

	GESTION DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

### AUTOR

NOMBRE(S): Carlos Adolfo      APELLIDOS: Lizcano Galvis

FACULTAD: Educación, Artes y Humanidades

PLAN DE ESTUDIOS: Arquitectura

DIRECTOR: NOMBRE(S): Jannette      APELLIDOS: Díaz Umaña

CODIRECTOR: NOMBRE(S): Andrés Alberto      APELLIDOS: Álvarez Bayona

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE “Propuesta arquitectónica con tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia”.

### RESUMEN

Se recopila información sobre técnicas de construcción vernácula como la Tapia Pisada, el Bahareque y el Adobe para resaltar el uso del Cob por ser un método que no requiere herramientas, es moldeable, monolítico y se puede combinar con la guadua como sistema estructural. Previo a esto, se hace imprescindible realizar un registro de las técnicas constructivas y costumbres de una comunidad en condiciones precarias, que hace parte del crecimiento informal de Cúcuta.

Por consiguiente, se propone un modelo de vivienda digna con materiales naturales alcanzando así el confort y equilibrio ambiental. Parte de los objetivos es presentar la propuesta arquitectónica de forma descriptiva, mediante un manual ilustrado, que abarca pasos como: selección del área, nivelación y contención del terreno, instalaciones sanitarias, cimentación, muros, cubierta, instalaciones eléctricas y acabados entre otros. Facilitando la comprensión de los procesos constructivos y la práctica constructiva, de modo que puede ser acogido por los habitantes, así, promover las actividades familiares que propendan por el mejoramiento de la calidad de vida, autoconstrucción, apropiación y adaptación el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Autoconstrucción, Confort, Ecología, Identidad, Vivienda.

### CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 194 FOTOGRAFÍAS: 36 FIGURAS: 108 CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

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

Cúcuta, 30 de agosto del 2018

Señores

**BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS**

Ciudad

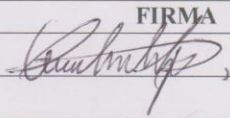
Cordial saludo:

Carlos Adolfo Lizcano Galvis, identificado con la C.C. N° 1'090.478.164, autor de la tesis titulada **VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE**, "Propuesta arquitectónica con tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia. Presentada y aprobada en el año 2018 como requisito para optar al título de Arquitectura; 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 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.
- Permia la consulta, la reproducción parcial o total, a los usuarios interesados en el contenido de éste trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet, entre otros; 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 de grado son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Para constancia se firma el presente documento en la ciudad de San José de Cúcuta, a los 0 días del mes de agosto del 2018.

NOMBRE DEL AUTOR	N° DE CÉDULA	FIRMA
Carlos Adolfo Lizcano Galvis	1090478164	

VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE “PROPUESTA  
ARQUITECTÓNICA CON TIERRA, PAJA, PIEDRA, MADERA Y MATERIALES  
RECICLADOS EN EL BARRIO NIDIA DE LA CIUDAD SAN JOSÉ DE CÚCUTA,  
COLOMBIA”

CARLOS ADOLFO LIZCANO GALVIS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES  
ARQUITECTURA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
COLOMBIA

2018

VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE “PROPUESTA  
ARQUITECTÓNICA CON TIERRA, PAJA, PIEDRA, MADERA Y MATERIALES  
RECICLADOS EN EL BARRIO NIDIA DE LA CIUDAD SAN JOSÉ DE CÚCUTA,  
COLOMBIA”

CARLOS ADOLFO LIZCANO GALVIS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de arquitecto

JANNETTE DÍAZ UMAÑA

Arquitecta

ANDRÉS ALBERTO ÁLVAREZ BAYONA

Arquitecto

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES

ARQUITECTURA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

COLOMBIA

2018

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

Fecha: San José de Cúcuta, 14 de agosto de 2018

**TITULO:** "VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE,  
PROPUESTA ARQUITECTÓNICA CON TIERRA, PAJA, PIEDRA, MADERA Y  
MATERIALES RECICLADOS EN EL BARRIO NIDIA DE LA CIUDAD SAN JOSE DE  
CUCUTA, COLOMBIA"

**Presentado por:** CARLOS ADOLFO LIZCANO GALVIS Código 1500603

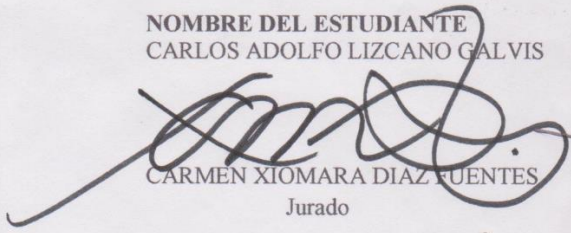
**JURADO**  
CARMEN XIOMARA DIAZ FUENTES  
JAVIER ANDRES LEMUS TORRES  
MIGUEL PEÑARANDA CANAL

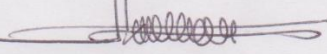
**DIRECTOR:** YANNETTE DIAZ UMAÑA

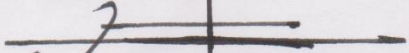
**CO- DIRECTOR** ANDRES ALVAREZ - docente de la Universidad Autónoma Metropolitana  
de México


**NOMBRE DEL ESTUDIANTE**  
CARLOS ADOLFO LIZCANO GALVIS

**CALIFICACIÓN** 4.0 **A. M. L.**  
APROBADO

  
CARMEN XIOMARA DIAZ FUENTES  
Jurado

  
JAVIER ANDRES LEMUS TORRES  
Jurado

  
MIGUEL PEÑARANDA CANAL  
Jurado

  
CARMEN XIOMARA DIAZ FUENTES  
Coordinadora (e) Comité Curricular

## Contenido

Introducción	21
1 El Problema	22
1.1 Planteamiento del Problema	22
1.2 Formulación del Problema	24
1.3 Objetivo General	24
1.4 Objetivos Específicos	25
1.5 Justificación	25
1.6 Descripción del Proyecto	28
2 Marco Referencial	33
2.1 Antecedentes	33
2.1.1 Antecedentes internacionales	33
2.1.2 Antecedentes nacionales	41
2.2 Marco Conceptual	48
2.2.1 La vivienda familiar como espacio de desarrollo	48
2.2.2 La construcción con materiales naturales	51
2.2.3 La ecología en la arquitectura vernácula.	57
3 Horizonte metodológico	62
3.1 Tipo de investigación	62
3.1.1 Investigación documental	62
3.1.2 Investigación proyectiva	63
3.2 Enfoque	63
3.3 Población	64

3.4 Muestra	64
3.5 Técnica para recolección de datos	65
3.5.1 Observación	65
3.5.2 Instrumentos	65
4 Aspectos administrativos	66
4.1 Cronograma	66
4.2 Descripción del cronograma	66
4.3 Presupuesto	67
5 Técnicas semejantes de construcción con tierra	68
5.1 La tierra como material de construcción	68
5.2 La Tapia Pisada	71
5.3 El adobe	77
5.4 El Bahareque	86
5.5 El Cob	94
6 Selección del método constructivo	104
6.1 Muros de Cob	105
6.2 Estructura de Guadua	106
6.3 Cubierta Domocaña	109
7 Lectura del contexto físico, arquitectónico y social	112
7.1 Características del entorno	113
7.2 Tipo de arquitectura y materiales	116
7.3 Los habitantes	132
7.4 Resultados	133

8. Proceso constructivo	135
8.1 Limpieza y selección del área	135
8.2 Nivelación del terreno	137
8.3 Contención	138
8.4 Trazado sobre el terreno	139
8.5 Instalaciones sanitarias	140
8.6 Cimentación	142
8.7 Muros de Cob	149
8.8 Instalaciones hidráulicas	155
8.9 Cubierta	157
8.10 Instalaciones eléctricas	160
8.11 Acabados y otros	161
9. Proceso de diseño	166
9.1 Planteamiento	166
9.2 Morfología y diseño de la vivienda	169
9.3 Estructura	175
9.3.1 Columnas de guadua	176
9.3.2 Vigas de amarre y cubierta	176
9.4 Confort	178
9.4.1 Iluminación	178
9.4.2 Ventilación	180
9.4.3 Control térmico y humedad relativa	181
9.4.4 Visuales	181
10. Propuesta arquitectónica	183



10.1 Planimetrías	183
10.2 Instalaciones	187
10.3 Cortes, fachadas y detalles	190
10.4 Detalle de materiales	193
10.5 Perspectivas	194
11 Conclusiones	198
Bibliografía	199
Anexos	203

## **Listado de fotografías**

Fotografía 1. Barrios informales sector anillo vial	27
Fotografía 2. San José de Cúcuta, barrio Nidia	29
Fotografía 3. Terreno del planteamiento	31
Fotografía 4. Espacio para el planteamiento	32
Fotografía 5. Shibam Wadi Hadhramaut Yemen	33
Fotografía 6. Shibam Yemen Interior	34
Fotografía 7. Imagen exterior de fachada	35
Fotografía 8. Viviendas apareadas	37
Fotografía 9. Earthship	39
Fotografía 10. Calle de Barichara	41
Fotografía 11. Imagen de tapiera beneficiaria en Sonsón, Antioquia	42
Fotografía 12. Casa Alero	43
Fotografía 13. Casa Terracota	44
Fotografía 14. Interior de la Casa Terracota	45
Fotografía 15. Casa en aldea Cochahuaira	46
Fotografía 16. Interior de Casa en aldea Cochahuaira	47
Fotografía 17. Fisuras de retracción en un muro de barro apisonado, Ecuador	73
Fotografía 18. Ensayo a la compresión normal	75
Fotografía 19. Ensayo a escala reducida. Casa de tapia de dos pisos reforzada con maderas	76

Fotografía 20. Muro en tierra	78
Fotografía 21. Elaboración de adobes en Ecuador	79
Fotografía 22. Capilla doctrinera de Tausa Vieja. Proceso de extracción de unidades de adobe	83
Fotografía 23. Caracterización mecánica en la ECI: compresión sobre muretes de adobe	84
Fotografía 24. Ensayo de tracción diagonal	85
Fotografía 25. Fotografía ensayo a escala reducida. Casa de adobe reforzada con maderas	86
Fotografía 26. Edificación de bahareque tradicional, Venezuela	88
Fotografía 27. Falla en pórtico de bahareque	92
Fotografía 28. Falla en la solera	92
Fotografía 29. Modelado de un banco con barro húmedo	94
Fotografía 30. Vivienda de 1410 en Cockington, Devon, Inglaterra	95
Fotografía 31. Preparación de la tierra	97
Fotografía 32. Mezcla de barro con paja lista para aplicar sobre el muro	98
Fotografía 33. Levantamiento de un muro de Cob	100
Fotografía 34. Muro de Cob	102
Fotografía 35. Prototipo enmarallado	110
Fotografía 36. Retícula armada	110

## Listado de figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto	29
Figura 2. San José de Cúcuta, barrio Nidia	30
Figura 3. Lote seleccionado, barrio Nidia	30
Figura 4. Identificación de la tierra apta para construcción	70
Figura 5. Encofrado para barro apisonado	72
Figura 6. Pisones utilizados para compactación manual	73
Figura 7. Complejo histórico de la Gran Convención en 3D	74
Figura 8. Prueba de sedimentación	80
Figura 9. Prueba de la bola	81
Figura 10. La arquitectura en tierra en Colombia y su relación en zonas de amenaza sísmica	82
Figura 11. Componentes del bahareque	88
Figura 12. Modelo de pórtico sin paneles	90
Figura 13. Modelo 2 Pórtico con paneles en bahareque encementado	91
Figura 14. Forma correcta e incorrecta de levantar el cob	99
Figura 15. Errores estructurales que provocan riesgos de derrumbe durante un sismo	101
Figura 16. Comparación de las técnicas de construcción con tierra	104
Figura 17. Soporte con una o dos orejas	108
Figura 18. Amarre cuadrado	108
Figura 19. Limpieza del terreno	136

Figura 20. Definición del área a nivelar	136
Figura 21. Excavación y relleno en un terreno inclinado	137
Figura 22. Nivelación con manguera	138
Figura 23. Gaviones	138
Figura 24. Contención con gaviónes	139
Figura 25. Replanteo	140
Figura 26. Paso de la tubería bajo la cimentación	141
Figura 27. Zanja para la instalación sanitaria	141
Figura 28. Tubería sobresaliente para puntos de instalación	142
Figura 29. Excavación de zanjas para la cimentación	143
Figura 30. Medidas de la cimentación y el sobrecimiento	144
Figura 31. Piedras para la cimentación	144
Figura 32. Técnica para la construcción del cimientto	145
Figura 33. Instalación y anclaje de los perfiles de guadua	146
Figura 34. Sobrecimiento con estructura en guadua	147
Figura 35. Sobrecimiento con estructura en guadua y viga de amarre	148
Figura 36. Detalle de ensamble entre columna y viga de esterilla	148
Figura 37. Extracción de la tierra arcillosa	150
Figura 38. Tamizado de la tierra	150
Figura 39. Mezclado del barro con los pies	151

Figura 40. Fabricación de un muro de cob	152
Figura 41. Forma de aplicación del cob	153
Figura 42. Altura y espesor del muro	154
Figura 43. Dintel de madera para ventanas y puertas	155
Figura 44. Tubería de agua sobre el muro de cob	156
Figura 45. Paso del tubo del exterior al interior	156
Figura 46. Puntos de anclaje para estructura para la cubierta	157
Figura 47. Base circular para la malla de esterilla	158
Figura 48. Detalle de ensamble entre columna y viga de esterilla	159
Figura 49. Recubrimiento con botellas plásticas para la cubierta	160
Figura 50. Instalaciones eléctricas en el muro de cob	161
Figura 51. Piso de cerámica reciclada	162
Figura 52. Aplicación del revoque fino en el muro de cob	162
Figura 53. Ventana de madera sobre cob	163
Figura 54. Estante para libros en el muro de cob	164
Figura 55. Mobiliario de cob	165
Figura 56. Zonificación en el terreno	166
Figura 57. Nivelación del terreno	167
Figura 58. Implantación de la vivienda	167
Figura 59. Sistema de riego	168

Figura 60. Zonificación en el terreno	168
Figura 61. Organigrama de la vivienda	169
Figura 62. Forma óptima para resistencia en el Cob	170
Figura 63. Definición de áreas en la vivienda	171
Figura 64. Distribución de espacios	171
Figura 65. Parametrización del diseño	172
Figura 66. Divisiones internas en la vivienda	173
Figura 67. Ventanas y ventanales	173
Figura 68. Vista tridimensional de los muros y las aberturas	174
Figura 69. Área de servicio, social y privada	174
Figura 70. Diseño concluido con metros cuadrados	175
Figura 71. Estructura de guadua.	176
Figura 72. Estructura de guadua y viga de amarre.	177
Figura 73. Estructura de esterilla, domocaña para la cubierta.	177
Figura 74. Asoleación.	178
Figura 75. Dinámica del sol en la tarde.	179
Figura 76. Sistema de iluminación.	179
Figura 77. Sistema de ventilación.	180
Figura 78. Dinámica de ventilación.	180
Figura 79. Dinámica de la temperatura.	181

Figura 80. Visuales desde el interior.	182
Figura 81. Campo visual desde el interior.	182
Figura 82. Plano general.	183
Figura 83. Plano técnico acotado.	184
Figura 84. Plano estructural con ejes de columnas.	185
Figura 85. Plano de estructura de esterilla en la cubierta.	185
Figura 86. Plano de cubiertas.	186
Figura 87. Red de instalaciones hidráulicas de suministro.	187
Figura 88. Red de Instalaciones sanitarias.	188
Figura 89. Red de instalaciones eléctricas e iluminación.	189
Figura 90. Corte A-A´.	190
Figura 91. Corte B-B´.	190
Figura 92. . Corte C-C	190
Figura 93. Corte D-D´.	191
Figura 94. Fachada frontal	191
Figura 95. Fachada posterior	191
Figura 96. Fachada lateral derecha.	192
Figura 97. Fachada lateral izquierda	192
Figura 98. Detalle y materiales.	193
Figura 99. Perspectiva de fachada posterior	194



Figura 100. Perspectiva de fachada lateral izquierda.	194
Figura 101. Perspectiva de fachada frontal.	195
Figura 102. Perspectiva de fachada y cultivos..	195
Figura 103. Perspectiva de interior, sala-comedor, cocina y patio.	196
Figura 104. Perspectiva de habitación 2.	196
Figura 105. Perspectiva de la vivienda sin la cubierta.	197
Figura 106. Acta de visita.	204
Figura 107. Acta de visita.	205
Figura 108. Acta de visita.	206

## **Listado de fichas de observación**

Ficha de observación 1. Modo de expansión y conectividad	113
Ficha de observación 2. Adaptación a la topografía	113
Ficha de observación 3. Variación de la retícula urbana	114
Ficha de observación 4. Densidad y cuidado del ambiente	114
Ficha de observación 5. Dinámica del sol y el viento	115
Ficha de observación 6. Plantas arquitectónicas convencionales	116
Ficha de observación 7. Plantas arquitectónicas convencionales 2	116
Ficha de observación 8. Plantas arquitectónicas convencionales 3	117
Ficha de observación 9. Ubicación de las viviendas	118
Ficha de observación 10. Ubicación de las viviendas 2	118
Ficha de observación 11. Métodos para nivelar el terreno	119
Ficha de observación 12. Métodos para nivelar el terreno 2	119
Ficha de observación 13. Métodos para nivelar el terreno 3	120
Ficha de observación 14. Métodos para nivelar el terreno 4	120
Ficha de observación 15. Métodos para nivelar el terreno 5	121
Ficha de observación 16. Cambio de alturas	121
Ficha de observación 17. Materiales de construcción	122
Ficha de observación 18. Materiales de construcción 2	123
Ficha de observación 19. Materiales de construcción 3	123

Ficha de observación 20. Materiales de construcción 4	124
Ficha de observación 21. Estructura de las viviendas	124
Ficha de observación 22. Detalles constructivos	125
Ficha de observación 23. Detalles constructivos 2	125
Ficha de observación 24. Detalles constructivos 3	126
Ficha de observación 25. Detalles constructivos 4	126
Ficha de observación 26. Las viviendas respecto al entorno	127
Ficha de observación 27. Las viviendas respecto al entorno 2	128
Ficha de observación 28. Las viviendas respecto al entorno 3	128
Ficha de observación 29. Las viviendas respecto al entorno 4	129
Ficha de observación 30. Las viviendas respecto al entorno 5	129
Ficha de observación 31. Espacios y usos característicos	130
Ficha de observación 32. Espacios y usos característicos 2	130
Ficha de observación 33. Espacios y usos característicos 3	131
Ficha de observación 34. Espacios y usos característicos 4	131
Ficha de observación 35. La familia	132

## **Listado de tablas.**

Tabla 1. Cronograma de actividades para la realización del proyecto	66
Tabla 2. Presupuesto de investigación	67

## Introducción

La tierra cruda como material constructivo hace parte de la cultura ancestral en Cúcuta y Norte de Santander, solucionó la necesidad de vivienda a lo largo de la historia, encontrándose aún ejemplos en las zonas rurales y urbanas. La arquitectura vernácula es escasa en Colombia debido a la llegada de materiales industriales que en algunos casos son contaminantes, o con pocas propiedades térmicas. Aunque suele creerse, que la arquitectura de tierra es vulnerable sísmicamente o que representa icónicamente la pobreza, en realidad podría resurgir como alternativa sostenible para urbanizar en armonía con la naturaleza, brindando economía y salud a los habitantes.

El presente proyecto recopila información sobre la Tapia Pisada, el Bahareque y el Adobe para resaltar el uso del Cob por ser un método que no requiere herramientas, es moldeable, monolítico y se puede combinar con la guadua como sistema estructural. Previo a esto, se hace imprescindible realizar un registro de las técnicas constructivas y costumbres de una comunidad en condiciones precarias, que hace parte del crecimiento informal de Cúcuta.

Por consiguiente, se propone un modelo de vivienda digna con materiales naturales alcanzando así el confort y equilibrio ambiental. Parte de los objetivos es presentar la propuesta arquitectónica de forma descriptiva, mediante un manual ilustrado, que abarca pasos como: selección del área, nivelación y contención del terreno, instalaciones sanitarias, cimentación, muros, cubierta, instalaciones eléctricas y acabados entre otros. Facilitando la comprensión de los procesos constructivos y la práctica constructiva, de modo que puede ser acogido por los habitantes, así, promover las actividades familiares que propendan por el mejoramiento de la calidad de vida, autoconstrucción, apropiación y adaptación el medio ambiente.

## 1 El Problema

### 1.1 Planteamiento del Problema

La forma como el ser humano se desarrolla en el mundo llevando a cabo sus actividades naturales (nacer, crecer, alimentarse, reproducirse y morir) causa gran impacto ambiental especialmente desde la revolución industrial en el siglo XIX. “Fue un conjunto de cambios económicos y tecnológicos que transformó la sociedad agraria y artesanal del antiguo régimen en las modernas sociedades industriales, dotadas de una dinámica de crecimiento económico sostenido” (Biografías y Vidas, 2017). Como consecuencia se degrada el medio ambiente al extraer recursos naturales del subsuelo, cubrir el suelo natural con construcciones y emitir dióxido de carbono al ambiente.

Por lo tanto, el daño ambiental se percibe en la degradación de los paisajes, la ausencia de fauna, flora, además de la insuficiencia de recursos, cada año aumenta el territorio ocupado por las ciudades debido a su creciente número habitantes como lo demuestran las siguientes cifras:

A principios de 2014 se calculaba que la población mundial era de 7.200 millones de personas, que se incrementaba en unos 82 millones de personas cada año, y que más o menos la cuarta parte de este crecimiento se producía en los países menos adelantados. De mantenerse la trayectoria actual, la población mundial alcanzará 8.100 millones en 2025 y 9.600 millones en 2050. (Naciones Unidas [ONU], 2014, p.2)

Es decir, el aumento poblacional se relaciona con el daño ambiental y la insostenibilidad, así mismo afecta la arquitectura. Tillería (2010) concluye. “Con la industrialización se inicia el despoblamiento de localidades rurales, se pierden los oficios, se transforman los materiales y las técnicas constructivas tradicionales desaparecen, se importan modelos ajenos del habitar,

aniquilando singulares relaciones del hombre con el territorio” (p.13). Por lo tanto, es necesario reevaluar el actual funcionamiento que industrializa los recursos y diseños dejando una gran huella contaminante.

En otras palabras, debido a que problemas como el calentamiento global, la contaminación de fuentes hídricas, deforestación y escases de recursos naturales no estuvieron presentes en la época del neolítico ya que sus habitantes conservaron una armonía con la naturaleza del momento, puede deducirse que el actual estilo de vida es insostenible y una posibilidad de mejorar sería aplicar antiguas costumbres a la actualidad, por ejemplo construir con un material tan inofensivo como la tierra, conservar una baja densidad en las ciudades, mimetizar las edificaciones con la naturaleza, disminuir la dependencia del mercado para adquirir alimentos de consumo diario realizando huertos caseros y utilizar la investigación con la tecnología de forma progresiva e inofensiva para el ambiente.

