4 meter to 10 meter in height depending on the age of the

 Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 3.0 licence](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.  
Published under licence by IOP Publishing Ltd

1



# ARQUITECTURA EN TIERRA. RAQUIS DE PALMA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TIERRA<sup>1</sup>

## EARTHEN ARCHITECTURE. PALM RACHIS AS A STRUCTURAL ELEMENT FOR EARTHEN CONSTRUCTION SYSTEMS

Innias Miguel Cadena-Gonzalez<sup>2</sup>

Bryan Leonardo Méndez Molina<sup>3</sup>

Mawency Vergel Ortega<sup>4</sup>

UFPS

489

### RESUMEN

La Arquitectura en tierra presenta un referente constructivo muy importante como

<sup>1</sup> Proyecto de investigación optimización topológica en modulaciones Arquitectónicas para sistemas constructivos En tierra proyecto financiado por Ministerio de Ciencia tecnología e innovación MinCiencias Colombia y Universidad Francisco de Paula Santander "Convocatoria Jóvenes Investigadores e Innovadores en el marco de la reactivación económica 2021".

<sup>2</sup> Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Facultad educación, artes y humanidades, Universidad Francisco de Paula Santander, [inniasmiguelcg@ufps.edu.co](mailto:inniasmiguelcg@ufps.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0002-3616-3077>

<sup>3</sup> Departamento de Biología, Universidad Francisco de Paula Santander, [Brayanleonardomm@ufps.edu.co](mailto:Brayanleonardomm@ufps.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0003-3925-7375>

<sup>4</sup> Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Francisco de Paula Santander, [mawency@ufps.edu.co](mailto:mawency@ufps.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0001-8285-2968>

es el bahareque, un sistema de construcción que ofrece viabilidad por las características estructurales que puede articular una edificación y la factibilidad de utilizar distintos tipos de maderas para su elaboración. Para efectos de este estudio, la investigación se enfoca en la planta *Attalea butyracea*, una palma presente en gran parte del continente americano, con antecedentes de uso desde tiempos precolombinos en gran cantidad de actividades diarias y uso artesanal en muchas regiones del país, extendiéndose en gran parte del territorio colombiano hasta el punto de ser considerada maleza. La investigación se centra en una revisión documental a nivel internacional,