El modelo de arquitectura contemporánea se inclina por contribuir a un mercado que se basa en el consumismo y el entretenimiento, así los arquitectos aspiran con ser un legado, ejemplo y referente mundial de millonarios proyectos que llamen la atención conforme a su estética, como consecuencia no se tiene en cuenta la realidad socioeconómica de la mayoría de la población que carece de condiciones mínimas para vivir dignamente y no posee los recursos básicos.

Así que los habitantes al carecer posibilidades de empleo y vivienda, optan por encontrar de cualquier forma un lugar para vivir, sin conocimiento sobre arquitectura y construcción rápidamente realizan invasiones en terrenos públicos y privados. Estas nuevas comunidades carecen de servicios públicos, sus viviendas en mal estado son realizadas empíricamente con

tablas, láminas de zinc, llantas, materiales reciclados y las personas viven con desconfianza y sin tranquilidad al suponer que no existe posibilidad de mejorar su condición.

No obstante, la arquitectura Vernácula sustenta la posibilidad de autoconstrucción al habitante y de acuerdo a su necesidad este realiza el diseño, materiales como la madera y el barro brindan la seguridad requerida y la regulación de temperatura necesaria para el confort. La necesidad de un arquitecto disminuye cuando las posibilidades de construir con tierra son infinitas y modificables, este tipo de arquitectura se relaciona con los antepasados y el instinto humano para refugiarse.

Por otra parte, en la ciudad San José de Cúcuta y gran parte de Colombia la arquitectura vernácula ha pasado a ser historia y los habitantes de las comunidades vulnerables construyen sus viviendas con materiales contaminantes e insalubres anteriormente mencionados. Encima de ser un problema para el propio bienestar del habitante, el efecto nocivo se transfiere al entorno natural y grandes zonas verdes de la periferia de la ciudad se transforman en espacios insostenibles y contaminados luego de consolidarse las viviendas.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál sería el medio idóneo para construir una vivienda vernácula usando materiales naturales y reciclados como alternativa sostenible para brindar el confort necesario al habitante y conservar el entorno natural?

## **1.3 Objetivo General**

Diseñar una vivienda vernácula utilizando tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia.



## 1.4 Objetivos Específicos

- Revisar las propiedades de los materiales y las técnicas con tierra, paja, piedra, madera y otros, mediante material bibliográfico y exploración del entorno para determinar su forma de uso y definir el procedimiento de construcción.

- Elaborar un manual de paso a paso para construir la vivienda teniendo en cuenta (nivelación, cimentación, estructura, muros, cubierta, instalaciones, acabados entre otros).

- Diseñar un espacio confortable basado en la temperatura controlada, la iluminación natural, por medio de la arquitectura vernácula que sirve como alternativa para suplir la necesidad de una vivienda digna con bajos recursos.

## 1.5 Justificación

En la región de Norte de Santander se ha tornado difícil la situación económica en los últimos años, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2018) la incidencia de la pobreza en Norte de Santander en el 2017 fue del 40,0 % y a nivel nacional de 26,9 %. Teniendo en cuenta que, en 2017 la línea de pobreza en Norte de Santander fue de \$251.594 frente a \$244.930 en 2016 (DANE, 2018).

Esto significa que la pobreza en el departamento es mayor respecto a la totalidad del país, sin embargo, cabe resaltar que en las estadísticas se considera que un habitante con un ingreso mensual menor o igual a \$251.594 es pobre, cuando en realidad un habitante con un salario mínimo de \$869.453 considera que no es suficiente para vivir dignamente y que debe recurrir a obtener ingresos extra. Se deduce la necesidad de reconsiderar los índices de pobreza y descubrir cuáles son las problemáticas reales por las que se genera la escasez de oportunidades.

Por lo tanto, una familia debe poseer una morada digna y permanecer en confort para poder desarrollarse, en busca de este principio comunidades vulnerables invaden territorios no permitidos para implantar viviendas improvisadas, con el paso del tiempo son legalizados y acceden a los servicios públicos pero sus viviendas continúan en mal estado, el diseño urbano no se optimiza y el daño causado en el espacio natural donde fue realizada la implantación es irreparable.

La penuria de viviendas es totalmente visible, en el caso de los municipios Cúcuta, Los Patios y Villa del Rosario es considerada un problema que requiere especial atención debido a su magnitud, Suarez (2015) afirma:

Para determinar la necesidad habitacional proyectada a 20 años de Vivienda de Interés social –VIS, se tiene en cuenta solo el crecimiento de hogares pobres (según NBI), determinando cuanto ha crecido la población en 12 años desde el censo DANE 1993 hasta el censo DANE 2005 (formación anual de hogares) más la cifra de déficit cuantitativo del 2005 sobre 20 años. (p.28)

En base al planteamiento. Suarez (2015) determinó que Cúcuta, Los Patios y Villa del Rosario deben construir 3.413 viviendas cada año durante los próximos 20 años para atender el déficit actual y el crecimiento vegetativo de la población.



**Fotografía 1. Barrios informales sector anillo vial. Linzatti (2014).**

El proceso de deforestación e invasión se aprecia en la figura 1, es así como en la periferia de la ciudad San José de Cúcuta se implantan nuevas comunidades sin tener en cuenta el impacto ambiental y social que produce, añadido a esto no se lleva a cabo un control efectivo por parte del gobierno para evitar el crecimiento no planificado de la ciudad.

Este problema sobre crecimiento está presente tanto en la mayoría de ciudades de Colombia como en otros países subdesarrollados, las personas en esta situación adquieren cada día más problemas como desnutrición, enfermedades, baja autoestima además de disminuir su capacidad productiva. Al contrario, estos problemas estaban ausentes en la antigüedad ya que las necesidades se suplían con los recursos de la naturaleza usados de forma sostenible.

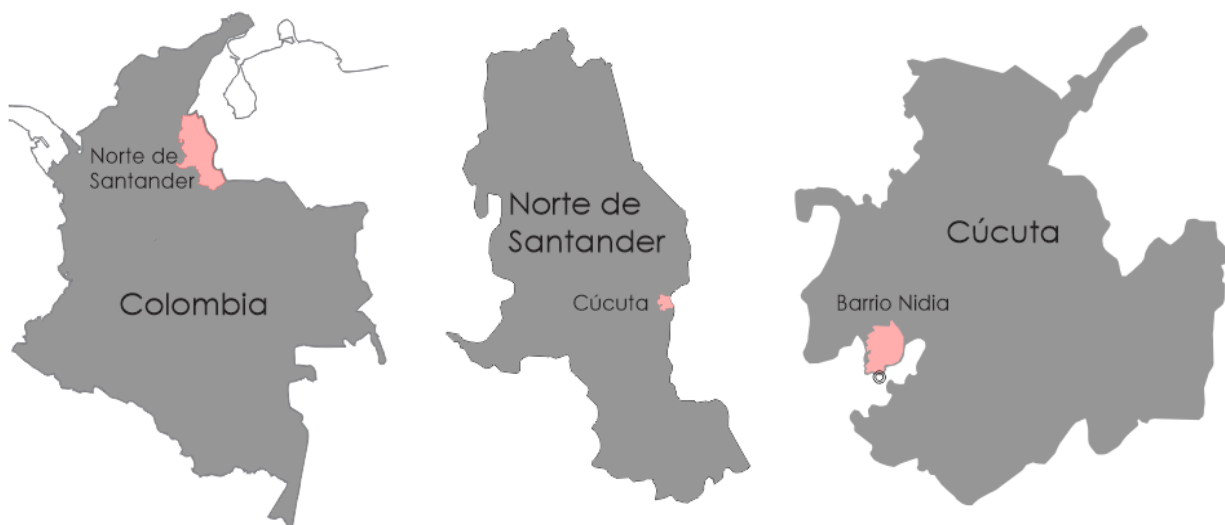
Por tal razón se aprecia la arquitectura vernácula como una posibilidad de crecimiento positivo en el ámbito social, económico y ecológico, es decir una familia que autoconstruye su vivienda siente una apropiación especial debido a su forma estética, los beneficios salubres, la economía de los materiales y la facilidad de construcción.

Este tipo de arquitectura se realiza con materiales naturales entre los que se destaca la tierra. “Como material constructivo resulta plenamente sustentable ya que, como es sabido, utiliza el material que más abunda en el planeta, no consume energéticos para su elaboración ni genera emisiones contaminantes o residuos” (Guerrero, 2007, p.200). Por ende, se proyecta la arquitectura de tierra y los materiales naturales como respuesta a la necesidad de disminuir el impacto ambiental producido por las construcciones del ser humano.

Es importante considerar que las construcciones ecológicas no necesariamente deben tener aspecto anticuado, es decir con buenas técnicas y haciendo buen uso de los materiales pueden conseguirse acabados excelentes, seguridad y salubridad “Propicia un eficiente confort térmico al regular la humedad y la temperatura de los espacios. Finalmente, cuando termina su vida útil, puede ser reciclada para hacer nuevas estructuras de tierra o simplemente se reintegra a la naturaleza” (Guerrero, 2007, p.200).

## **1.6 Descripción del Proyecto**

El proyecto “Vivienda vernácula como alternativa sostenible” es una propuesta realizada en base a la recopilación y análisis de técnicas de construcción en tierra y otros materiales no convencionales para lograr un diseño de bajo impacto ambiental al mismo tiempo que se brinda la información como referente de vivienda digna para poblaciones en condiciones vulnerables, la proyección se realiza en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, departamento Norte de Santander, Colombia. Este barrio pertenece a la periferia de la ciudad donde los terrenos son más grandes y existe mayor presencia forestal, tanto el barrio como la ciudad se encuentran en modo de expansión.



**Figura 1. Ubicación del proyecto.**

De acuerdo a su ubicación, las coordenadas indican  $7^{\circ}53'$  latitud norte y  $72^{\circ}31'$  latitud oriente con una elevación de 298 metros sobre el nivel del mar, existe una zona residencial consolidada y una zona en proceso de expansión horizontal similar a los demás barrios periféricos de la ciudad, la agricultura y la cría de animales es común, por tal razón, puede definirse como una transición entre el campo y la ciudad, es allí donde se realiza el planteamiento.



**Fotografía 2. San José de Cúcuta, barrio Nidia. Google maps (2017).**



**Figura 2. San José de Cúcuta, barrio Nidia. Google maps y edición propia (2017).**



**Figura 3. Lote seleccionado, barrio Nidia. Google maps (2017).**

De acuerdo con las áreas de la propiedad, es importante mencionar que el terreno completo posee 7.214 m<sup>2</sup>, en este ya existe una vivienda donde viven 2 familias que llevan a

cabo actividades agrícolas y de ganadería, sin embargo, se planea una división de la propiedad para que una de las familias realice su vivienda aparte, por lo tanto, la zona dividida para el presente proyecto se define en 1747 m<sup>2</sup>, como se puede apreciar en la fotografía 3 definida con el contorno rojo.



**Fotografía 3. Terreno del planteamiento. Google maps (2017)**

El terreno se elige como espacio para realizar el planteamiento de esta investigación ya que brinda más posibilidades para realizar variedad de actividades relacionadas con la producción de alimentos y el desarrollo de la familia, inclusive, la mayoría de materiales naturales para la construcción se encuentran en el entorno. A saber, una construcción vernácula de este tipo podría ser tomada en consideración por los habitantes de la zona circundante o los demás barrios en la periferia de la ciudad que poseen terrenos en situaciones similares.



**Fotografía 4. Espacio para el planteamiento. Elaboración propia.**

La vivienda además de producir un bajo impacto ambiental, puede mezclarse en el entorno natural, la mayoría del espacio en el terreno se destina a la agricultura y los desechos producidos por la familia pueden tratarse para evitar la contaminación, de este modo puede adquirirse un equilibrio con la naturaleza al mismo tiempo que se crea un espacio seguro y funcional.



## 2 Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

La arquitectura contemporánea se adapta a cualquier moda, situación legal o material constructivo para continuar en el mercado, erróneamente se ha acreditado como sostenibles las obras que contienen vegetación o usan tecnología para disminuir el consumo de recursos cuando continúan usando materiales industriales altamente contaminantes como el acero, cemento o plástico. En la actualidad es posible encontrar obras de arquitectura realmente sostenibles debido a los materiales, el manejo de la luz y la ventilación natural como las construcciones de nativos en las selvas y los desiertos. Así mismo en el entorno urbano pueden encontrarse construcciones naturales aceptadas por la sociedad debido a la necesidad de vivienda y los problemas económicos.

#### 2.1.1 Antecedentes internacionales

##### Ciudad Shibam, Yemen, siglo II



Fotografía 5. Shibam Wadi Hadhramaut Yemen. De Freitas (2015).

Shibam es una antigua ciudad amurallada hecha en su mayoría de barro, se conoce como la Manhattan del desierto por sus construcciones en altura, es un referente mundial en cuanto a construcciones ecológicas junto con el modelo de edificar en altura. “Pocos podrían estimar que la ciudad tiene casi 1.700 años de antigüedad. Situada en el distrito de Hadramaut, Shibam tiene sus raíces en el período pre-islámico, y existe evidencia de que algunas de sus construcciones datan del siglo 9” (MacLeod, 2015). Su identidad se conserva, su técnica constructiva cada año es mejorada y las nuevas generaciones aprenden sobre esta actividad.

Las edificaciones poseen una estructura de madera para conformar los entrepisos, y los muros están hechos con adobes que disminuyen su espesor en la parte alta, las ventanas son pequeñas para evitar el polvo y conservar la temperatura interior, periódicamente los albañiles restauran las fachadas con más barro debido a que sufren corrosión por los fuertes vientos que traen partículas de arena desértica.

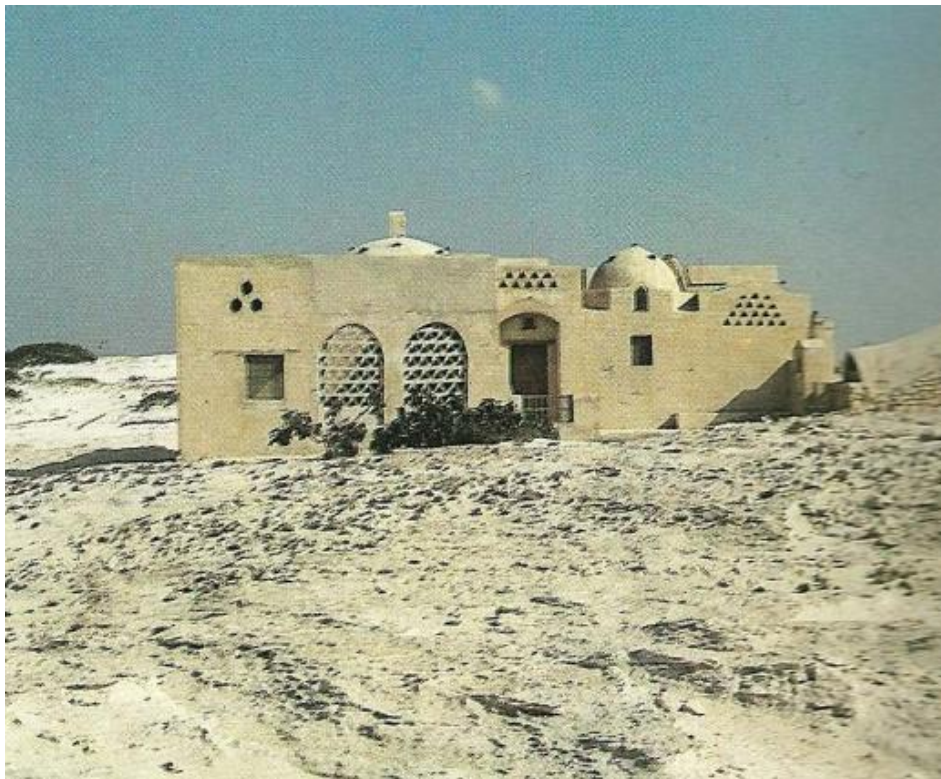


**Fotografía 6. Shibam Yemen Interior. Gao (2015).**

La ciudad es un claro ejemplo de sustentabilidad e independencia a un sistema económico, es decir, este grupo de habitantes con adaptación a su entorno encontraron la forma de aprovechar los materiales y generar su residencia. “La noción de la vivienda "apilada" se convirtió rápidamente en el modus operandi de su arquitectura, y así comenzó la construcción de cientos de edificios de ladrillos de barro. La solución de estas "casas-torre" eliminaba la vulnerabilidad de los ataques, [...]” (MacLeod, 2015).

Es así como se visualizan posibles proyectos sociales en Norte de Santander, donde la comunidad presentando un interés común proceda a realizar mejoramientos a su entorno y pueda evitar limitantes económicas al utilizar recursos naturales.

#### **Fathy House, 1971. Sidi Krier, Egipto por Hassan Fathy**



**Fotografía 7. Imagen exterior de fachada. López (2011).**

Es fundamental el uso de materiales naturales, sin embargo, posee un diseño contemporáneo y funcional que permite al usuario vivir tranquilamente al mismo tiempo que conserva la imagen cultural del entorno. López (2011) afirma que se usó piedra caliza, revoco de yeso, huecos de ventilación, alta iluminación natural, un diseño con geometría rectangular, cubiertas abovedadas y cúpulas.

Un aspecto característico en la morfología de esta vivienda es su compleja personalidad, esto se debe a que por un lado existe una serie de espacios privados más conservadores y por el otro un espacio público abierto en fachada el cual se orienta hacia el mar. (López, 2011, p.277)

Las determinantes naturales en una zona desértica son más contundentes para el diseño, es decir, debe tenerse presente la humedad relativa, las temperaturas inestables y la topografía, en este caso el arquitecto resuelve el diseño de acuerdo a la necesidad aun cuando logra un lenguaje estético que no afecta la integridad del entorno, Es claro que estas características deberían estar presentes en todas las construcciones si el cuidado al ambiente fuese un interés común.

### **Viviendas apareadas, 1985. Kassel, Alemania por Gernot Minke**



**Fotografía 8. Viviendas apareadas. Minke (2006).**

El proyecto presenta un mimetismo con el entorno natural, en efecto la cubierta verde devuelve el espacio verde que se cubrió al realizar la construcción, también el arquitecto crea juegos de colores entre los materiales y las plantas para conformar un aspecto estético. “Estas dos viviendas se caracterizan por sus fachadas y cubiertas verdes que se integran al paisaje y por su concepto ecológico apropiado” (Minke, 2005, p.176).

Cuando se diseña en un espacio abierto existen menos limitantes a la hora de realizar distribuciones y por lo tanto las visuales adquieren importancia, se integran las ventilaciones y se aprovechan los recursos inmediatos. “El rasgo típico de la composición es que los espacios están dispuestos alrededor de un vestíbulo central multiusos sobre el que se encuentra una galería que evita los corredores y que integra un invernadero” (Minke, 2005, p.176). Por lo tanto, la integración de vegetales suele ser un gran aporte en las construcciones naturales ya que estos

aportan a la purificación del aire, la regulación de la temperatura y en algunos casos la producción de frutas y verduras.

Es así como un proyecto a medida que se desarrolla puede ser enriquecido gradualmente con detalles que aportan valor funcional y estético. “Estantes e inclusive el lavamanos del baño se hicieron de barro” (Minke, 2005, p.176). También se encuentran presentes muros hechos con barro y madera como elemento estructural.

En efecto la presencia de un entorno natural y la utilización de materiales naturales en un proyecto arquitectónico son indispensables para evitar un impacto nocivo en el área de implantación y cuando se da fin al ciclo de vida en la construcción esta puede reciclarse o desintegrarse para volver a la tierra.

**Tol-Haru, la Nave Tierra del Fin del Mundo, 2014. Ushuaia, Argentina por Michael****Reynolds**

**Fotografía 9. Earthship. Earthship Biotecture.**

El sistema por el cual se construyó Tol-Haru se caracteriza por ver el problema como una solución ya que el reciclaje disminuye la cantidad de desechos, evita la producción de nuevos elementos y su forma constructiva requiere la creatividad de sus constructores. La sustentabilidad es eficaz al usar recursos naturales ilimitados, la producción de alimentos permite la independencia del mercado y existirá gran un arraigo por parte de los habitantes que usarán este proyecto ya que estos mismos colaboraron en la construcción. “La vivienda ha sido levantada por más de 60 personas (provenientes de diferentes partes del mundo) a través del reciclaje de 333 neumáticos, 3000 latas de aluminio, 5000 botellas de plástico y 3000 botellas de vidrio” (Franco 2014).

El proyecto "Tol-Haru, la Nave Tierra del Fin del Mundo" -ubicado en Ushuaia, Argentina (en un terreno céntrico donado por el Municipio)- se ha construido completamente con materiales reciclados y tendrá la capacidad de calefaccionarse y refrigerarse a través de energía eólica y solar, de reutilizar el agua de la lluvia y hasta de reciclar sus propios residuos. (Franco 2014).

Estas características son fundamentales si se requiere que un proyecto de arquitectura disminuya su dependencia al sistema urbano, por lo tanto, requiere el trabajo de otras facultades, como la ingeniería electrónica, agrícola y ambiental entre otras. Así es posible generar un proyecto de alta complejidad como se ha mostrado en el ejemplo y a gran escala donde una comunidad se desarrolle bajo principios ecológicos y en armonía con el entorno natural.



### 2.1.2 Antecedentes nacionales

#### Municipio Barichara, Santander, Colombia siglo XVIII



**Fotografía 10. Calle de Barichara. Rivero (2007).**

Barichara es un municipio de Santander, declarado patrimonio cultural de Colombia, sus habitantes han conservado su cultura y un lenguaje arquitectónico que los resalta atrayendo el turismo internacional. Pese a los prejuicios acerca de las construcciones con tierra, este pueblo ha conservado su costumbre y sus habitantes conservan el interés colectivo por el cuidado y respeto a su cultura.

Hoy en día en Barichara casi la totalidad de las nuevas construcciones se levantan en tapia pisada, todas ellas con su licencia de construcción expedida por la Alcaldía municipal pese a que la norma de construcción vigente –nsr98– no la contempla como sistema constructivo. Barichara, enclavado en la cordillera oriental de los Andes

colombianos, preservó intacta gran parte de sus tradiciones gracias al aislamiento provocado por las dinámicas socioeconómicas que lo marginaron de aquella concepción de desarrollo y progreso que jalonó el siglo veinte. (Rivero, 2007, p.356)



**Fotografía 11. Imagen de tapiera beneficiaria en Sonsón, Antioquia. Rivero (2007).**

Puede concluirse que cuando una comunidad vela por sus intereses comunes la normativa debe ser modificada, en este caso se privilegia al municipio con el permiso para realizar construcciones con tierra, sin estar en son de competencia inocentemente es el lugar donde más se construye con tierra en el país. Posee una densidad baja y sus viviendas son amplias, la materia prima se toma del sector, tierra, piedra y madera son los materiales principales, la tierra para conformar los muros, la piedra para pisos y la madera en las cubiertas, también tejas y tabletas artesanales. “En Barichara nunca se ha dejado de levantar un muro de tapia pisada con

dignidad y menos ahora que más de cincuenta familias derivan su sustento diario de la construcción con esta técnica ancestral” (Rivero, 2007, p.356).

Por lo tanto, la conservación o creación de identidad en un asentamiento es realmente importante ya que en el aspecto social los habitantes adquieren cierta apropiación hacía su espacio, el ambiente se torna agradable y surgen beneficios secundarios que aportan en bienestar y salubridad a cada integrante.

### **Casa Alero, 2015. Cali, Colombia por Equipo Calicivita**



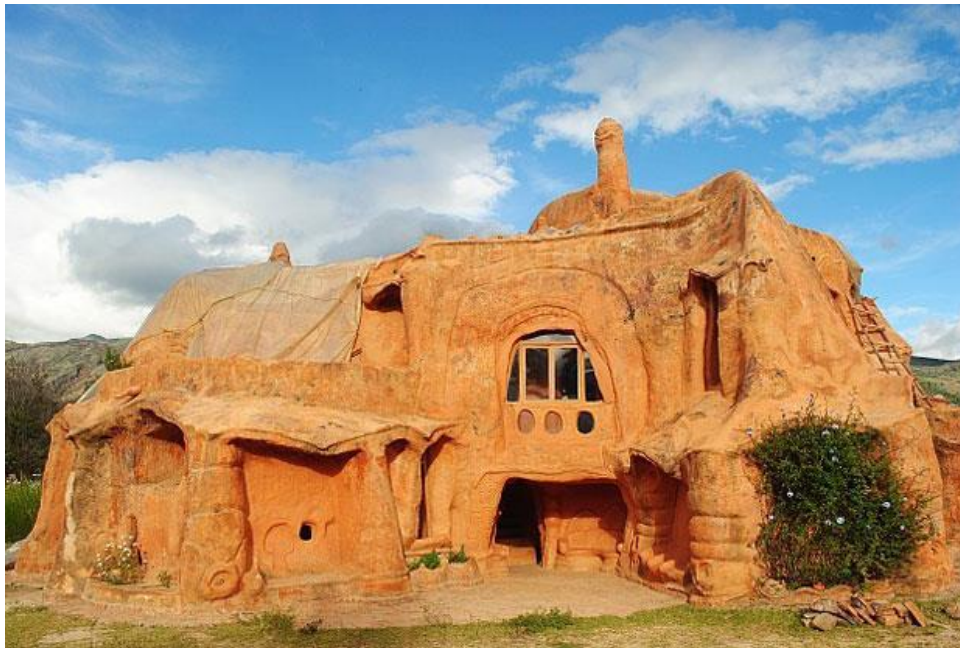
**Fotografía 12. Casa Alero. Calicivita Team/Pontificia Universidad Javeriana Cali, Universidad Icesi (2017).**

El proyecto Casa Alero fue ganador del segundo puesto en la primera edición de Solar Decathlon Latinoamérica y el Caribe. “En esta primera edición latinoamericana, su objetivo principal fue desarrollar un prototipo de vivienda dentro de un planteamiento colectivo de interés social, que atendiera las demandas de sostenibilidad requeridas en un contexto urbano precario” (Sáenz, 2016).

La Casa Alero es un prototipo de vivienda en el cual se rescatan tres aspectos fundamentales, el primero es el clima y la interacción de la casa con el medio ambiente, el segundo es la versatilidad de la vivienda en la adecuación de espacios, y el tercero es el uso de energías no convencionales. (López, 2015)

Este proyecto posee cualidades que son importantes rescatar para cualquier proyecto arquitectónico ya que siempre se debe tener en cuenta la interacción de la edificación con el medio que la rodea además de la funcionalidad y la determinación de los factores naturales como el clima y la topografía, aunque no se utiliza la tierra como materia prima es importante rescatar su autosuficiencia por medio de energías limpias, ventilación e iluminación natural.

#### **Casa Terracota, 2012. Villa de Leyva, Colombia por Octavio Mendoza**



**Fotografía 13. Casa Terracota. AVILIA (2018).**

La Casa Terracota es un ejemplo de construcción moldeable, auto construible y económica. Su extensión es de 500 metros cuadrados, está ubicada en Villa de Leyva, Boyacá,

con ella se quiere generar conciencia sobre los daños de la construcción moderna a la naturaleza (AVILIA, 2018). Debido a que la técnica constructiva consistió en moldear manualmente los muros y la cubierta, se puede definir como Cob, sin embargo, la diferencia es que el arquitecto decidió quemar la totalidad de la vivienda para endurecer la arcilla y de este modo, conformar una especie de ladrillo gigante.



**Fotografía 14. Interior de la Casa Terracota. AVILIA (2018).**

La construcción de una vivienda como esta puede ser muy atractiva, aun siendo una técnica primitiva como el Cob, los resultados son tan flexibles que rompen los esquemas contemporáneos sobre estética y sostenibilidad. AVILIA (2018) afirma que el arquitecto extrajo la arcilla de un lugar cercano y como si fuese una artesanía empezó a moldear desde las bases hasta el techo incluyendo las camas, los muebles, los baños, la cocina y áreas comunes.

El proyecto Casa Terracota no funciona como vivienda debido a su enfoque turístico, sin embargo, es una muestra sobre sustentabilidad ya que se usaron los recursos del entorno para su

construcción, si bien es cierto que su cocción generó contaminación similar a la producción de cerámica, es importante mencionar que en proyectos de menos escala puede usarse el Cob de forma convencional sin ninguna desventaja estructural, funcional o estética.

### **Casa en aldea Cochahuaira, Boyacá, Colombia por Clara Ángel Ospina**



**Fotografía 15. Casa en aldea Cochahuaira. Angel (2010).**

Esta construcción comunitaria beneficia el entorno natural debido al uso de solo materiales naturales y renovables, así mismo beneficia a los habitantes por su gran magnitud y funciones. Minke (2010) refiere que se desarrolla en un terreno de 23.000 m<sup>2</sup> y su enfoque es hacia la producción agroecológica y el desarrollo comunitario, se usan materiales para la construcción como tierra arcillosa, arena, maderas, paja silvestre, caña y piedra. Por lo tanto, se considera una obra de arquitectura vernácula que cumple con aspectos sociales, ambientales y económicos, es decir un diseño sostenible.

En cuanto a la estructura y la técnica existen varios aspectos a resaltar, en este caso se realiza una combinación de la tierra arcillosa con la madera. La casa tiene forma de amonita con

paredes de bahareque en estructura de guadua; la cúpula se realiza con de latas de bambú cubierta con tela de fique, plástico, malla de gallinero, barro estabilizado y manta asfáltica (Minke, 2010). De este modo, la forma de la planta circular consolida una resistencia estructural que se complementa con la estructura perimetral que sostiene la cubierta, debido al clima frío es conveniente el espacio central que puede cerrarse para ciertas actividades, sin embargo, el pasillo cubierto que se abre al exterior permite una relación con el paisaje y un uso complementario para las actividades sociales.



**Fotografía 16. Interior de Casa en aldea Cochahuaira. Angel (2010).**

En conclusión, este proyecto es el referente más apropiado para el desarrollo de la presente investigación, ya que es una construcción de tamaño moderado que combina una técnica de tierra con una estructura de guadua, asimismo se incluye la técnica domo caña como solución

de cubierta, aspecto que es importante resaltar debido a la posibilidad de autoconstrucción y bajos costos.

## **2.2 Marco Conceptual**

Debido a que los sistemas constructivos con tierra no son regulares, se procede a demostrar los estudios, definiciones y opiniones realizadas sintetizando las ideas planteadas, los temas principales desde el objetivo “*Diseño de una vivienda vernácula utilizando tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados*” específicamente son: La vivienda familiar como espacio de desarrollo, la construcción con materiales naturales y reciclados y la ecología en la arquitectura vernácula.

### **2.2.1 La vivienda familiar como espacio de desarrollo**

La vivienda es un elemento primordial en la vida cotidiana, en ella se llevan a cabo actividades básicas como descansar, alimentarse o simplemente permanecer, añadido a esto crecer en familia proporciona variedad de beneficios entre los que se destacan la unión, compromiso mutuo, afectividad y demás valores, por lo tanto el espacio de residencia debe ser adecuado, es así como el ser humano se organiza de diversas formas para explorar las posibilidades, es decir cuándo se sitúa en el área rural lo hace de forma dispersa, pueden existir kilómetros de distancia entre viviendas, al formarse los pueblos estos conservan una baja densidad a diferencia de las ciudades que generan un contundente *efecto antrópico* debido al rápido crecimiento de estas, el consumo energético de los habitantes se concentra y los deshechos se producen en masa.



Esta cualidad adaptativa de las comunidades suele ser común a lo largo de la historia, donde los recursos que sustentan los asentamientos son tomados del entorno, en algunos casos se permite la recuperación de esos con actividades como la reforestación o el nombramiento de zonas como reserva natural, sin embargo, cuando una ciudad necesita ampliar su espacio debido al crecimiento poblacional, estas zonas de reserva son urbanizadas. “La arquitectura como manifestación del hombre se origina como respuesta a la necesidad diaria del subsistir ante la adversidad del medio” (Tidy, 2001, p.8).

Así mismo esta característica se presenta en los animales quienes desarrollan habilidades para realizar sus moradas bajo la tierra, en los árboles o cuevas y a diferencia del efecto antrópico de los humanos estos conservan las propiedades originales del entorno natural. “Primero fue el concepto de refugio, originado en la caverna y en las primeras construcciones elementales, cuya finalidad era proporcionar cobijo y la protección, luego se multiplicó en aldeas y pueblos y junto con ello comenzaron las primeras civilizaciones” (Tidy, 2001, p.8).

Inclusive la arquitectura de cada lugar se desarrolló de acuerdo a las condiciones del entorno, es decir las viviendas realizadas varían en su estilo de cubierta, ventanas y mampostería ya sea en el desierto, las selvas, los nevados, los polos o las costas. Es así como la funcionalidad prevalece sobre la estética ya que estas primeras viviendas tuvieron el objetivo de brindar confort y seguridad. “Nuevos programas surgieron con las nuevas necesidades tanto físicas como espirituales que demandaban las emergentes estructuras sociales para satisfacer los requerimientos del habitar y la convivencia en comunidad, hasta llegar a la ciudad contemporánea que hoy conocemos” (Tidy, 2001, p.8).

Cabe destacar que, a diferencia de la actualidad, el problema para conseguir un refugio no estaba presente en la antigüedad, el conocimiento transmitido entre generaciones capacitaba a

cada familia para realizar su propia vivienda. “La arquitectura vernácula es el legado construido mediante las estructuras realizadas por constructores empíricos, sin formación profesional como arquitectos. Es la manera más tradicional y difundida de construir donde se plasma el conocimiento adquirido por nuestros antepasados” (López, 2011, p.15).

La arquitectura vernácula o arquitectura natural puede percibirse como una posibilidad de desarrollo sostenible en zonas rurales y en ciudades que opten por mantener una baja densidad. “Estudios realizados revelan que las tradiciones vernáculas tienen una importante contribución que hacer para el desarrollo de un futuro sostenible en entornos construidos” (López, 2011, p.15). En este tipo de construcciones existe cierta libertad hacia el gusto del usuario, debido a que éste es el propio constructor y en muchos casos el diseñador, el barro es maleable, duradero y permite ser modificado, cuando la arquitectura posee libertad al ignorar las normativas constructivas y el arquitecto empírico diseña con entusiasmo surge la originalidad sujeta a la estética y la función.

En efecto al realizar un planteamiento grupal para la ubicación o intervención de una comunidad pueden ser requeridos los aportes de diferentes individuos pertenecientes para llegar a un consenso que beneficie generalmente. “En términos prácticos, la principal diferencia entre la arquitectura orientada al beneficio de políticos y promotores y la arquitectura social es que en la segunda los clientes son normalmente muchos y diversos en cada proyecto” (Sánchez, 2009, p.92).

Es decir, cuando una comunidad decide realizar un proyecto en conjunto con arquitectos surge la necesidad de adaptar los conceptos o el lenguaje usado para que ambas partes puedan entenderse, fundamentalmente los proyectos arquitectónicos rurales o urbanos dirigidos por arquitectos que manejan un dialecto arquitectónico incomprensible para las personas naturales no

suelen tener en cuenta la opinión pública y el resultado de la construcción es el desapropio o funcionamiento inadecuado para la comunidad.

Por lo tanto, es necesaria la inclusión del usuario en la formulación del proyecto. “Después de superar nuestros prejuicios, esta diferencia es quizás el reto más importante. Trabajar con múltiples actores conlleva crear una metodología que permita llegar al nivel necesario de adaptación a las necesidades sin entrar en un proceso excesivamente largo” (Sánchez, 2009, p.92).

Cabe resaltar que proyectos de reintegración ciudadana, reparación urbana, intervenciones rurales entre otros, requieren la aceptación y el apoyo de sus mismos habitantes, ya que ellos conocen personalmente la situación y su percepción se torna diferente a la de los arquitectos. “En cualquier caso, es esencial que los arquitectos asumamos (y planifiquemos consecuentemente) que proyectar para colectivos de pobres requiere más tiempo que para clientes individuales” (Sánchez, 2009, p.92).

Es así como se consolida la idea de vivienda familiar como espacio de desarrollo para un individuo o un colectivo de individuos con un interés común para vivir en armonía con el ambiente circundante por medio de la arquitectura social, desarrollando sistemas para la optimización y reutilización de recursos proyectando un futuro sostenible.

### **2.2.2 La construcción con materiales naturales**

Entre los diferentes métodos de construir con tierra, los más relevantes son: **a)** Tierra apisonada o Tapial. “La técnica consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm compactando cada una de ellas con un pisón” (Minke, 2005, p.60). En esta técnica se hace

necesario el molde por el cual se levantan los muros con un espesor de 50 cm aproximadamente, posee estabilidad y la construcción realizada puede tener una gran altura.

**b)** El Bahareque o Quincha es una técnica mitigada por prejuicios que afirman su inconsistencia y mal desempeño, sin embargo, suple la necesidad de vivienda a integrantes de comunidades vulnerables debido a su facilidad de construcción. Así, la estructura consiste en elementos verticales y horizontales que forman una malla, se mezcla barro con paja o fibras y se lanza o se compacta sobre la malla cubriendo con al menos 2 cm de la mezcla (Minke, 2015).

**c)** El Adobe, una técnica similar a la construcción convencional con ladrillos. “Los bloques de barro producidos a mano relleno de barro en moldes y secados al aire libre se denominan adobes” (Minke, 2005, p.72). Igual que en las construcciones convencionales un muro de adobes requiere el nivel y la plomada. “Los adobes se unen con mortero de barro, de cal hidráulica o altamente hidráulica. Se puede añadir pequeñas cantidades de cemento a esta mezcla [...]” (Minke, 2005, p.77). A este tipo de mampostería puede aplicarse revoque de barro y pinturas naturales para ampliar las posibilidades de diseño a gusto del usuario.

**d)** El Cob. Se define como “El modelado manual de muros con bolas de barro plástico o pastas plásticas de barro, es una técnica tradicional muy extendida en África y Asia y también conocida en Europa y América” (Minke, 2005, p.86). Es así como se caracteriza por la sencillez para su preparación y colocación, los materiales naturales configuran la forma de la mampostería. “El barro se distribuye manualmente en capas de 2 a 4 cm de espesor. La pasta expuesta al sol seca rápidamente y el muro se puede construir continuamente capa por capa” (Minke, 2005, p.87). Debido a su elemental técnica de aplicación el Cob puede visualizarse como un suplemento a los sistemas constructivos contemporáneos ya que su alcance en la

historia ha demostrado la viabilidad en economía, ecología, eficacia y funcionalidad. “Es la técnica más simple y primitiva ya que ninguna técnica es requerida” (Minke, 2005, p.86).

Añadido a esto puede decirse que la tierra es un elemento fundamental para el ser humano ya que brinda recursos como la producción alimenticia y la materia prima, antiguamente el uso de la tierra cruda como material de construcción fue más frecuente.

Yamín, Phillips, Reyes y Ruíz (2007) afirman que la construcción con tierra tiene miles de años de historia y existe evidencia arqueológica que sugiere la existencia de ciudades construidas enteramente en tierra: Jericó, Çatal Huyuk en Turquía, Harappa en Pakistán, Akhlet-Aton en Egipto, Chan-Chan en Perú, Babilonia en Iraq, Duheros en España, entre otras. Todas las grandes civilizaciones del Medio Este –los asirios, los babilonios, los persas y los sumerios– construyeron con tierra apisonada y con bloques de barro. (p.286)

Por consecuencia no es extraño imaginar que antes de la revolución industrial los seres humanos se desarrollaron usando la tierra como refugio y como tal conocimiento se difundía rápidamente debido a su sustentabilidad, llegó a tener cabida en América. “Cuando los españoles empezaron su conquista del Nuevo Mundo, trajeron consigo el conocimiento de la construcción con adobe y tapia pisada. Fue así como se inició la construcción de las principales ciudades capitales del reino de la Nueva Granada” (Yamín et al., 2007, p.286).

La tierra junto con la piedra fueron materiales primordiales para formar los inicios de la actual generación, y es posible que lo sigan siendo en el futuro de las generaciones venideras debido a que la arquitectura vernácula posibilita la independencia del mercado para llevar a cabo una construcción y se mimetiza con el espacio natural. Existe la posibilidad de que las antiguas técnicas constructivas sean aceptadas por la sociedad actual si se dieran a conocer sus beneficios

masivamente ya que actualmente los prejuicios y efectos de la contemporaneidad hacen que la arquitectura vernácula sea vista como parte de la historia y no como una posibilidad hacia el futuro.

Colombia también cambió debido a la modernidad, las construcciones naturales fueron desplazadas y comenzó la formación del mundo contemporáneo usando materiales perjudiciales para la naturaleza. Rivero (2007) afirma que entre 1920 y 1940 Colombia comienza su transformación de nación rural a nación urbana abriendo el camino hacia la deseada modernidad que trajo consigo nuevos paradigmas de progreso entre los que se encontraban el cemento y el acero dentro del campo habitacional, estos materiales se insertaron fácilmente en la sociedad debido a que hacían parte de un sistema conformado por el mercado, la academia, la ciencia y las políticas públicas.

Es decir, la arquitectura vernácula como costumbre fue desplazada por efectos e intereses económicos, a grandes empresas surtidoras de concreto, hierro y ladrillo no les sería conveniente la afectación de sus ventas debido a la independencia de los usuarios al construir de forma natural. Los materiales naturales y las técnicas de construcción con tierra como el bahareque, la tapia pisada y el adobe entraron en desuso no porque desde la ciencia o la academia se demostrara su ineficiencia, sino porque al no estar enmarcadas dentro del sistema fueron asociadas con la pobreza y el atraso. (Rivero, 2007)

El mimetismo entre las construcciones y el lugar en donde se implantan es sumamente necesario, entendiendo que aquel lugar es parte de la naturaleza toda vez que esta es un ser vivo que brinda los recursos y puede deducirse que es el medio que los sustenta, el ser humano decide

con sus acciones si permite que ese medio sea sostenible, en otras palabras, que sustente los recursos todo el tiempo.

Esto no es problema para los animales y las tribus indígenas debido a que han podido desarrollarse de modo que sus acciones no son agresivas para el planeta, esto puede llegar a definirse como una verdadera *inteligencia* ya que enmarca un estilo de vida donde se aprovechan al máximo los recursos naturales y especialmente se devuelven de forma inocua a su estado natural, un método constructivo que debe recuperarse. “La arquitectura vernácula demuestra que la primera verdad en la construcción es aquella que reside bajo la creación arquitectónica, la consciencia y el respeto, la modestia y la eficacia de los trabajadores” (López, 2011, p.34).

Inclusive en los pueblos y el área rural de Colombia se conservan muchas viviendas realizadas en tapia pisada y bahareque, es común ver grandes cargas de cemento, ladrillo y hierro ser difícilmente transportadas a las montañas para construir casas de campo, los inversionistas no conocen que la tierra que es removida y tapada con concreto podría transformarse en materia prima para llevar a cabo la obra.

Así mismo parece ser que estas técnicas de construcción natural han sido olvidadas no obstante haciendo referencia al municipio Barichara Colombia que ha sido declarado patrimonio cultural de Colombia por conservar sus costumbres e identidad. La secretaría de planeación expide las licencias de construcción para realizar construcciones en tapia pisada e intervenir casonas levantadas en este sistema constructivo pese a que la norma vigente no la contempla (Rivero, 2007).

Sobre todo los factores que inciden en el interés cultural de carácter nacional hacia Barichara se encuentran su alto grado de preservación arquitectónica, la existencia de mano de

obra profesional y técnica competente con precios del mercado y pedido de clientes con un nivel cultural mayor que aprecian el valor cultural sin el requerimiento de elucubraciones científicas



para sentirse seguro en una casa de un piso con muros de tierra compactada con cincuenta centímetros de espesor (Rivero, 2007).

Cuando los habitantes adoptan una costumbre y la defienden, esta es aceptada como ley, como en el caso de Barichara dónde se les permite a sus habitantes continuar con su tradición de construir con tierra. Diferente es cuando se implanta una costumbre para controlar a los habitantes, como lo es hoy en día el entretenimiento y la tecnología.

Al parecer el entorno contemporáneo dicta como se debe vivir imponiendo reglas y excluyendo a los que no las cumplen, entonces se termina por acceder a lo implantado. Para un ciudadano no es tan siquiera “material” la madera, como tampoco la tierra y menos aún los desechos, cuando de construir su vivienda se trata; lo moderno es el vidrio, el acero, el concreto (Bedoya, 2011). En este ámbito surgen los prejuicios, los habitantes prefieren usar un sistema verificado normativamente que seguir los pasos de sus antepasados.

Por lo tanto, la actual generación que ha sido afectada por el consumismo podría aportar a la disminución de su efecto nocivo realizando proyectos urbanos y rurales orientados hacia la arquitectura social y Vernácula donde prime el trabajo en equipo para sustentar espacios de formación y desarrollo. La masificación de la arquitectura Vernácula y la Permacultura en las sociedades, encima la especialización de arquitectos, ingenieros y otros constructores hacia la cultura de edificar con tierra sería el desarrollo necesario para conciliar la armonía que se perdió en el tiempo y que es imprescindible para garantizar el futuro de la vida en el planeta.

### **2.2.3 La ecología en la arquitectura vernácula.**

La ecología es un principio por el cual las actividades realizadas por un organismo no afectan la integridad de la naturaleza y si en llegado caso difiere en su integridad esta es reparada a corto plazo, es una propiedad que poseen los animales, las plantas y seres humanos que no hacen parte de un sistema económico para la sociedad, por ejemplo, los indígenas, los integrantes de las ecoaldeas y algunos veganos. Su arquitectura es básica pero contundente ya que soluciona las necesidades funcionales requeridas.

A diferencia de la arquitectura contemporánea, la arquitectura vernácula se basa en la solución a los requerimientos de un habitante en cualquier situación de un modo ecológico, es decir usando materiales naturales o reciclados, un punto a favor que aporta a la credibilidad de esta técnica. La buena arquitectura debe siempre reflexionar sobre las transformaciones técnicas, sociales y económicas que le sirven de contexto. La nueva conciencia que tenemos sobre la complejidad de nuestro planeta y sobre el compromiso colectivo que a él nos ata, implican necesariamente una responsabilidad concreta con el futuro. Esta conciencia, aún con las equivocaciones que pueda conllevar, nos enfrenta necesariamente a enormes cambios sociales, culturales y económicos (Reinberg, 2009).

En particular la obtención de recursos para realizar los materiales de construcción genera un daño ambiental bastante grande, se extraen los metales del subsuelo, se arrasan montañas enteras y se emite dióxido de carbono para fabricar ladrillos, se extrae arena de los ríos y el uso de químicos está presente en la fabricación de elementos como: plástico (PVC), cemento y metales. Al conformarse las ciudades se cubre el suelo natural, las lluvias inundan fácilmente los lugares y el calor se conserva en el suelo contribuyendo al aumento de la temperatura, por esta razón los techos verdes y las amplias zonas naturales en una ciudad son importante aporte hacia

el bienestar común. Acreditar la arquitectura vernácula como principal solución ecológica es lo más apropiado, su concepto se define así:

La arquitectura autóctona (que ha nacido o se ha originado en el mismo lugar donde se encuentra), popular (perteneciente o relativo al pueblo), tradicional (que sigue las ideas, normas o costumbres del pasado), son algunos de los conceptos más utilizados para referirnos a esta arquitectura. A mi parecer, vernáculo (doméstico, nativo, de nuestra casa o país), engloba las definiciones anteriormente descritas. (Tillería, 2010, p.12)

En la arquitectura contemporánea existen metas a cumplir, como la eficacia de producción, disminución de energía requerida, economía, optimización de recursos y reutilización de materiales. Estas y más propiedades ya las posee la arquitectura ecológica gracias a un material práctico, maleable y duradero. Minke (2005) se refiere al barro como un material que prácticamente no produce contaminación ambiental en relación a los otros materiales de uso frecuente, para preparar, transportar y trabajar el barro en el sitio se necesita solo el 1% de la energía requerida para la preparación, transporte y elaboración de hormigón armado o ladrillos cocidos.

Aparte de ser un interés salubre y estético, las construcciones naturales pueden ser una atracción masiva por su economía, existiría una tendencia de las personas de escasos recursos las cuales estarían dispuestas a modificar su morada (la cual usualmente está compuesta por tablas, zinc y plásticos) si se les brindase la información y capacitación adecuadas, sin embargo la otra cara de la moneda demuestra como existen construcciones de gran talante para personas que han recibido información acerca de los beneficios que se obtienen. “El barro crudo se puede volver a utilizar ilimitadamente. Solo necesita ser triturado y humedecido con agua para ser reutilizado.

El barro en comparación con otros materiales no será nunca un escombros que contamine el medio ambiente” (Minke, 2005, p.17).

Debido a que el barro (la tierra) hace parte de culturas ancestrales, hoy en día existen construcciones que sirven como ejemplo. Por lo anterior ya no es fundamental la acción de innovar porque el invento ya existe, sino la acción de retomar y mejorar las ideas que han funcionado antiguamente. “Las técnicas de construcción con tierra pueden ser ejecutadas por personas no especializadas en construcción, es suficiente la presencia de una persona experimentada controlando el proceso de construcción” (Minke, 2005, p.18).

En conclusión, se aprecia la forma como el ser humano primitivo solucionó su necesidad de vivienda utilizando los materiales que le rodeaban, la piedra, el pasto, la madera y la tierra. Desarrolló la capacidad de producir su propio alimento, acción que le permitió formar gran cantidad de poblaciones que con el tiempo adquieren tecnologías para agilizar los procesos de producción a cambio de la degradación del medio ambiente.

La vocación rural es minimizada y el neoliberalismo acoge los ideales de las nuevas generaciones que menosprecian el campo y no se preocupan por los problemas ambientales, surgen los problemas de movilidad, salud, pobreza y desequilibrio. Los habitantes buscan una innovación que solucione los daños provocados sin tener en cuenta que estos problemas no estuvieron presentes en el pasado, por lo tanto es necesario retomar aquellos conocimientos que solucionaron las necesidades de los antepasados y combinarlos con la tecnología actual para su adaptación y sostenibilidad, así es como la arquitectura vernácula y la permacultura ofrecen de nuevo esta solución, realizando un buen planteamiento la técnica puede ser incluida por la misma sociedad vulnerable que es más abundante y necesita vivir dignamente.

Por lo tanto, el proyecto planteado en esta investigación acoge el título “Vivienda vernácula como alternativa sostenible” ya que se adhiere al concepto de utilizar materiales naturales y brindar un espacio enteramente funcional. Tillería (2010) sostiene que la arquitectura tradicional se caracteriza por el alto nivel de adaptación al medio, la topografía, el clima y la disponibilidad de materiales para la construcción, condicionan las formas de emplazamiento, otorgando valores de identidad para cada comunidad. Es decir, el diseño para cada familia o situación cambiará debido a las determinantes, sin embargo, debido a la similitud de situaciones, la propuesta puede ser un referente para comunidades en situación de vulnerabilidad en Cúcuta, dando prioridad a rescatar o contribuir con una costumbre vernácula.

### **3 Horizonte metodológico**

#### **3.1 Tipo de investigación**

La realización del proyecto “Vivienda vernácula como alternativa sostenible” se basa en dos métodos, la investigación documental y la investigación proyectiva, necesarios para llevar a cabo la definición correcta del sistema constructivo requerido para que la arquitectura resultante sea vernácula y sostenible.

##### **3.1.1 Investigación documental**

A pesar de la baja producción de arquitectura vernácula en la actualidad, es posible encontrar abundante información sobre las técnicas, ejemplos, estudios y teorías. “El objetivo de la investigación documental es elaborar un marco teórico conceptual para formar un cuerpo de ideas sobre el objeto de estudio y descubrir respuestas a determinados interrogantes a través de la aplicación de procedimientos documentales” (Galán, 2011). Por lo tanto, en este caso particular se realiza la recopilación de diferentes autores relacionados con la bioconstrucción y la arquitectura vernácula, se aclaran los conceptos relacionados con el objetivo “Diseño de una vivienda vernácula” y se adquiere información sobre el sistema constructivo y sus detalles, de este modo se concluye el método óptimo para llevar a cabo la construcción usando el Cob para la mampostería y el domocaña como cubierta.

Por otra parte, se documentan las características y funcionalidades de la comunidad inmediata al terreno de la propuesta y estos datos se procesan para definir aspectos a conservar o mejorar cuando se proyecta el diseño arquitectónico.

### **3.1.2 Investigación proyectiva**

En la presente investigación se hace indispensable concluir en una solución que permita concluir la posibilidad de una vivienda alternativa y saludable. “La investigación proyectiva consiste en encontrar la solución a los problemas prácticos, se ocupa de cómo deberían ser las cosas para alcanzar los fines y funcionar adecuadamente” (Córdoba, Monsalve, s.f. p,3). En este caso usando la información de la investigación documental se realizan las conclusiones para determinar procesos definitivos para la elaboración del proyecto. Así, la investigación proyectiva consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, para solucionar problemas o necesidades de tipo práctico, ya sea de un grupo social, institución, un área en particular del conocimiento, partiendo de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras (Córdoba, Monsalve, s.f. p,3).

Adicionalmente de la información que se recopila para definir el proyecto, es fundamental tener en cuenta otras determinantes para diseñar, estas son conocidas y tenidas en cuenta en la arquitectura contemporánea, es decir, factores naturales como el sol, viento, el terreno, la vegetación y las necesidades del usuario para definir los aspectos formales, funcionales y estructurales.

### **3.2 Enfoque**

Los temas específicos relacionados con el proyecto “Vivienda vernácula como alternativa sostenible” son: La vivienda familiar como espacio de desarrollo, la construcción con los materiales naturales además de los reciclados y la ecología en la arquitectura vernácula. Estos ya han sido explicados en el marco conceptual y son características que definen la investigación como cualitativa, cabe destacar que permite al resultado consolidarse como una guía para realizar

construcciones ecológicas en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta y generar un aporte investigativo acerca de la arquitectura vernácula con la posibilidad de ser un referente para comunidades similares.

### **3.3 Población**

El planteamiento arquitectónico es una vivienda unifamiliar de bajos recursos, el diseño y los detalles dependen de los materiales del sector, la topografía y otras determinantes naturales características del bosque seco tropical de la región, por lo tanto, el diseño sirve de modelo para familias de toda el área metropolitana de Cúcuta.

Debido a la ubicación del proyecto se define como población las viviendas del barrio Nidia ya que el diseño se basa en específicas necesidades para personas habitantes de este sector que posee una zona consolidada como barrio y otra en expansión.

### **3.4 Muestra**

Específicamente en la zona de expansión es donde se lleva a cabo la invasión en el entorno natural, esta comunidad se caracteriza por situarse en terrenos irregulares y en zonas de riesgo, no poseer servicios públicos ni inclusión en la ciudad. Se toma como muestra una sección de 100 viviendas situadas al sur del barrio Nidia que se caracterizan por no estar consolidadas y haber iniciado como invasión, sin embargo, es necesario el mejoramiento de infraestructura y funcionamiento, así que este proyecto debe sentar sus bases en la solución a necesidades como la adecuación del terreno, aprovechamiento de los recursos, manejo de los materiales y método constructivo.



### **3.5 Técnica para recolección de datos**

#### **3.5.1 Observación**

Adicionalmente del análisis documental que recopila y selecciona información para concluir el proyecto, se requiere el método de observación para definir aspectos en relación al diseño arquitectónico, este adicionalmente de basarse en los determinantes naturales, tendrá en cuenta los requerimientos y las características de las 100 viviendas dispersas mencionadas anteriormente. Por lo tanto, es necesario recorrer el sector para conocer su estado actual.

#### **3.5.2 Instrumentos**

De acuerdo al estilo de investigación documental, se utilizan instrumentos como las bibliografías, revistas científicas, artículos web, videos, fotografías, libros, manuales y otros medios que pueden brindar información.

Añadido a esto se realiza un análisis del barrio, las formas de vida de los habitantes y sus sistemas constructivos por medio de fichas de observación, de acuerdo a un análisis se concluyen resultados que son determinantes para el diseño tales como la forma, circulaciones, funciones, medidas, distribuciones entre otros, que aportan a la eficiencia del proyecto arquitectónico.

## 4 Aspectos administrativos

### 4.1 Cronograma

El siguiente diagrama indica las fechas de las actividades necesarias para llevar a cabo la investigación.

	Nombre	Tri 1, 2017		Tri 2, 2017			Tri 3, 2017			Tri 4, 2017			Tri 1, 2018			Tri 2, 2018			Tri 3, 2018	
		feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago
1	Elección del tema	■																		
2	Redacción del anteproyecto	■	■	■																
3	Corrección del anteproyecto			■																
4	Aprobación del proyecto				■															
5	Redacción de los capítulos				■	■	■	■	■	■										
6	Revisión de los capítulos							■	■	■	■	■								
7	Propuesta arquitectónica											■	■	■	■					
8	Revisión Bibliográfica															■	■			
9	Preparación de la presentación																■	■	■	
10	Aprobación de la tesis																			■

Cronograma de la Investigación

**Tabla 1. Cronograma de actividades para la realización del proyecto. Elaboración propia.**

### 4.2 Descripción del cronograma

La definición sobre el tema a investigar sucede en febrero del 2017, luego de la aprobación como proyecto de grado se comienza a desarrollar el cuerpo del proyecto que se enfoca en la investigación, el proceso constructivo y de diseño para finalizar con la propuesta arquitectónica, consecuentemente se realiza la sustentación en agosto del 2018.

### 4.3 Presupuesto

<b>Objeto</b>	<b>Recursos propios</b>	<b>Recursos UFPS</b>
Honorarios del director		\$ 8'273.460
Honorarios del investigador	\$ 4'136.730	
Recursos bibliográficos		\$ 130.000
Impresión de planos	\$ 160.000	
Materiales	\$ 180.000	
Transporte	\$ 80.000	
<b>Total valor en pesos</b>	<b>\$ 4'556.730</b>	<b>\$ 8'403.460</b>

**Tabla 2. Presupuesto de investigación. Elaboración propia.**

## 5 Técnicas semejantes de construcción con tierra

### 5.1 La tierra como material de construcción

El uso de la tierra como material de construcción no es muy común en la actualidad, ya que cuando se requiere materializar un diseño arquitectónico, se recurre a las industrias para adquirir los materiales y las antiguas técnicas no son vistas como una posibilidad. Galdieri (1982); Achenza y Sanna (2006) indican que, aunque el paso del tiempo ha cubierto muchos sitios de ocupación humana, no se ha perdido el hábil uso de este material, durante la historia aparecieron desde chozas y viviendas modestas, hasta palacios, conjuntos urbanos y ciudades enteras (Citado en Liberotti y Daneels, 2012). Por tal razón, estas técnicas no deben considerarse como sinónimo de pobreza, ya que una correcta aplicación, abre infinidad de posibilidades para la arquitectura vernácula. Grandeau y Delboy (2010) sostienen que el 17% de los lugares en la lista “Patrimonio de la Humanidad” son sitios de arquitectura en tierra y alrededor del 30% de la población mundial vive en este tipo de casas (Citado en Liberotti y Daneels, 2012).

Por ende, la tierra como material constructivo ha sido la solución de diferentes culturas a lo largo del tiempo y en Colombia también se encuentra registro material sobre el tema. Los muiscas que ocuparon la mayor parte de la región andina utilizaron cubiertas de paja y paredes de bahareque para formar su cultura material (Sánchez, 2007). Sin embargo, el bahareque no siempre fue su único método, ya que en las mezclas de culturas los conocimientos de construcción con tierra se difundieron por América latina. Sánchez (2007) menciona que con la llegada de los españoles y durante el periodo de la colonia, las técnicas indígenas se adecuan a las innovaciones tecnológicas introducidas.

Es así como los latinos conocen técnicas de construcción con tierra provenientes de Europa que aportan posibilidades para solucionar la necesidad de vivienda, de igual forma en Colombia hubo buena aceptación. Sánchez (2007) Indica que por la evidencia que se conserva de edificaciones construidas en periodos pasados de la zona andina del país se puede establecer el uso de técnicas asociadas con el bahareque, el adobe y la tapia pisada.

Debido a que estas técnicas podían ser aplicadas por los mismos habitantes y la materia prima provenía del mismo sitio a intervenir. En los siglos XVII y XVIII la tapia pisada se convierte en el material popular utilizado en los muros de templos, casas y haciendas, cabe mencionar que se mezclaba esta técnica con el uso de abobes, piedra y ladrillo. (Sánchez, 2017).

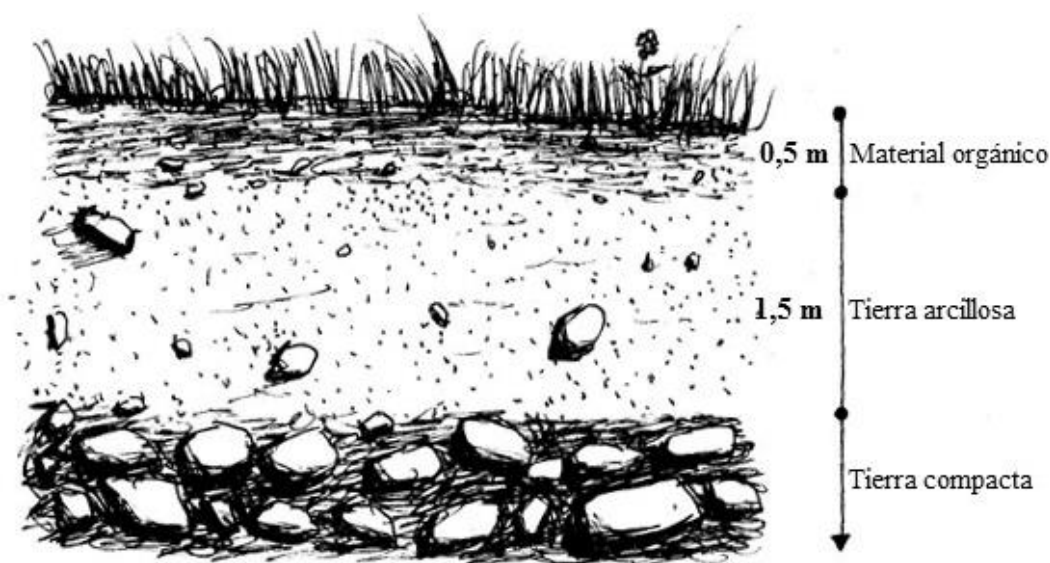
Sin embargo, el uso de la tierra como material constructivo decayó con la aparición de las industrias y sus ofertas de materiales artificiales. Los materiales tradicionales presentan el inconveniente de que, por haber sido transferidos oralmente no se cuenta con documentos que permitan su caracterización y es común que con el tiempo reciban alteraciones que acaban por desvirtuar sus bases originales (Guerrero, 2007).

Ahora bien, como se ha demostrado en el marco referencial de esta investigación, la arquitectura de tierra no ha sido del todo borrada y existen variedad de arquitectos e investigadores alrededor del mundo trabajando en ella. Después de muchos años de desprecio hacia este tipo de construcciones por ser consideradas como símbolo de pobreza, desde hace tres décadas se ha ido construyendo un importante bagaje conceptual que permite sustentar la practica edilicia actual (Guerrero, 2007).

A saber, todas las técnicas de construcción vernácula tienen una relación con el entorno y su usuario, en los casos cuando se utiliza el barro es posible concluir que las formas de trabajar

contienen similitudes. Bajo el termino arquitectura en tierra se engloban las estructuras en las que el suelo natural es acondicionado mediante humidificación, transformación y secado al sol para edificar elementos constructivos que hagan posible los espacios habitables (Guerrero, 2007). Por lo tanto, las técnicas como el adobe, bahareque, tapia pisada y cob, requieren el uso de tierra arcillosa, agua y otros elementos estructurales tales como la caña, el bambú y la madera.

Los métodos como el Adobe, el Bahareque y el Cob dan un resultado final similar, aunque su proceso o técnica difiere, poseen el mismo principio para preparar y seleccionar la tierra a usar, para optimizar la mezcla se debe excavar a determinada distancia para evitar usar tierra con material orgánico. “La capa intermedia, que normalmente se encuentra entre los 50 cm y los 2 m de profundidad, es la más adecuada por poseer una variedad granulométrica que permite mantener estables los suelos al modificar sus condiciones de humedad” (Guerrero, 2007, p.185). De este modo, después de extraerse el material de construcción, puede volverse a rellenar con la tierra orgánica y permitir el ciclo natural del entorno.



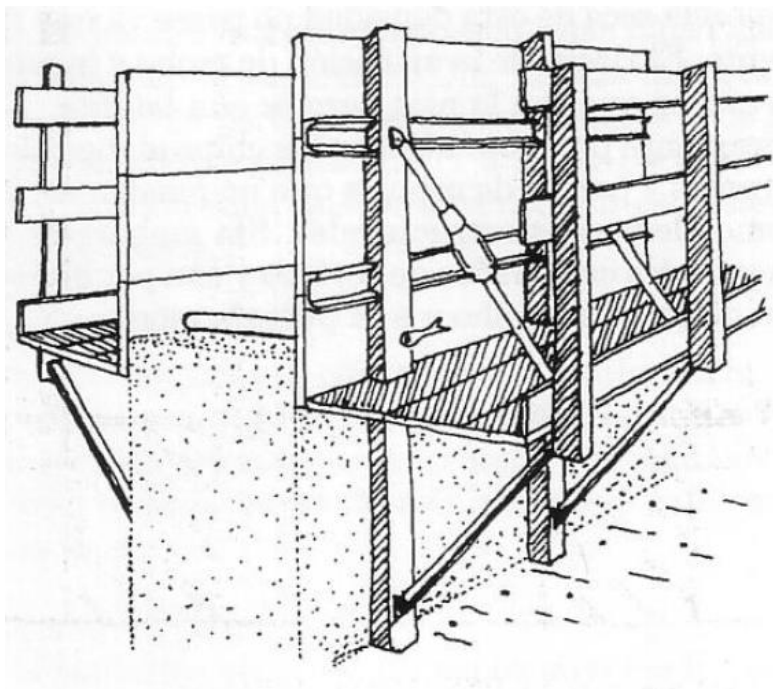
**Figura 4. Identificación de la tierra apta para construcción.**

Es importante mencionar que no toda la tierra de la superficie es apta para construir. Se puede esquematizar que la tierra está formada por proporciones diversas de grava, arena, limo, arcilla, agua y aire (Guerrero, 2007). No obstante, debe conseguirse la mezcla idónea para una correcta aplicación. “La arcilla actúa como aglomerante para pegar las partículas mayores en la tierra como lo hace en el hormigón el cemento. Limo, arena y otros agregados constituyen rellenos en la tierra” (Minke, 2005, p.23). Es así, como la composición de una buena mezcla depende del equilibrio de estos elementos, es decir que cada técnica de construcción con tierra requiere una composición diferente teniendo en cuenta los tamaños de las partículas. La clasificación granulométrica más común es la siguiente: La grava son partículas con un tamaño superior a 2mm, la arena está entre 0.06mm y 2mm, el limo de 0.002mm a 0.06mm y las arcillas son partículas menores a 0.002mm (Guerrero, 2007).

Ahora bien, se procede a demostrar los estudios realizados a las técnicas de construcción con tierra más relevantes, tales como, Tapia pisada, Adobe, Bahareque y por último el Cob, siendo esta la técnica seleccionada para realizar el diseño de la vivienda en esta investigación, se combina con una estructura de guadua y una cubierta domocaña.

## **5.2 La Tapia Pisada**

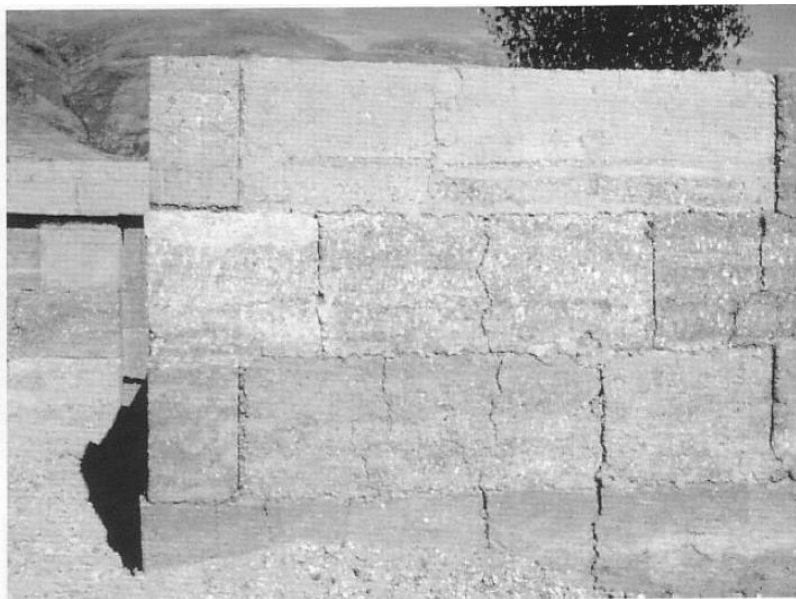
También conocida como Tapial o Tierra apisonada, este método constructivo es bastante conocido en los pueblos de Norte de Santander, Colombia. “La técnica consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm compactando cada una de ellas con un pisón” (Minke, 2005, p.60).



**Figura 5. Encofrado para barro apisonado. Minke (2005).**

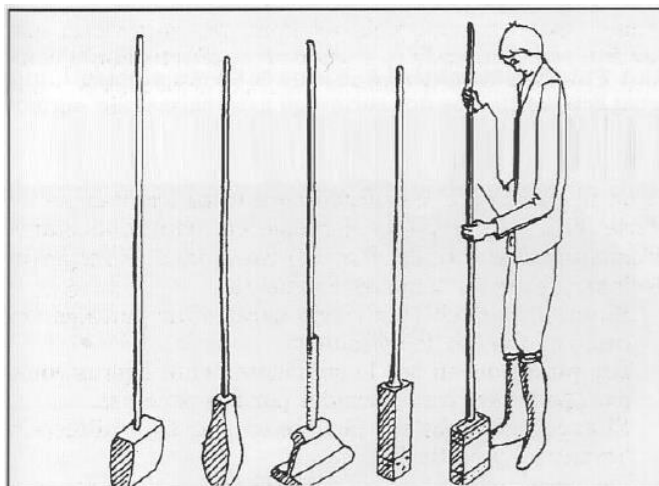
La figura 5 representa un encofrado de madera, estos son desarmables y están diseñados para que el constructor pueda pisar la tierra, después elevar el tapial y continuar pisando. Los tabloneros paralelos separados se unen por medio de travesaños que atraviesan el muro, estos al desmoldar el encofrado dejan espacios vacíos que deberán ser rellenados (Minke, 2005). De este modo se forman grandes bloques de tierra comprimida, uno sobre otro forman el muro. Las secciones de Tapia se traban de la misma manera que los adobes, pero acá son de gran tamaño, en las juntas horizontales se escarifica con un punzón la superficie del muro que recibirá la nueva hilada. (Yamín et al.,2007).





**Fotografía 17. Fisuras de retracción en un muro de barro apisonado, Ecuador. Minke (2005).**

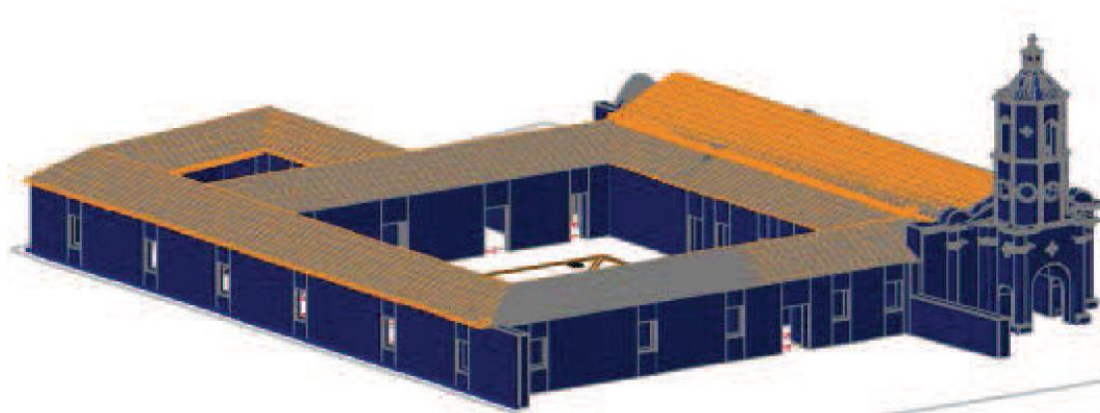
Se requiere que la compresión del material se realice correctamente, como ya se ha mencionado, es necesario un pisón. Utilizando los de base cónica y en forma de cuña se mezcla mejor el barro si se provee al material la humedad suficiente. No obstante, este tipo de apisonado requiere mayor tiempo que al usar pisones de base plana (Minke, 2005).



**Figura 6. Pisones utilizados para compactación manual. Minke (2005).**

El proceso constructivo es simple y repetitivo, en este caso se pueden fabricar varios tapias de diferente longitud para avanzar en varias partes de la edificación al mismo tiempo, igualmente el tapial servirá para una próxima construcción. “La tierra es apisonada en capas de 50 a 80 cm de altura, formando una capa de muro a esta altura antes de que el encofrado sea movido” (Minke, 2005, p.65). Esta técnica es bastante aceptada y se han realizado diversas pruebas sobre su comportamiento.

Para realizar una prueba sobre alguna técnica de construcción con tierra se requiere fabricar una muestra o tomarla de una construcción existente. Afanador, Carrascal y Bayona (2013) refieren que la materia prima utilizada corresponde al municipio de Ocaña, Norte de Santander donde hay presencia de casas, iglesias, conventos, bibliotecas y diferentes entidades construidas en tapia pisada algunas desde los años 1950 y otras desde 1533.



**Figura 7. Complejo histórico de la Gran Convención en 3D. Afanador et al. (2013).**

Generalmente, la arquitectura religiosa se realizó con tapia pisada, sin embargo, es común encontrar muros o combinaciones con el adobe o la mampostería de piedra, debido paso del tiempo suelen quedar zonas del muro expuestas, estas son aprovechadas por los investigadores

para poder examinar. El equipo realizó ensayos de compresión para medir los desplazamientos y la deformación de los especímenes (Afanador et al., 2013).



**Fotografía 18. Ensayo a la compresión normal (Tomado Lab. Resistencia de materiales y sísmica UFPSO)**

Como se observa en la fotografía 18, la fisura demuestra que el muro de tierra a llegado a su limite de resistencia. “Adicionalmente se realiza una cinética de secado con el fin de determinar la perdida de peso con el tiempo y establecer tendencias de secado” (Afanador et al., 2013, p.51). Consecuentemente, es determinante verificar la dosificación de los componentes en la tierra, en este caso el material estaba equilibrado. La muestra de trabajo clasifica como arena limo-arcillosa con porcentajes finos del 59.9% y de gruesos 40.1%, la cual es representativa del material utilizado en las construcciones en tapia pisada (Afanador et al., 2013).

Los resultados de la muestra se comparan con otros resultados en estudios anteriores, así mismo las conclusiones suelen ser similares. Afanador et al. (2013) afirma que la muestra de tapia no es vulnerable por acciones gravitacionales, pero si lo es sísmicamente, por lo tanto, la normativa de construcción colombiana (NSR-10) no considera los muros de tapia como elementos de resistencia sísmica. Sin embargo, es posible aportar a un mejor funcionamiento si

la construcción se realiza con mejoras. Por ser un material realizado por artesanos, es importante optimizar la densidad, se sugiere apisonar con equipos mecánicos que estandaricen la altura de golpeado y el tiempo de compactación, también garantizar humedad óptima (Afanador et al., 2013).

Se puede señalar que la tapia pisada a pesar de haber servido por tantos años, puede fallar estructuralmente. Este sistema presenta una alta vulnerabilidad sísmica debido a la poca resistencia a la flexión y esfuerzos de tensión diagonal (Yamín et al., 2007). Se puede señalar que, a pesar de los resultados, la tapia pisada no debe ser descartada para construir ya que las fallas estructurales pueden resolverse combinando otros materiales y técnicas como el reforzamiento que consiste en confinar los muros con columnas y vigas de madera como se ha demostrado. Yamín et al. (2007) sostiene que las rehabilitaciones implementadas disminuyen la vulnerabilidad sísmica y retardan de manera significativa el colapso, según los resultados, la resistencia incrementó hasta un 270% y la capacidad de deformación en el rango elástico aumenta (Yamín et al., 2007).



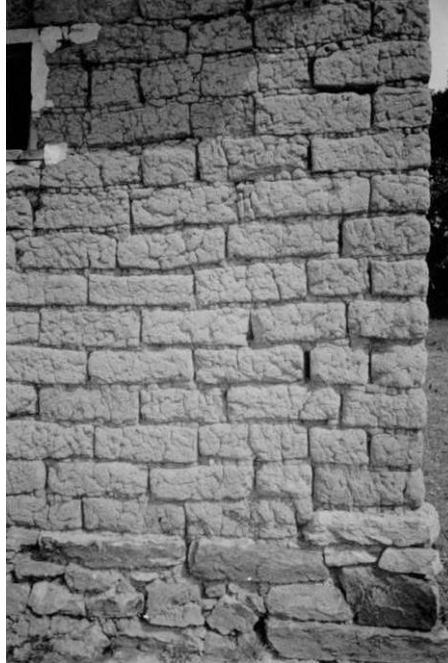
**Fotografía 19. Ensayo a escala reducida. Casa de tapia de dos pisos reforzada con maderas. Yamín et al. (2007).**

De este modo, el sistema de confinamiento de madera combinado con los muros de tapia genera una composición idónea para realizar arquitectura vernácula y segura. Yamín et al. (2007) refiere que, aunque estas alternativas generan un impacto en la apariencia arquitectónica, su bajo costo y la facilidad en la consecución de los materiales la hacen ideal para ser aplicada en zonas remotas y en las ciudades del país.

En conclusión la Tapia pisada puede ser una buena opción para realizar una construcción vernácula, requiere un molde y trabajo en equipo, aunque presenta fallas estructurales debido a que la tierra solo se compacta, puede reforzarse con madera evitando fallas estructurales y el colapso, este principio sirve como ejemplo para las otras técnicas como el adobe y el cob que originalmente no poseen estructura interna, incluso, la tapia pisada limita el diseño arquitectónico ya que los muros debe ser rectos, es decir, añadir resistencia estructural por medio de la curva no sería posible, sin embargo, sus logros deben tenerse en cuenta.

### **5.3 El adobe**

La técnica constructiva de adobe es tan conocida como la tapia pisada, inclusive variedad de construcciones antiguas poseen los dos sistemas al mismo tiempo. Los edificios que hoy son parte del patrimonio material de Colombia, al menos aquellos construidos antes de mediados del siglo XVIII, fueron edificados con alguna de las técnicas conocidas de tierra “cruda”, técnicas que siguieron vigentes hasta el siglo XIX (Rivera, 2012).



**Fotografía 20. Muro en tierra. Rivera (2012).**

Cabe destacar, que este sistema constructivo posee cierta practicidad para su elaboración y es el que más se asemeja al sistema convencional que utiliza los ladrillos cocidos. Se forma por el aparejado de unidades de tierra cruda secadas al sol (adobes) aglutinados con barro, que hace las veces de mortero de pega, las unidades de este mampuesto son moldeadas en diversos formatos y con diferentes composiciones granulométricas (Rivera, 2012). El aparejado de los bloques se realiza de la misma manera que la mampostería de ladrillo, así mismo, requiere el uso del nivel y la plomada, las dimensiones pueden variar según el gusto del constructor o las necesidades estructurales del diseño. Las piezas de adobe varían entre 0.30 m de largo x 0.15 m de ancho 0.07 m de alto hasta las dimensiones del orden de 0.40 m de largo x 0.20 m de ancho x 0.10 m de alto (Yamín et al., 2007).



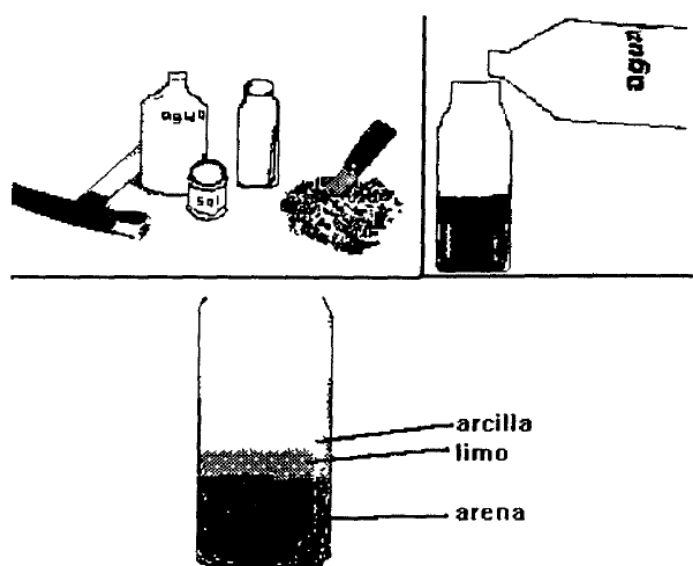
**Fotografía 21. Elaboración de adobes en Ecuador. Minke (2005).**

Repetitivamente, el barro preparado se deposita en un molde de madera para conseguir la forma y el tamaño adecuado para luego esperar al secado. La mezcla debe cumplir con requerimientos que certifiquen su resistencia y duración. Minke (2015) afirma que una distribución granulométrica optimizada para adobes o bloques de suelo es 14% de arcilla, 22% de limo, 62% de arena y 2% de grava, de este modo, no se mostrarían fisuras de retracción al secarse. Añadido a esto, es posible mejorar el comportamiento del adobe si se agregan fibras. Minke (2005) refiere que, usando pelo animal o humano, fibras de coco, sisal, agave, bambú o paja cortada la retracción puede reducirse ya que parte el agua es absorbida por las fibras. Esto también funciona como enlace o mini estructura dentro del material, ya que el barro al secarse tendría un entramado interno que mejora su resistencia.

Para verificar si la mezcla es apta para realizar los adobes existen varias pruebas manuales que ayudan a demostrar diferentes características. El ensayo de la mordedura consiste en morder una muestra de barro, si produce una sensación desagradable el barro es arenoso, los barro arcillosos por otra parte dan una sensación pegajosa, suave o harinosa (Minke, 2005).

Similarmente, se puede mezclar el barro en estado natural con agua. el barro húmedo se frota entre las manos, si las partículas se sienten indica que es arenoso, si es pegajoso, pero se limpia fácilmente es limoso, si es pegajoso, haciendo necesario el agua para lavarlas indica que es arcilloso (Minke, 2005).

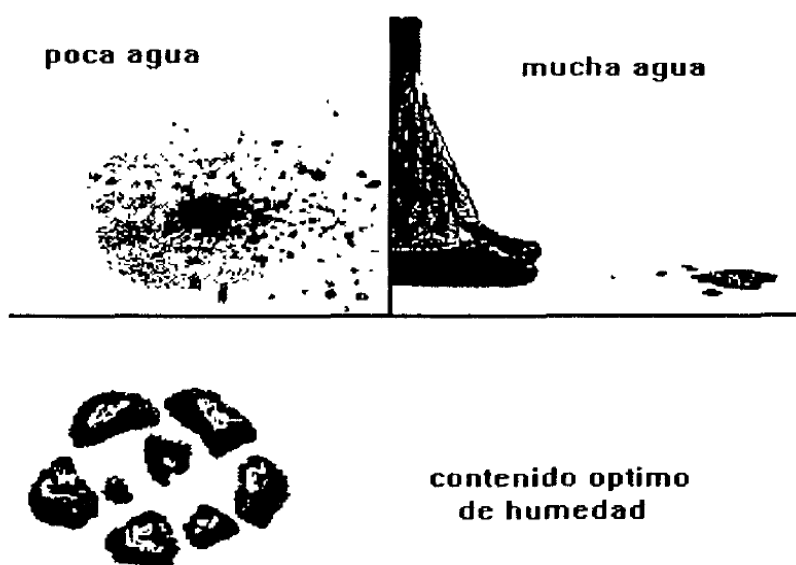
También se hacen pruebas realizando figuras y probando su comportamiento. Minke (2005) refiere que el ensayo del corte consiste en moldear una bola de barro y cortarla con un cuchillo, si la superficie cortada es brillante indica que es arcillosa, en cambio, si es opaca significa que contiene bastante limo. Añadido a esto, la prueba de sedimentación es muy importante y necesaria en todas las técnicas de construcción con tierra ya que esta provee rápidamente la composición aproximada de la tierra que se propone utilizar para la construcción. Se tritura tierra y se coloca en una botella, se agrega agua y se agita dejando reposar. Las arenas decantarán primero seguido por los limos y por último las arcillas que son las partículas más ligeras (De la Peña, 1997).



**Figura 8. Prueba de sedimentación. De la Peña (1997).**



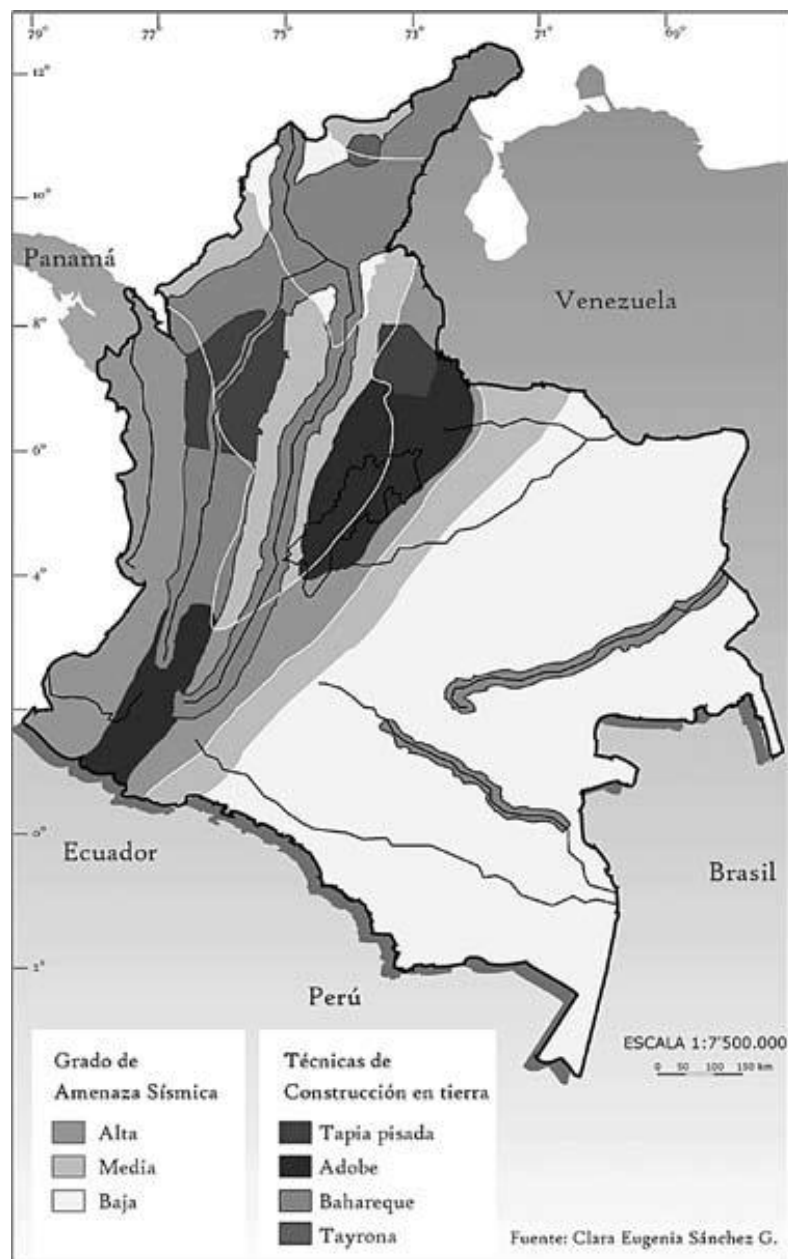
Aún, otra prueba muy útil es el ensayo de la bola ya que se puede verificar si el material se encuentra equilibrado de acuerdo a su humedad. La muestra debe ser seca pero suficientemente húmeda para formar una bola de 4 cm, si al dejarla caer desde 1.5 metros de altura se aplana, indica que posee demasiada arcilla, si se desmorona indica que posee muy poca arcilla (Minke, 2005). En conclusión, la bola debe partirse en varias partes para verificar que posee un contenido óptimo de humedad y está lista para usar en la construcción de los adobes.



**Figura 9. Prueba de la bola. De la Peña (1997).**

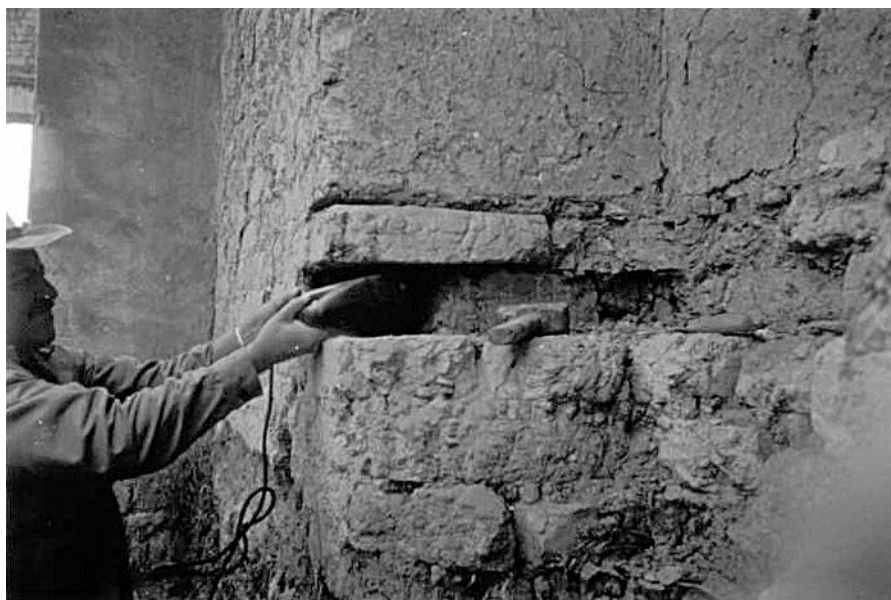
Los anteriores tipos de ensayos presentados pueden realizarse independientemente de algún equipo o herramienta profesional, así mismo, puede realizarse con cualquier tipo de tierra y debido a su simpleza, pero gran utilidad, estos ensayos están muy presentes al momento de realizar arquitectura vernácula. Por otro lado, se procede a demostrar estudios realizados al adobe, es importante verificar la sismorresistencia de las construcciones no avaladas por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y aún más cuando estas se encuentran en las zonas más sísmicas de Colombia. Sánchez (2007) refiere que esta arquitectura

se desarrolla más en las zonas de altiplano señaladas como alta y mediana amenaza sísmica; además, Colombia tiene actividad sísmica apreciable debido a la convergencia con las placas Nazca, Caribe y Suramericana.



**Figura 10. La arquitectura en tierra en Colombia y su relación con las zonas de amenaza sísmica. Sanchez (2007).**

En particular, el autor Rivera (2012) en su investigación “El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales” toma como caso de estudio La capilla doctrinera de Tausa Vieja localizada en el municipio de Tausa (Cundinamarca), se tomaron muestras de mortero y adobes enteros para realizar las pruebas.



**Fotografía 22. Capilla doctrinera de Tausa Vieja. Proceso de extracción de unidades de adobe. Rivera (2012).**

Para el proceso de análisis y ensayos se tomó una muestra del lugar, a los adobes pudieron realizarse el mismo tipo de prueba a compresión mencionada en la Tapia Pisada. “Los muretes de prueba se realizaron en formato de tres hiladas de altura, con una unidad de adobe en planta” (Rivera, 2012, p.175). Esta cantidad de unidades de adobe forma un murete de tamaño considerable para realizar la prueba como se aprecia en la fotografía 23.



**Fotografía 23. Caracterización mecánica en la ECI: compresión sobre muretes de adobe. Rivera (2012).**

Posteriormente a los ensayos realizados, el autor confirma que los adobes poseen características homogéneas. Rivera (2012) refiere que, de acuerdo a los resultados, el adobe presenta fragilidad y vulnerabilidad, incluso recomienda que se realicen estudios de rehabilitación para mejorar el comportamiento estructural de la arquitectura religiosa que se encuentra en deterioro.

Por otro lado, de acuerdo con el documento titulado: Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Yamín et al. (2007) refieren que extrajeron adobes de edificaciones existentes en el barrio La Candelaria de Bogotá para realizar los ensayos. Igualmente se realizaron ensayos a compresión, a diferencia que el murete puesto a prueba para la tracción lineal se compone de más adobes. Yamín et al. (2007) afirman que los muretes usados para el adobe fueron cuadrados, con espesores variables entre los 14.5 cm y 40 cm y con un lado variable entre 75 cm y 1.0 m.



**Fotografía 24. Ensayo de tracción diagonal. Yamín et al. (2007).**

De acuerdo a los resultados. Yamín et al. (2007) sostienen que el murete presenta baja resistencia, resaltando que los muros de adobe ante la aplicación de cargas que generan momentos perpendiculares a su plano, no presentan ninguna resistencia. Por lo tanto, no es seguro realizar una construcción de adobe sin antes combinarla con otras técnicas que le aporten un refuerzo. El sistema estructural presenta una vulnerabilidad sísmica debido su poca resistencia a la tensión, debido a esto se propone un refuerzo con maderas de confinamiento que no solo retarda el colapso, sino que permite que los muros queden en pie (Yamín et al., 2007).



**Fotografía 25. Fotografía ensayo a escala reducida. Casa de adobe reforzada con maderas. Yamín et al. (2007).**

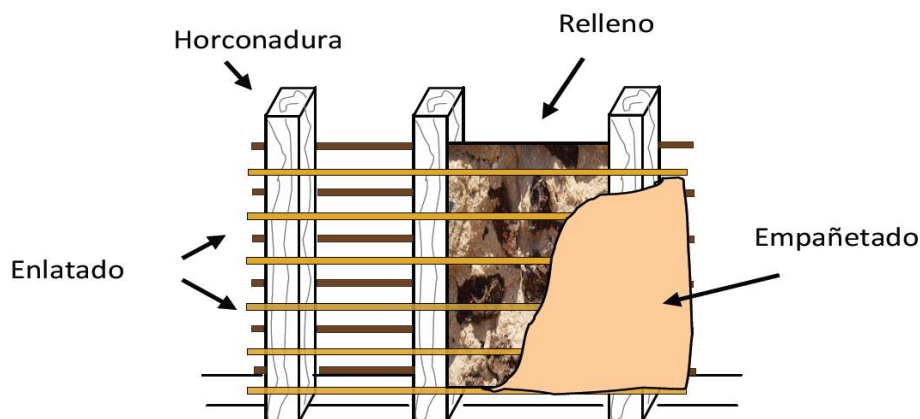
En conclusión, el adobe es una técnica muy práctica, cualquier constructor con experiencia en la mampostería convencional podría fácilmente fabricar adobes y levantar un muro correctamente usando el nivel y la plomada, no obstante, debido a la baja resistencia del adobe a los movimientos perpendiculares, es necesario reforzar con una estructura ya sea utilizando madera, bambú o caña. El adobe posee una ventaja frente a la tapia pisada ya que la mezcla para el mortero y los adobes adquiere más resistencia al secarse, es decir la arcilla sirve como elemento adhesivo, esto es una característica para tener en cuenta al momento de diseñar una edificación vernácula.

#### **5.4 El Bahareque**

Esta técnica continua presente en áreas rurales y resulta ser una alternativa óptima para realizar viviendas vernáculas, así como lo fue en tiempos pasados. Una etapa que podríamos denominar colonial, donde la arquitectura recurre principalmente a los materiales del sitio (Flores, 2003). Debido a que es una técnica no oficial de la norma sismo resistente colombiana,

los conocimientos de estas construcciones se transmiten de maestro a alumno generalmente en el campo. El bahareque es un sistema constructivo que modernamente es utilizado y con el apoyo de innovaciones, permite ofrecer en zona sísmica condiciones de seguridad mayores que otros sistemas inclusive más costosos o contaminantes (Flores, 2003). Inclusive, se tiene en cuenta la sostenibilidad de la caña como material principal del bahareque. Alzate y Osorio (2014) refieren que la vivienda debe ser escenario para analizar el aprovechamiento de materiales, apropiación cultural y desempeño económico, ya que el área de la construcción ha sido gran consumidor en el mundo, se convierte en objetivo para la sostenibilidad planetaria.

El bahareque posee versatilidad para adaptarse a las condiciones. “Las técnicas de barro lanzado han sido utilizadas en todos los climas tropicales, sub-tropicales y templados del mundo y son probablemente más antiguas que las técnicas del tapial y los bloques de tierra” (Minke, 2005, p.99). De acuerdo con el proceso constructivo. El mampuesto se constituye con una estructura de madera o guadua como soporte vertical, sobre la que se dispone en sentido horizontal por ambos lados un envarillado de caña brava fluctuando entre los 10 y 15 cm (Alzate y Osorio, 2014). De este modo se forma una estructura concisa que requiere ser rellena. Las cavidades se rellenan con barro, así se facilita sustentación al pañete de acabado; este recubrimiento usualmente se encuentra conformado por una mezcla de tierra, fibras vegetales, estiércol de caballo y cal (Alzate y Osorio, 2014).



**Figura 11. Componentes del bahareque. Henneberg (2012).**

Es importante resaltar que la técnica ha ido variando detalles con el tiempo de acuerdo a la arquitectura y la nueva tecnología. Alzate y Osorio (2014) afirman. “El envarillado originalmente se fijaba a la estructura con bejucos, material que se sustituiría a principios del siglo XX con la entrada de materiales importados como la puntilla o el alambre galvanizado” (p.12). Inclusive la mezcla para realizar el relleno no debe ser rígidamente de una misma consistencia. Minke (2005) refiere que suelen realizarse bolas de barro para rellenar junto con grava gruesa o piedras.



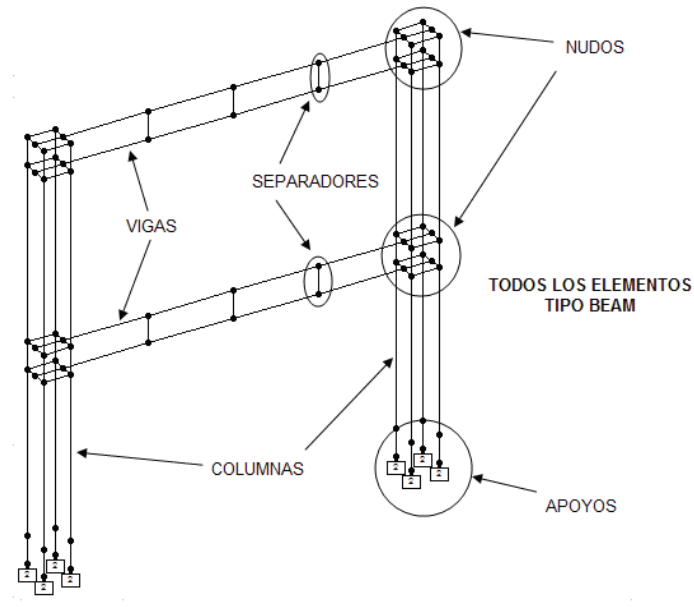
**Fotografía 26. Edificación de bahareque tradicional, Venezuela. Minke (2005)..**



Por otra parte, para probar la consistencia de la tierra se pueden seguir las mismas indicaciones y ensayos manuales mencionados para el adobe, igualmente existen recomendaciones en cuanto a dosificaciones y materiales añadidos. Hennerberg y Briceño (2016) plantea que una mezcla con 20% de arcilla y 80% de arena se percibe como la más resistente, inclusive, establece agregar 10% de aditivos al barro ya sea 10% de cemento o 5% de cemento y 5% de cal.

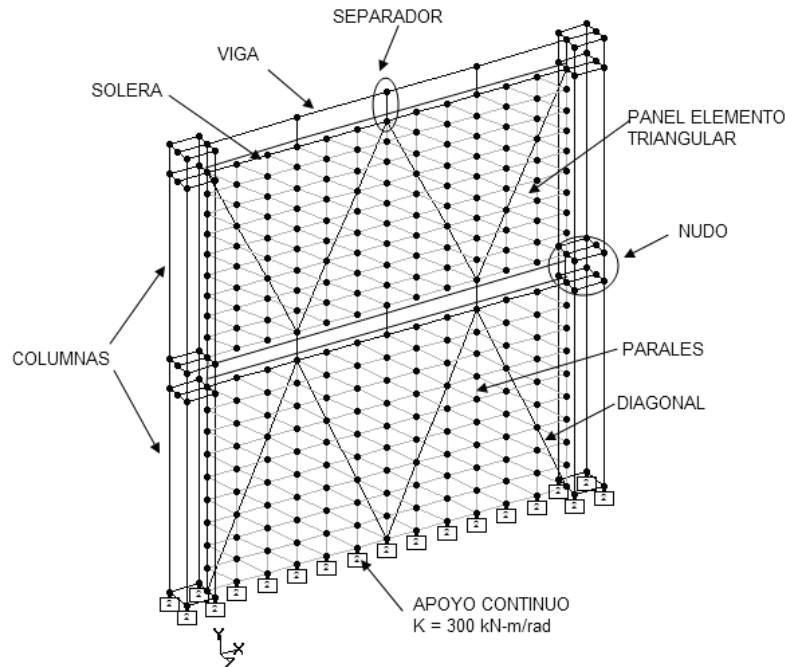
Acerca de los análisis o estudios estructurales de laboratorio, el bahareque posee ventajas respecto a las otras técnicas de construcción. Herrera y Takeuchi (2009) sugieren que después del sismo de 1999 en Armenia, el estudio sísmico sobre el bahareque en Colombia toma relevancia debido al buen comportamiento durante el sismo, los estudios buscaban tecnificar el proceso para hallar un grado adecuado de sismorresistencia. En efecto, se señala el contenido de la investigación titulada: Comportamiento de pórticos en *Guadua angustifolia*, rigidizados mediante paneles prefabricados en bahareque. Herrera y Takeuchi (2009) refieren que en esta investigación se hizo una evaluación experimental de un sistema de pórtico a escala 1:1 obteniendo resultados bastante alentadores, en donde se redujeron derivas en aproximadamente un 50% y se aumentó la resistencia un 40%.

Fundamentalmente, el muro realizado es de grandes dimensiones y posee la capacidad para ser probado a escala 1:1. Herrera y Takeuchi (2009) afirman que los pórticos tenían una altura de 4.70m, un ancho exterior de 4.00m y una luz libre entre columnas de 3.70m usando *guadua angustifolia*, las columnas conformadas por 4 elementos de *guadua* y las vigas de 2. Tal como se muestra en la figura 17.



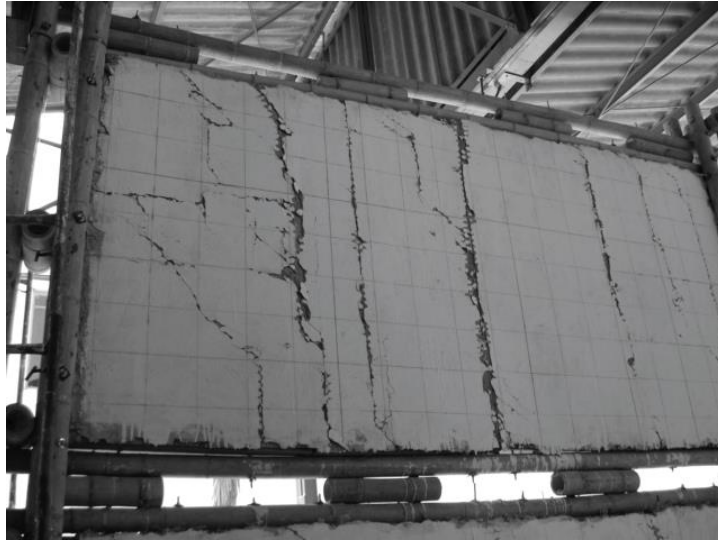
**Figura 12. Modelo de pórtico sin paneles. Herrera y Takeuchi (2009).**

Posteriormente, se completa en su totalidad con los elementos modulares. Al pórtico descrito se instalaron los paneles prefabricados en bahareque encementado y tiras de guadua, las dimensiones del panel son 0.90m x 1.80m para el nivel superior del pórtico (Herrera y Takeuchi, 2009). De esta forma, el pórtico cumple su función de muro, al mismo tiempo que adquiere más resistencia como se muestra en la figura 12.



**Figura 13. Modelo 2 Pórtico con paneles en bahareque encementado. Herrera y Takeuchi (2009).**

En relación a los ensayos, Herrera y Takeuchi (2009) refieren que se realizaron pruebas de carga y descarga horizontal en una dirección, así mismo, se elaboraron modelos numéricos lineales para verificar el resultado obtenido. Seguido a esto, en el ensayo se nota un gran aporte de los paneles con recubrimiento que hacen una función estructural aparte de las columnas y vigas. Herrera y Takeuchi (2009) mencionan que al incluir el recubrimiento se modifica el comportamiento estructural del panel y los resultados son alentadores. Por otro lado, refiriéndose al pórtico completo el autor presenta las siguientes fallas.



**Fotografía 27. Falla en pórtico de bahareque. Herrera y Takeuchi (2009).**

La falla mostrada en la figura 27 muestra el límite de resistencia del pórtico completo, no obstante, la estructura no cede y la mezcla no se derriba, esto es importante ya que demuestra que una mezcla entre la mezcla homogénea de tierra y una estructura consolidada son una alternativa antisísmica, por consiguiente, las fallas presentadas pueden ser minimizadas. En este caso es importante mencionar que debido a que el sistema pórtico se separa en dos niveles, las fallas actúan diferente en cada conjunto de paneles.



**Fotografía 28. Falla en la solera. Herrera y Takeuchi (2009).**

Por otro lado, no solo los paneles fallan, ya que la estructura que los sostiene recibe la presión directamente, como se observa en la figura 28. “Al momento de la falla los dos paneles centrales superiores sufren un desprendimiento en su solera superior y los pernos desgarran el elemento de viga superior a la que están conectados” (Herrera y Takeuchi, 2009, p.11). En relación a las conclusiones, el autor no descarta el buen resultado del bahareque.

El adicionar paneles estructurales a los pórticos mejora su comportamiento estructural debido a que se aumenta la resistencia en un 111% en pórticos con muros de bahareque encementado y en 93 % en pórticos con paneles de tiras en guadua. (Herrera y Takeuchi, 2009, p.12)

Es importante mencionar que el valor añadido que tiene el bahareque en comparación con el adobe y la tapia es su estructura tanto interna como externa ya que la madera, bambú o guadua son materiales que poseen buena resistencia, al combinarse con el barro adquieren protección contra el tiempo, Herrera y Takeuchi (2009) afirman. “las uniones entre pórticos y paneles sufrían desgarramientos, fisuras y deterioros, caso contrario a las uniones entre paneles que tenían señales de la acción de las fuerzas que actuaban, pero sin perder la integridad en la unión” (p.12).

En conclusión, el bahareque resulta ser una de las mejores opciones para la arquitectura vernácula, estructuralmente ofrece buenos resultados y formalmente permite casi cualquier opción, ya sea para una planta reticular u orgánica. Aunque puede resultar más costoso o difícil conseguir el material estructural como la guadua, la caña o la madera, vale la pena debido a los beneficios mencionados, añadido a esto, su duración puede ser indefinida si se realiza el mantenimiento apropiado a los revoques.

## 5.5 El Cob

Esta técnica de construcción con tierra puede ser considerada como la más práctica comparada con la tapia, el adobe y el bahareque ya que además de su facilidad para ser aplicada es muy dúctil. Minke (2005) afirma. “El barro como ningún otro material de construcción tiene la característica de convertirse en un material plástico al mezclarse con agua, pudiendo así ser moldeado. Representa por ello un reto de creatividad para los diseñadores y constructores” (p.86). Debido a esto, el diseño deberá ser concebido diferente ya que el funcionamiento estructural y el proceso constructivo difiere al de las otras técnicas. Bee (1997) sugiere dejar ir el concepto recto y cuadrado de la casa, se debe observar que la naturaleza rara vez usa una línea recta, cuanto más corta es la curva más fuerte es la pared. Así mismo, es posible realizar infinidad de figuras y conformar diversos tipos de espacios, en la figura 29 puede apreciarse la modelación de un mobiliario de Cob.



**Fotografía 29. Modelado de un banco con barro húmedo. Minke (2005).**

Inclusive, el Cob debido a su simplicidad fue concebido por variedad de culturas a lo largo de la historia, podría concluirse que hace parte del instinto humano. Minke (2005) sostiene

que es la técnica más simple y primitiva ya que ninguna técnica es requerida. En Colombia y sur américa la mayoría de registros y construcciones con tierra son de bahareque y tapia pisada a diferencia de otros países donde el Cob posee más predominio. Existen construcciones con Cob en Europa de 800 años, algunos edificios de los siglos 16 y 17 aún se encuentran de pie. En Inglaterra hay aproximadamente 50.000 edificios de Cob entre los siglos 18 y 19 todavía en uso (Bee, 1997). Sin embargo, el registro de estas construcciones no solo se centra allí. Patte y Streiff (2007) postulan el Cob permanece en varias regiones europeas, Bretaña, Baja y Alta Normandía, Vendée, Languedoc-Rousillion, Aquitania y Valle de Loira en Francia; Antigua Castilla en España; Chieti en Italia; Sajonia, Sajonia-Anhalt y Turinga, Alemania; y Moravia en la Republica Checa (Citado por Watson y McCabe, 2001).



**Fotografía 30. Vivienda de 1410 en Cockington, Devon, Inglaterra. Minke (2005).**

Por lo tanto, se concluye que el Cob es una buena opción si se requiere ahorrar dinero para la construcción, construir su propia vivienda, disminuir el impacto ambiental y adquirir variedad de beneficios comfortable. El Cob es amigable con el planeta, reduce el uso de madera,

acero y materiales tóxicos de construcción (Bee, 1997). A pesar de ser una técnica milenaria, existe poca bibliografía sobre esta, además, los conocimientos se transmitieron oralmente a lo largo de los años, no teniendo inconvenientes con la sociedad hasta ahora. Hamard, Cazacliu, Razakamanantsoa y Morel (2016) manifiestan que el Cob propone un interés renovado debido a su bajo impacto ambiental, sin embargo, las restricciones económicas y normativas del sector de la construcción se imponen debilitando el proceso constructivo reduciendo beneficios medioambientales y sociales. Ahora bien, adquirir una licencia de construcción proponiendo esta técnica no será posible, así que una construcción de Cob u otras técnicas vernáculas pueden realizarse como prototipo de prueba o en muchos casos como alternativa sostenible para solucionar la necesidad de vivienda en comunidades vulnerables con habitantes de bajos recursos.

En relación al proceso constructivo, la técnica para conformar el muro es elemental y las pruebas de tierra antes mencionadas en el adobe donde se verifica si la tierra es apta para construir, son igualmente necesarias para el Cob. “Basado en información bibliográfica, el proceso de Cob se divide en 4 pasos elementales: (1) suministro y preparación de materias primas, (2) mezcla, (3) implementación y (4) rectificación y secado” (Hamard et al., 2016, p106). Por lo que se refiere a suministro y preparación, significa como se obtiene la materia prima y como se verifica su comportamiento. Los anteriores constructores tenían un conocimiento específico para elegir la tierra usando los sentidos. hoy en día este conocimiento se ha perdido, aunque se intenta redescubrir a través de análisis en viejas paredes de Cob (Hamard et al., 2016). También, realizando pruebas sencillas con el barro como la mordedura, frotarla con las manos, el corte, la caída de la bola y la sedimentación es suficiente para hallar una mezcla consistente para ser aplicada.





**Fotografía 31. Preparación de la tierra. Cluever (2016).**

Consecutivamente, se debe hallar el lugar para extraer la cantidad de tierra necesaria, puede ser el mismo sitio de intervención o si la tierra no es apta, otro lugar preferiblemente no tan lejano. Hamard et al. (2016) refiere que la capa superficial es rica en materia orgánica y se considera inadecuada para la construcción, la tierra adecuada se encuentra justo debajo, cuando no se excava en el sitio, puede ser transportada en carreta por animales y almacenada. Sin embargo, para un espacio considerado urbano o semiurbano, puede considerarse la idea de transportar el material por medio de un volquete o camión de carga. Adicionalmente debe añadirse la estructura de la mezcla. La técnica de Cob se asocia generalmente con la adición de

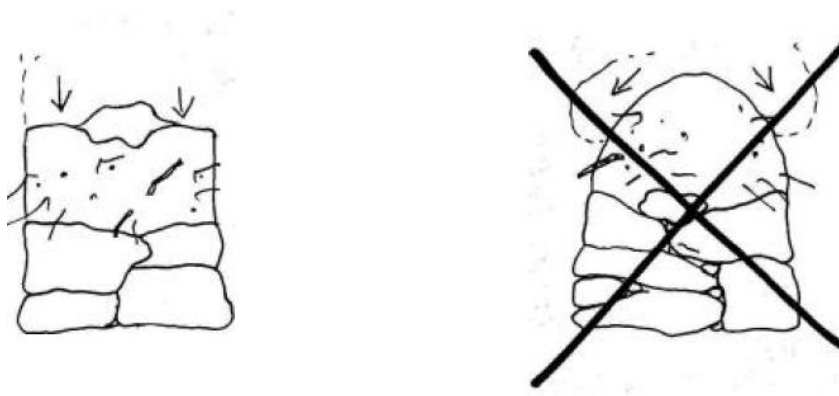
una fibra natural, la más comúnmente citada es la paja (Hamard et al., 2016). De este modo, el barro obtiene gran adherencia y resistencia.



**Fotografía 32. Mezcla de barro con paja lista para aplicar sobre el muro. Cluever (2016).**

Luego de tener listo el barro y la paja, se combina con agua y se procede con el mezclado. Bee (1997) expresa que el Cob se mezcla con una combinación entre agitación y compresión, en mi experiencia, la mejor manera de lograr esta combinación es con los pies y las lonas. Es decir, se utiliza una lona o tela de plástico para situar el barro sobre ella, luego se aplasta o amasa con los pies, para dar vuelta a la mezcla se aprovecha la lona y se continúa mezclando hasta obtener la plasticidad deseada. El siguiente paso es la implementación, para levantar el muro no se requiere más que las manos y un nivel, el barro se retira de la lona y se aplica sobre la

cimentación. Bee (1997) sugiere levantar puñados de Cob sobre el muro y moldear, los pulgares son una gran herramienta, se pueden utilizar las palmas o nudillos también, una mano da la forma y la otra comprime usando la gravedad para empujar. Cuando se encuentra moldeando, está creando la superficie para la siguiente hilada de Cob, asegúrese de tener como habito hacer una superficie plana en los bordes superiores de la pared, no una redonda. Tal como se aclara en la figura 14.



**Figura 14. Forma correcta e incorrecta de levantar el cob. Bee (1997).**

Cabe resaltar que, al aplicarse el material húmedo, este tenderá a fragmentarse si se ponen varias capas una sobre otra, por eso es recomendable avanzar despacio. Las paredes son levantadas por capas ascendentes, alrededor de 30 cm por vez y el tiempo de aplicación entre una y otra dependerá de la rapidez con la que fragüe cada una (Salazar, 2005). Así, es posible elegir entre los dos tipos de muro, uno que posee el mismo espesor tanto en la parte superior como en la inferior siendo necesario para cubiertas pesadas u otros fines estructurales, o bien, un muro que se adelgaza a medida que gana altura. El muro tiene menos peso que soportar en las partes más elevadas, así que no necesita ser tan espeso mientras se acerca a la cima, usted puede afilar la cara exterior del muro (Bee, 1997). Es importante mencionar que este afilado en la parte superior no puede ser tan delgado ya que el muro se debilitaría. Salazar (2005) refiere que el

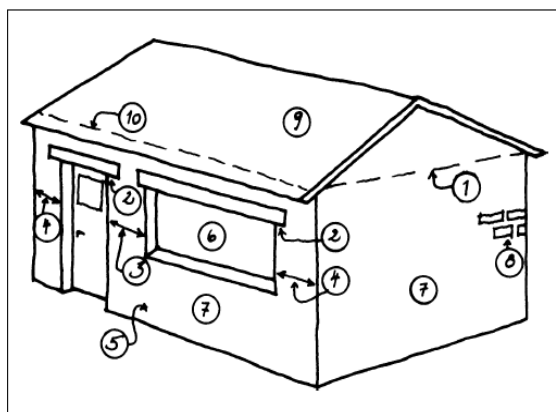
espesor en la parte superior debe ser mínimo 25 cm, por cada 90 cm de altura deberán sumarse 5 cm de grosor, de modo que un muro de 2,40 m de altura presentará 25cm en su extremo alto y 39cm en su base.



**Fotografía 33. Levantamiento de un muro de Cob. Cluever (2016).**

El siguiente y último paso es la rectificación y secado, mientras se levanta el muro y se moldea puede utilizarse un nivel para verificar la verticalidad del muro, sin embargo, suelen quedar imperfecciones. Hamard et al. (2016) afirma que las caras del muro deben ser rectificadas, esta operación se puede realizar utilizando un pico, una azuela, una sierra, una pala, un cuchillo o un hacha. Es decir, se utilizan estas herramientas para raspar las imperfecciones y dejar preparada la superficie para después recibir el revoque. Seguido a esto, queda esperar a que el muro pierda humedad y adquiera resistencia, al igual que los adobes, este debe secarse a la sombra para evitar el encogimiento. En promedio, el tiempo de secado de un muro de Cob es de 11 a 21 días dependiendo del clima (Hamard et al., 2016).

En relación a la sismorresistencia, el cob posee buena credibilidad debido a su remota historia. Kennedy (2004) postula que el Cob como antigua técnica de construcción de paredes monolíticas usando tierra húmeda y paja es una de las mejores técnicas de construcción de tierra para usar en zonas sísmicas. Inclusive, es posible concluir que posee ventajas respecto a la tapia pisada y el adobe debido a la consistencia de la mezcla que lo compone y la forma como se edifica. Minke (2005) plantea que entre más compacta es la planta, más estable será la vivienda, una planta cuadrada es mejor que una rectangular y una circular es la forma óptima.



1. Ausencia de un refuerzo horizontal (encadenado, collarín o viga cadena)
2. Los dinteles no penetran suficientemente en la mampostería
3. El ancho de muro entre los vanos de la ventana y la puerta es demasiado angosto
4. El ancho entre los vanos de la ventana y la puerta en relación a las esquinas es demasiado angosto
5. Ausencia de un sobrecimiento (zócalo)
6. El vano de la ventana es demasiado ancho
7. El muro es muy largo y delgado sin tener elementos de estabilización
8. La calidad de la mezcla del mortero es pobre (con una baja capacidad aglutinante), las uniones verticales no están completamente rellenas, las uniones horizontales son demasiado gruesas (más de 1,5 cm)
9. La cubierta es demasiado pesada
10. La cubierta tiene un arriostramiento débil con el muro

**Figura 15. Errores estructurales que provocan riesgos de derrumbe durante un sismo. Minke (2005).**

Como se aprecia en la figura 13, la vivienda de adobe posee fallas comunes que facilitan el derrumbe durante un evento sísmico, entre los más notables, se encuentra la ausencia de sobrecimiento, los vanos anchos, los muros largos y el débil arriostramiento, aunque el cob también debe tener en cuenta estos aspectos, el comportamiento es diferente ya que los muros son una sola masa.



**Fotografía 34. Muro de Cob. Cluever (2016).**

El cob es una de las técnicas menos estudiadas así su gran extensión evidencie su adaptación a diferentes naturalezas de suelo, climas y necesidades sociales alrededor del mundo, es necesario analizar edificios existentes, desarrollar métodos científicos y continuar redescubriéndolo (Hamard et al., 2016). Este sistema puede asimilarse a la tapia pisada, pero difiere en que no requiere molde, la mezcla se activa con agua y se refuerza con paja, esto permite la conformación de un muro completamente monolítico con ventajas estructurales.

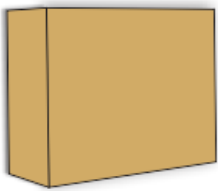
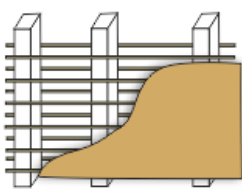
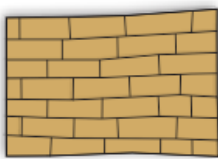
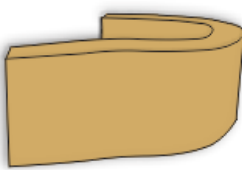
Es decir, esta mezcla de barro arcilloso, arena y paja se asemejan al concreto. Prácticamente una casa de cob puede hacerse integra sin pórticos, amarres o contrafuertes si el diseño contempla un desarrollo curvilíneo, de este modo las cargas se distribuyen equivalentemente a todo lo largo de una sola pieza (Salazar, 2005). Inclusive, si el diseñador

requiere una construcción reticular similar a las construcciones convencionales, puede hacer una combinación entre el cob y una estructura natural. Pueden realizarse sistemas pórticos con columnas y vigas, en estos casos es recomendable fabricarlos con perfiles de madera o guadua, ya que el concreto armado trabaja a coeficientes de dilatación y contracción diferentes al cob lo que dificulta la adherencia entre materiales (Salazar, 2005).

En conclusión, el cob podría resurgir como método constructivo de moda en comunidades vulnerables, asimismo, podría utilizarse en proyectos ambiciosos que no necesariamente necesiten reducir su presupuesto, sino que busquen minimizar su impacto ambiental. La supervivencia del legado de cob muestra la técnica para convertir el subsuelo en un material de construcción, este comienza a existir en la construcción contemporánea, aunque haya una amnesia en cuanto su valor (Watson y McCabe, 2011). Incluso, no solo existen prejuicios sobre el cob, las otras técnicas se encuentran incluidas, podría afirmarse que debido a que no es una marca registrada o no se patrocina por una empresa, los habitantes no aportan su credibilidad. Lo cierto es que estas técnicas deberían ser las más aprobadas por ser parte de las culturas ancestrales y haber sido verificadas durante años, siendo ejemplo de sostenibilidad. Brown (2000) postula que la arquitectura vernácula es conservadora por naturaleza, es el producto de prueba y trabajo de generaciones de constructores que por ensayo y error se han puesto de acuerdo sobre lo que funciona y es aceptable (citado por Watson y McCabe, 2011).

## 6 Selección del método constructivo

Las cuatro técnicas de construcción natural, siendo la Tapia Pisada, el Bahareque, el Adobe y el Cob presentan variedad de ventajas, sin embargo, dependiendo del contexto, las necesidades y las capacidades, algunas sirven mejor que otras, por ejemplo, La Tapia Pisada es adaptable a una estructura de madera para solucionar el problema sísmico, no obstante, requiere de un molde para conformar el muro y el conocimiento a detalle de la técnica; el Bahareque posee una estructura por naturaleza, aunque esta estructura requiere un entramado que requiere mayor cantidad de material, ya sea caña brava o esterilla de guadua, sin embargo es una de las técnicas más prácticas y resistentes; El adobe es familiar debido a su similitud en lo convencional, pero requiere bastante tiempo para hacer los bloques, secarlos y apilarlos.

Tapia Pisada	Bahareque	Adobe	Cob
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Muros de 40 cm</li> <li>● Requiere Tapial y pisón</li> <li>● Tierra a compresión</li> <li>● Adaptable a una estructura</li> <li>● Vulnerable sísmicamente</li> <li>● Construcción por secciones</li> <li>● Plantas reticulares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Muros de 15 cm</li> <li>● Requiere estructura</li> <li>● Sistema de porticos</li> <li>● Monolitico</li> <li>● Antisismico</li> <li>● Construcción por secciones</li> <li>● Plantas reticulares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Muros de 15 cm</li> <li>● Requiere molde</li> <li>● Semejante a muros hechos con ladrillo</li> <li>● Vulnerable sísmicamente</li> <li>● Adaptable a una estructura</li> <li>● Construcción por secciones</li> <li>● Plantas reticulares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Muros de 40 cm</li> <li>● Modelado manual</li> <li>● Modificable</li> <li>● Antisismico</li> <li>● Monolitico</li> <li>● Adaptable a una estructura</li> <li>● Eleva 30 cm por ronda la totalidad de los muros</li> <li>● Plantas Curvas</li> </ul>

**Figura 16. Comparación de las técnicas de construcción con tierra.**



Ahora bien, Se resalta el Cob como técnica óptima para realizar la propuesta arquitectónica de esta investigación debido a sus buenas propiedades estructurales, la facilidad y maleabilidad que posee, se adapta a las necesidades del proyecto y brinda seguridad al interior ya que puede combinarse con una estructura de guadua que soporta la cubierta y aporta consistencia, permite una libertad orgánica en el diseño, la construcción se puede realizar muy rápidamente y no se requieren herramientas.

Por otra parte, los espesores de los muros aportan una protección térmica que es congruente con el clima del barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, así mismo, ventanas o aberturas pueden permitir el paso de la luz solar, el Cob permite casi cualquier morfología de diseño, esto es una ventaja ya que puede optarse por la planta circular sismo resistente con un programa arquitectónico de acuerdo a las necesidades de cada familia. Por otra parte, es una alternativa para los habitantes que podrían utilizar el suelo arcilloso y las piedras para conformar su vivienda digna, al mismo tiempo que le aportan su identidad autoconstruyendo y modificando según su necesidad, la distribución optimizada evitará el consumo excesivo de energía y el impacto ambiental a corto y largo plazo podrá disminuir.

## **6.1 Muros de Cob**

De acuerdo con la investigación de las otras técnicas, se puede apreciar que el bahareque posee una estructura de caña o guadua interna a diferencia de la tapia pisada y el adobe, por otra parte, al incluir una estructura en estas dos técnicas mejoró su comportamiento, por lo tanto, puede ser una posibilidad mezclar el cob con una estructura interna que además de unir la cimentación con los muros, podría servir de ensamble para la cubierta y así aportar una mejora estructural. Para desarrollar el proceso constructivo, adicionalmente de sustentar por medio de

autores, es necesario proponer mediante diseño propio soluciones o detalles constructivos relacionados con los muros, la cubierta y las instalaciones tanto hidráulicas como eléctricas ya que el diseño y los materiales difieren de los convencionales donde existe una solución estipulada.

En conclusión, la mejor alternativa es construir los muros de 40 cm de espesor teniendo en cuenta esta medida en los 2,4 metros de altura que poseen, añadido a esto, se incluye una estructura de guadua que posea congruencia y resistencia. Al mismo tiempo que se protege de la humedad en el suelo utilizando un sobrecimiento de piedra y los muros de barro protegen la guadua del desgaste.

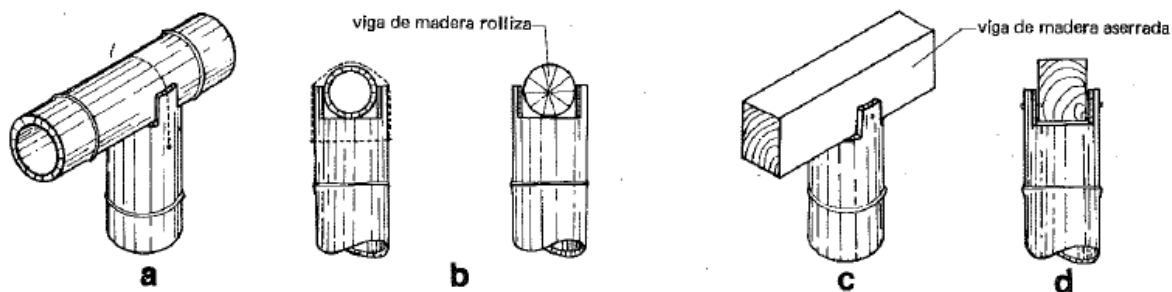
## **6.2 Estructura de Guadua**

La Guadua o el Bambú es un material natural bastante conocido en Norte de Santander y Colombia, posee propiedades que benefician la fauna y la flora. Minke (2010) afirma. “Es un recurso natural de rápido crecimiento que produce mucha más biomasa seca por hectárea y año que el eucalipto” (p.7). Es decir, representa un recurso renovable que al cultivar aporta al cuidado del medio ambiente. El Bambú tiene una densa red de raíces que amarra la tierra y evita su erosión por lluvias fuertes e inundaciones, retiene el agua, reduce la temperatura, capta el CO<sub>2</sub> y requiere menor energía primaria para su producción (Minke, 2010). Por lo tanto, es de suma importancia no solo cultivar Bambú para usar en la construcción, sino que debe sembrarse a las orillas de los ríos, en las zonas de inundación y en los humedales.

Por otra parte, el Bambú es sinónimo de resistencia y es muy conocido como el acero vegetal. A los 2 años las cañas son mejor para hacer tableros de esterillas y normalmente de los 3 a 5 años son ideales para el uso en la construcción (Minke, 2010). Encima, la historia demuestra

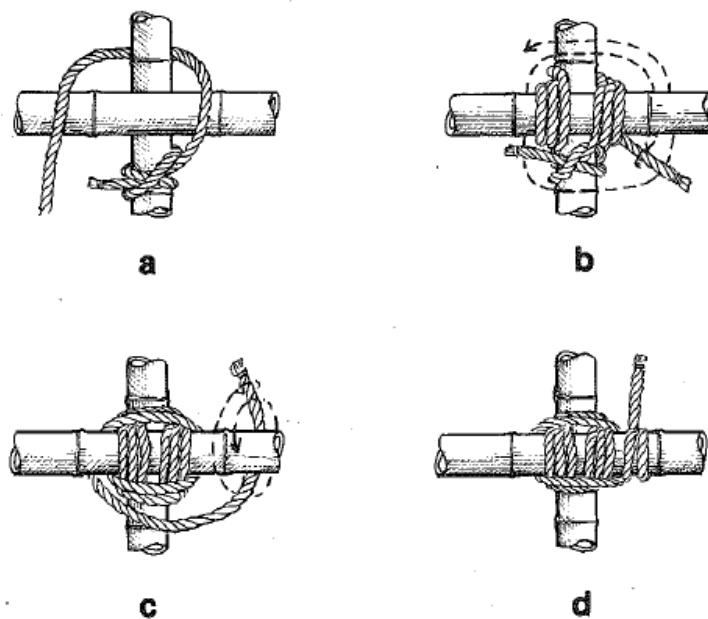
resultados de un gran soporte estructural. Minke (2010) menciona que, por su alta resistencia contra fuerzas en relación a su peso, su capacidad de absorber energía y flexibilidad, el bambú es ideal para construcciones sismo resistentes. De este modo, una construcción de tierra combinada con una estructura adquiere gran durabilidad ya que el barro estabiliza la humedad y protege la madera. La capa externa del bambú soporta hasta 400 MPa, alcanzando la resistencia del acero (Minke, 2010). Por otra parte, el bambú requiere un tratamiento previo antes de usar, se denomina proceso de curado y existen gran cantidad de métodos, sin embargo, los más conocidos y efectivos son el curado en tierra y la preservación por inmersión. Minke (2010) concluye que, para proteger las cañas de insectos y hongos se utiliza la inmersión, se perforan las cañas en cada uno de sus entrenudos y se sumerge durante días en una piscina con productos a base de sulfato de cobre.

Para la propuesta de vivienda en esta investigación se propone consolidar los muros de Cob con una estructura de guadua, debido a que los muros son curvos, se aprovecha para realizar formas circulares y adquirir más estabilidad, es decir, conformar una estructura congruente que distribuye el peso equitativamente hacia la cimentación y se consolida con el confinamiento de los muros monolíticos de Cob para soportar la cubierta propuesta con la técnica conocida como Domocaña. Otro factor importante a la hora de usar el bambú son las uniones y los ensambles ya que una mala aplicación podría afectar a resistencia y calidad, es así, como a lo largo de los años se ha mejorado la técnica y se definen variedad de posibilidades para configurar las estructuras.



**Figura 17. Soporte con una o dos orejas. Hidalgo (1981).**

Como puede observarse en la figura 14, se aprecia el corte requerido para instalar una viga teniendo en cuenta la finalidad del presente proyecto, donde se une la columna de guadua con una viga hecha de esterilla de guadua. Este tipo de corte permite el encaje óptimo de una viga con 4 caras. “Se emplea para recibir vigas de bambú, madera rolliza y aserrada” (Hidalgo, 1981, p.14). Entre otros tipos de uniones necesarias para el proyecto están los amarres o nudos, de esta forma no se perfora y debilita el bambú, ya que este se forma por delgadas fibras lineales y realizar perforaciones continuas podría crear una fisura o posiblemente el colapso.



**Figura 18. Amarre cuadrado. Hidalgo (1981).**

En la figura 18 puede apreciarse el proceso para realizar un amarre, puede utilizarse lazo o cuerda convencional dependiendo de los recursos disponibles, sin embargo, se debe tener en cuenta que el material posea buena durabilidad y resistencia para que el nudo conserve presión y calidad. Se emplea en andamios o en construcciones para unir piezas verticales con horizontales. El amarre se inicia y termina con un nudo ballestrinque (Hidalgo, 1981). De esta forma se obtiene economía y eficiencia en el proceso de construcción.

### **6.3 Cubierta Domocaña**

El termino cubierta tipo Domocaña se refiere a una técnica vernácula para construir techos de forma curva, suele usarse la caña como elemento estructural, no obstante, la esterilla de guadua y las varillas de hierro también se presentan como opción. Se adopta una forma de doble curvatura o cúpula, dejando que tomen su propia forma. Además, estéticamente el resultado obtenido es un espacio arquitectónicamente agradable, amplio y cálido (Barrionuevo, 2011).

La estructura se construye sobre una base perimetral sobre los muros teniendo en cuenta una altura considerable para que las cargas se distribuyan equitativamente, se debe amarrar cada intersección en las varas, de esta forma se unifica y prepara para el recubrimiento.



**Fotografía 35. Prototipo enmarallado. (Barrionuevo, 2011).**



**Fotografía 36. Réticula armada. (Barrionuevo, 2011).**

En cuanto al revestimiento, varias pruebas indican que se puede usar barro o cemento. El revestimiento primario se realiza con una proporción de 2 Kg de paja por 100 Kg de tierra, el

secundario de 1,5 cm de espesor, usando barro con arena cernida, finalmente un impermeabilizante como el asfalto RC-250 (Barrionuevo, 2011). De este modo puede utilizarse la tierra y la guadua como materia prima principal y reducir costos. El procedimiento constructivo propuesto es muy simple, aún para personas que nunca realizaron tareas de construcción, lo que lo hace recomendable para la autoconstrucción (Barrionuevo, 2011). Así mismo se reduce el tiempo de obra y la cantidad de obreros.

En una planta circular o reticular, este tipo de cubierta es altamente funcional debido a que consolida y amarra los muros aportando rigidez estructural, es liviana y permea el calor interior, es bueno para la acústica y aumenta la sensación de espacios amplios.

## **7 Lectura del contexto físico, arquitectónico y social**

Para realizar la propuesta arquitectónica de la vivienda vernácula y determinar sus características, es necesario conocer las características el espacio de implantación y su entorno, analizar las determinantes naturales y descubrir los métodos que utilizan los habitantes para suplir la necesidad de vivienda, es decir, sus modelos arquitectónicos, materiales y soluciones constructivas. Mediante fichas de observación se ha recopilado información utilizando fotografías y gráficos como método de registro, estas poseen en su parte inferior la explicación del fenómeno observado, así mismo, se describe la familia específica la cual es determinante principal en aspectos formales y funcionales. Esta información es procesada para determinar una conclusión.



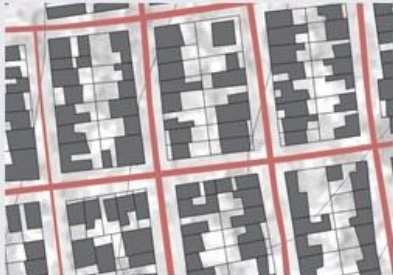
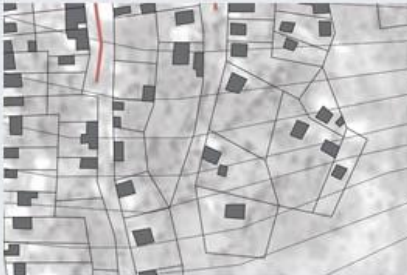
## 7.1 Características del entorno

Tema:	Modo de expansión y conectividad
Fecha:	24 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia
Figura:	
Lo observado:	El barrio crece, las nuevas viviendas se sitúan junto a las vías para enlazarse con la dinámica entre habitantes y el cambio formal entre el barrio consolidado y su expansión es bastante visible ya que no existe un control para la urbanización.



### Ficha de observación 1. Modo de expansión y conectividad.

Tema:	Adaptación a la topografía
Fecha:	24 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia
Figura:	
Lo observado:	El barrio se encuentra en una zona circundante de la ciudad donde la topografía se denota, la parte alta contiene la zona del barrio consolidada y en la parte baja se dispersan las viviendas que se consideran expansión y transición entre el entorno urbano y rural

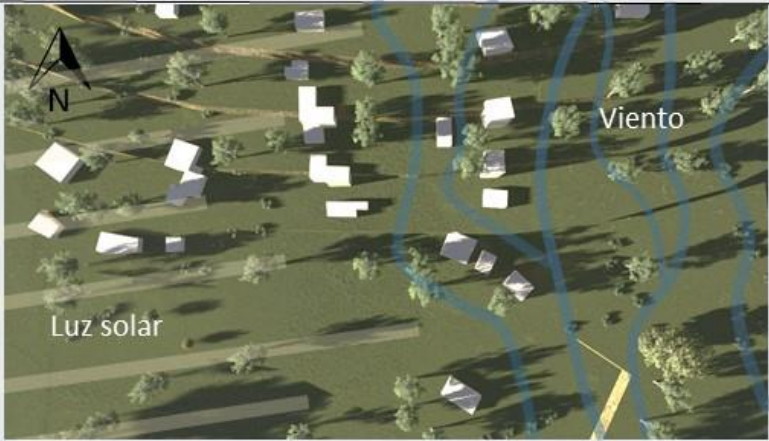
### Ficha de observación 2. Adaptación a la topografía.

Tema:	Variación de la retícula urbana
Fecha:	24 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia
Figura:	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Barrio consolidado</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Zona dispersa</p>  </div> </div>
Lo observado:	Los terrenos en el barrio consolidado y el resto de la ciudad suelen ser mas reducidos, en cambio en las periferias los terrenos son mas amplios y tienen un trazado irregular aunque las viviendas son mucho mas reducidas, de menor calidad y tienen menor conexión con la ciudad.

**Ficha de observación 3. Variación de la retícula urbana.**

Tema:	Densidad y cuidado del ambiente
Fecha:	24 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia
Figura:	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Barrio consolidado</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Zona dispersa</p>  </div> </div> <p style="text-align: right; font-size: small;">(Imágenes: Google Earth, 23-08-2017)</p>
Lo observado:	La zona dispersa posee menor densidad urbana y mayor cobertura natural, así los habitantes realizan actividades complementarias como la agricultura y la cría de animales, por lo tanto, la desconexión con la ciudad en parte es soportada con esa producción local.

**Ficha de observación 4. Densidad y cuidado del ambiente.**

Tema:	Dinámica del sol y el viento
Fecha:	24 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	El entorno natural se modifica removiendo zonas verdes para implantar las viviendas lo que aumenta la temperatura, sin embargo, los arboles generan sombras y espacios mas frescos, estos disminuyen la velocidad del viento que en el día sube por la colina y en la noche baja.

**Ficha de observación 5. Dinámica del sol y el viento.**

Como se observa en las fichas, el ambiente difiere bastante al de la ciudad, su dinámica urbana más allá de ser una transición entre lo urbano y lo rural, está enfocada a producir espacio residencial para responder al aumento de la cantidad de habitantes, la topografía influye bastante ya que los terrenos se definen de forma irregular, debido a las altas temperaturas, los habitantes suelen ir de la mano con la naturaleza permitiendo zonas verdes de gran densidad, esto es un gran aporte al ambiente ya que el impacto contaminante es menor.

Es importante mencionar que existe cierta originalidad en este entorno ya que no hay dos lugares iguales, a pesar de no haber una planeación o una malla urbana simétrica, los habitantes por instinto o necesidad, simplemente definen las vías, ubican sus viviendas y buscan su propia forma de obtener ingresos.

## 7.2 Tipo de arquitectura y materiales

Tema:	Plantas arquitectónicas convencionales
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	<p>Este diseño suele ser común, las habitaciones son amplias, sin ventanas, la zona central es el punto de reunión, en unas sillas se sientan a comer, el baño y patio de ropas son un espacio añadido luego de conseguir los materiales, también se complementa con cultivos y corrales.</p>

### Ficha de observación 6. Plantas arquitectónicas convencionales.

Tema:	Plantas arquitectónicas convencionales
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	<p>En esta propiedad la familia de la vivienda 1 realizó la vivienda 2 para recibir mas familiares, estas poseen baño y cocina aparte, sin embargo suelen usar el comedor 1 para reunirse, se asegura con una cerca perimetral y los niños juegan alrededor de la casa y entre los cultivos.</p>


### Ficha de observación 7. Plantas arquitectónicas convencionales 2.

Tema:	Plantas arquitectónicas convencionales
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Esta vivienda es mas espaciosa, las tres habitaciones y la sala permanecen compactas mientras que el comedor y la cocina se conectan con la visual de la montaña, en el siguiente nivel mas bajo se sitúan los cultivos y los potreros conectados mediante un camino de piedra


**Ficha de observación 8. Plantas arquitectónicas convencionales 3 Elaboración propia.**

El tipo de arquitectura que suelen realizar los habitantes del barrio Nidia y otros barrios de Cúcuta en la periferia es similar y posee muchas desventajas, debido a la necesidad de un refugio inmediato, se construye solo el espacio para dormir y la cocina, luego al adquirir más recursos se adecua un espacio cerrado para el baño junto con el lavadero de ropa, así mismo, un tanque para almacenar agua. La distribución arquitectónica no se optimiza e imposibilita el confort para el usuario.

La mayoría de terrenos poseen entre 300 m<sup>2</sup> y 600 m<sup>2</sup>, lo que permite espacio disponible para realizar actividades relacionadas con la agricultura y en otras ocasiones para construir una casa adicional como se aprecia en la ficha de observación 7.

Tema:	Ubicación de las viviendas
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	En algunos casos, los habitantes se ubican en zonas claramente de alto riesgo por remoción de masas, además el viento y sol poseen mas intensidad, el terreno es poco nivelado y no se utiliza algún tipo de contención.


#### Ficha de observación 9. Ubicación de las viviendas.

Tema:	Ubicación de las viviendas
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Otras viviendas se encuentran en zonas mas seguras, nivelando el terreno y definiendo el perímetro con zonas verdes, cultivos o corrales de animales.

#### Ficha de observación 10. Ubicación de las viviendas 2.

Tema:	Métodos para nivelar el terreno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Los muros de contención realizados con piedra y concreto son comunes en la zona, este en particular, se realiza con formaleta y se añaden columnas cada tres metros, cabe resaltar que en este caso existe un jardín entre la vivienda y el cambio de nivel.


**Ficha de observación 11. Métodos para nivelar el terreno.**

Tema:	Métodos para nivelar el terreno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Este tipo de contención presenta buenos resultados ya que el muro se inclina hacia el volumen de tierra que contiene, posee un espesor de 40 a 50 cm y su forma es irregular, se realiza uniendo piedra local con cemento.

**Ficha de observación 12. Métodos para nivelar el terreno 2.**

Tema:	Métodos para nivelar el terreno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Las contenciones con gaviones son muy comunes, son conjuntos de piedras contenidos en malla de alambre, se realizan en el sitio, presentan fallas con el tiempo debido al rompimiento de la malla, no obstante, pueden durar bastante con un buen acomodado de las piedras.

**Ficha de observación 13. Métodos para nivelar el terreno 3.**

Tema:	Métodos para nivelar el terreno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Debido a la falta de presupuesto, los habitantes en repetidas ocasiones simplemente realizan un apilado de las piedras y un apisonado de la tierra que contiene.

**Ficha de observación 14. Métodos para nivelar el terreno 4.**



Tema:	Métodos para nivelar el terreno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Este tipo de contención se realiza con llantas recicladas, no se sigue algún tipo de manual o técnica específica, simplemente las llantas se van apilando una sobre otra verificando que adquiera resistencia, de este modo se presentan fallas a pesar de su larga duración.


**Ficha de observación 15. Métodos para nivelar el terreno 5.**

Tema:	Cambio de alturas
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Los espacios funcionales comúnmente se diferencian por la variación de niveles, en este caso, utilizando los muros de contención se ubica la vivienda en un plano y en el nivel mas bajo se realiza un camino con piedra que conecta con el área de cultivos.


**Ficha de observación 16. Cambio de alturas.**

La nivelación del terreno y su contención es muy importante, ya que permite que el suelo apto para habitar perdure a lo largo del tiempo, algunas de las viviendas en el barrio no poseen el suelo nivelado, el agua se acumula en su interior y la estructura se debilita. En otros casos donde el constructor ha tenido más disponibilidad y materiales para realizar muros de contención con gaviones o llantas, se ha notado la diferencia y el comportamiento es adecuado, existen casas de 10 años con que conservan el terreno nivelado y en buen estado.

Los suelos de tierra prevalecen en la mayoría de viviendas, esto es una gran desventaja porque no se pueden limpiar, se humedecen y sueltan polvo excesivo, algunas alternativas en otras viviendas es usar piedra laja o tableta roja.

Tema:	Materiales de construcción
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Las tablas de madera son el material mas común para los muros de estas viviendas de bajo presupuesto, en este caso se combina con laminas recicladas, el piso es de gravilla y el techo de laminas de zinc.


**Ficha de observación 17. Materiales de construcción.**

Tema:	Materiales de construcción
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	En este caso, solo se utilizan tablas de madera para conformar los muros, el piso es de tierra y el techo de laminas de zinc, debido al débil ensamble de las laminas con las tablas, se colocaron piedras para evitar que el viento remueva el techo.


Ficha de observación 18. Materiales de construcción 2.

Tema:	Materiales de construcción
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Este podría ser el tipo de construcción mas económico, se recopilan laminas de zinc y tablas abandonadas, se realiza una sencilla estructura con ramas de árbol para luego aplicar el recubrimiento, igualmente posee un piso de tierra.


Ficha de observación 19. Materiales de construcción 3.

Tema:	Materiales de construcción
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Otras viviendas se realizan con mayor presupuesto como en este caso, los muros se realizan con ladrillo y cemento, pero no posee columnas, el piso es de cemento y el techo de lamina metálica.


**Ficha de observación 20. Materiales de construcción 4.**

Tema:	Estructura de las viviendas
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	No se realiza cimentación, se entierran parales de metal o madera en el perímetro de la vivienda cada 3 metros generalmente, las tablas o laminas hacen la función de viga riostra amarrando los parales y estas mismas sostiene el techo de zinc.


**Ficha de observación 21. Estructura de las viviendas.**

Tema:	Detalles constructivos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Las tablas de madera se ensamblan mediante puntillas y alambre, en este caso se utilizaron tablas diseñadas para muros, estas poseen bordes que permiten encajar una con la otra, debido a la humedad estas se doblan aunque en algunos casos son reutilizadas varias veces.


**Ficha de observación 22. Detalles constructivos.**

Tema:	Detalles constructivos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	En otros casos suele reforzarse la estructura con un elemento de madera que hace la función de viga riostra, sobre este se amarran las laminas de zinc utilizando alambre o en algunos casos cable.

**Ficha de observación 23. Detalles constructivos 2.**

Tema:	Detalles constructivos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	En este caso la estructura se realizó con perfiles metálicos, sin embargo, no posee soldadura ya que los ensambles se realizaron con amarres de alambre y las tablas se pintaron con acrílico.


**Ficha de observación 24. Detalles constructivos 3.**

Tema:	Detalles constructivos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Algunas viviendas llegan hasta los tres metros de altura, otras solo poseen 2 metros, es decir, la altura de la puerta, es importante resaltar que casi la totalidad de estas construcciones no poseen ventanas, internamente no existe ventilación y la temperatura se concentra.


**Ficha de observación 25. Detalles constructivos 4.**

Los materiales más comunes son las tablas de madera, las láminas de zinc y varillas de hierro o pilotes de madera, al conformar el cerramiento con tablas y omitiendo las ventanas, se crea un contenedor de calor, el techo de zinc permite el aumento de temperatura, lo que hace incomodo el ambiente interno de la vivienda, debido a esto, los niños durante el día permanecen en el comedor que usan como lugar de estudio o juego, en la noche la temperatura disminuye, sin embargo, cuando llueve el agua se filtra por las paredes de madera humedeciendo el interior.


Los habitantes que realizan estas construcciones suelen planearlo como algo temporal mientras se consiguen recursos para realizarla con ladrillos y columnas. Lo cierto es que son escasas las viviendas que se remueven para reemplazarlas por las convencionales y este tipo de arquitectura prevalece como medio para la expansión de la ciudad.

Tema:	Las viviendas respecto al entorno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Es común que las viviendas se envuelvan en la naturaleza para disminuir efectos climatológicos desfavorables, en este caso evitan las fuerzas del viento mediante arbustos y evitan que el calor se acumule en el suelo mediante pasto y vegetación.

**Ficha de observación 26. Las viviendas respecto al entorno.**


Tema:	Las viviendas respecto al entorno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	En este caso, se evita la acumulación de calor en la vivienda utilizando la sombra de un árbol junto a la vivienda

**Ficha de observación 27. Las viviendas respecto al entorno 2.**


Tema:	Las viviendas respecto al entorno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Los arbustos también se utilizan como cercas naturales, estos proveen privacidad, filtran el polvo y el sonido, en otros casos se utilizan plantas de limones aumentando la productividad de los mismos, es importante resaltar que de este modo se conserva la naturaleza en el entorno.

**Ficha de observación 28. Las viviendas respecto al entorno 3.**




Tema:	Las viviendas respecto al entorno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	En este caso, para dividir los terrenos y separar propiedades, utilizaron tallos de arboles comunes en el entorno, estos se amarran mediante hilo o alambre.

**Ficha de observación 29. Las viviendas respecto al entorno 4.**

Tema:	Las viviendas respecto al entorno
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Otro tipo de cerca muy común en este bosque seco tropical son los cactus, aunque crecen muy lento son bastante efectivos, resistentes y requieren muy poca agua.


**Ficha de observación 30. Las viviendas respecto al entorno 5.**

Tema:	Espacios y usos característicos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Debido a un urbanismo disperso como transición entre el campo y la ciudad, los lotes extensos reciben el nombre de parcelas, en estas se llevan a cabo variedad de cultivos, como cilantro, maíz, ahuyama, yuca y plátano, entre otros.


**Ficha de observación 31. Espacios y usos característicos.**

Tema:	Espacios y usos característicos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	La ganadería está muy presente en este entorno, sin embargo presenta una desventaja ambiental ya que al generar potreros se talan los arboles y la tierra se debilita.

**Ficha de observación 32. Espacios y usos característicos 2.**

Tema:	Espacios y usos característicos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Junto a las viviendas es común encontrar corrales para la cría de pollos, patos y conejos. También pero con poca frecuencia se ven pozos artificiales para la cría de cachama y otros peces. Esto puede ser para el propio consumo de la familia, venta o intercambio de viveres.

**Ficha de observación 33. Espacios y usos característicos 3.**


Tema:	Espacios y usos característicos
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Debido a la variante topografía y la baja densidad, la mayoría de viviendas poseen amplias visuales, esto en conjunto con la presencia de naturaleza da un valor agregado a estos espacios de permanencia.

**Ficha de observación 34. Espacios y usos característicos 4.**

### 7.3 Los habitantes

Es importante destacar como la naturaleza y las costumbres comunes del campo o de siglos pasados toman importancia en este ambiente de necesidad, es decir, los habitantes retoman un instinto de recurrir a soluciones independientes del comercio para suplir sus necesidades, aunque no logran obtener un confort estable, es un gran logro, sin que se den cuenta, son urbanistas, arquitectos, constructores y forman parte de la sociedad, así no obtengan una buena atención por parte del gobierno u otros beneficios sociales o económicos.

En la visita al sector varios habitantes aclararon que trabajan en el centro vendiendo productos importados, otros trabajan en ladrilleras y minas cercanas, existen vendedores ambulantes, negocios caseros de venta de víveres o reparación de electrodomésticos.

Tema:	La familia
Fecha:	23 de Agosto del 2017
Lugar:	Barrio Nidia, Cúcuta, Colombia (Zona viviendas dispersas)
Figura:	
Lo observado:	Edwin, Alba y su hijo Samuel conforman la familia que planea construir su propia vivienda, trabajan en un almacén de autopartes y reparación, vivieron su infancia en el campo y conocen los oficios de cultivar, su hijo cursa 2do grado y le gustan los animales. El lote seleccionado ya posee una vivienda, es allí donde ellos viven junto con otros familiares, sin embargo, quieren tener su propio espacio, por eso ven la posibilidad de una nueva construcción productiva, económica y saludable.

Ficha de observación 35. La familia.

## 7.4 Resultados

Para adaptarse al entorno semiurbano del barrio Nidia se debe entender la dinámica enfocada en ser una transición entre lo urbano y lo rural, para esto, se deben aprovechar los espacios del amplio terreno y que cada zona brinde una utilidad ya sea como refugio o como producción, la topografía puede ser un limitante, así que debe modificarse para asegurar la integridad de la vivienda, así mismo aprovechando la naturaleza y la forma para controlar efectos del clima como el sol, el viento y la lluvia.

Consecuentemente, la vivienda debe construirse compacta desde el principio para asegurar un óptimo funcionamiento, se debe pensar en un punto de reunión como el comedor o una zona exterior donde el paisaje sea parte de la experiencia diaria, implantar en una zona segura del terreno y permitir el resto de espacio como zona natural, de agricultura o para cría de animales, esto promete un buen desarrollo para la familia social y económicamente.

En cuanto al método constructivo, se propone rescatar la técnica Cob, los muros deben brindar seguridad, el espacio interno ventilado e iluminado, la temperatura controlada, la distribución interna optimizada. Para minimizar el impacto ambiental pueden usarse materiales del entorno, llantas y piedras para nivelar el terreno y realizar la cimentación, barro y pasto para conformar los muros, madera y materiales reciclados para crear la cubierta. Al mismo tiempo, evitando producir las problemáticas actuales en las viviendas, pero retomando soluciones constructivas y sociales que brindan puntos a favor para los habitantes.

Es importante mencionar que vivir en un entorno más natural y practicar principios de permacultura no es sinónimo de quedarse en el pasado, sino que, al contrario, significa retomar buenas costumbres para formar un mejor futuro, de este modo, es posible vivir cómodamente.

Edwin, Alba y Samuel, la familia determinante de la propuesta, necesitan un espacio que funcione como resguardo, cuide su salud, apoye sus actividades diarias y les proporcione alimentos para consumir e intercambiar.

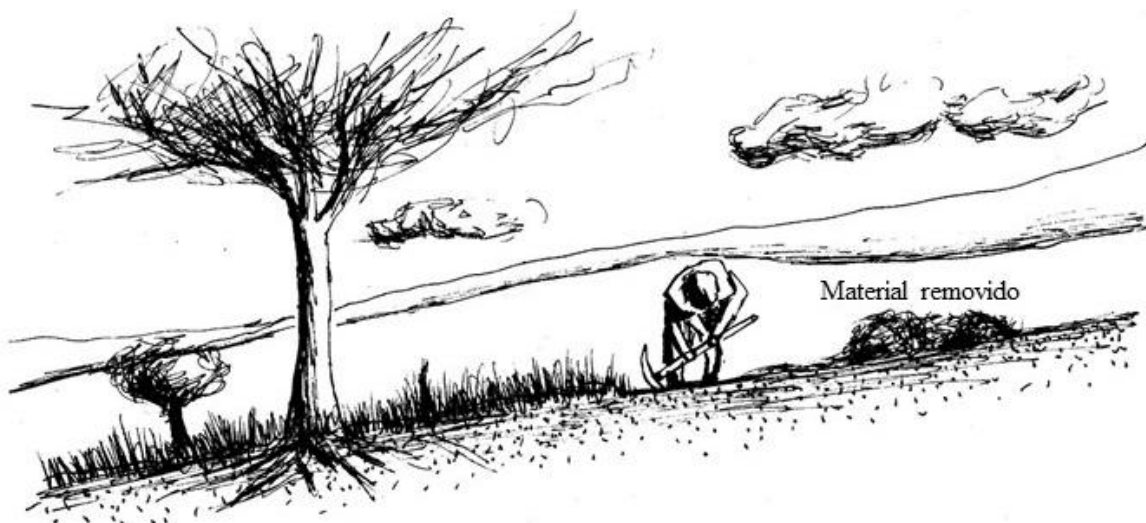
## **8 Proceso constructivo**

Este manual presenta el proceso paso a paso para la construcción de la vivienda vernácula propuesta, así mismo, se realiza en base a los objetivos presentados y puede servir de guía para construir otros tipos de edificaciones. El contenido abarca el limpieza y replanteo, nivelación, contención de terreno, instalaciones sanitarias, cimentación, muros de Cob, instalaciones hidráulicas, cubierta, instalaciones eléctricas, acabados y otros.

Cabe destacar que este proceso constructivo se basa en autores y procesos anteriores, también, se proponen detalles constructivos y simultáneamente se presentan imágenes que facilitan la comprensión del mismo.

### **8.1 Limpieza y selección del área**

Al seleccionar la ubicación de la vivienda, es necesario limpiar el terreno para tener claridad de su estado. Se remueve toda maleza, desperdicios y otros materiales que se encuentren en el área de trabajo (Lazo, s.f.). Es importante conservar los arboles ya que estos proveen sombra, contienen el terreno y filtran el aire, sin embargo, hierba y arbustos deben removerse, la tierra acumulada por este proceso puede usarse como abono o relleno para cultivos.



**Figura 19. Limpieza del terreno.**

Seguido a esto, se ubican cuatro estacas de madera para definir exactamente el área a nivelar. Para el trazo de ángulos rectos se utiliza el sistema del triángulo rectángulo cuyos catetos son múltiplos de 3 y 4 y su hipotenusa múltiplo de 5, así el ángulo se forma entre los lados múltiplos de 3 y 4 (Lazo, s.f.).

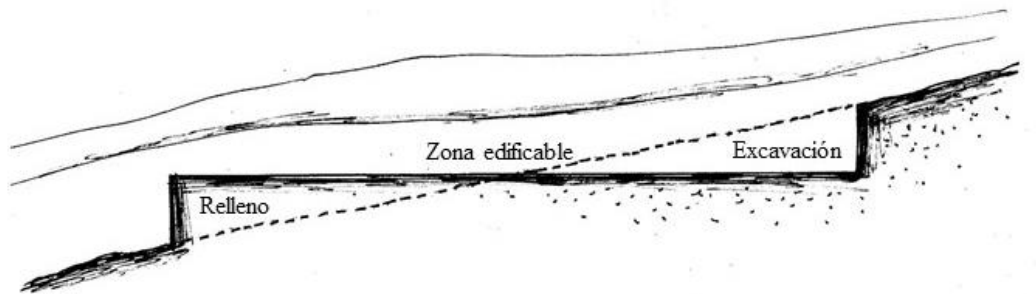


**Figura 20. Definición del área a nivelar.**



## 8.2 Nivelación del terreno

Para nivelar el terreno podría contratarse una máquina excavadora o bien, realizarlo a mano, para la segunda opción se requiere menos presupuesto a consecuencia de invertir más tiempo y esfuerzo. Minke (2005) “En el caso en el que se deba emplazar la vivienda en un terreno en pendiente se debe crear una plataforma, con suficiente distancia hacia los bordes de la pendiente” (p.8). Esto asegura que, si el terreno cede espacio con el tiempo, la vivienda no se vea afectada.



**Figura 21. Excavación y relleno en un terreno inclinado.**

Hay que tener en cuenta que el suelo quede bien nivelado, para ello puede usarse la sencilla técnica de la manguera. Consiste en pasar referencias de nivel valiéndose de una manguera de plástico transparente llena de agua, se parte de una referencia establecida (EcuRed, s.f.). Es decir, la altura deseada desde una esquina del terreno se transmite las otras esquinas gracias al efecto del agua dentro de la manguera tal como se aprecia a continuación.

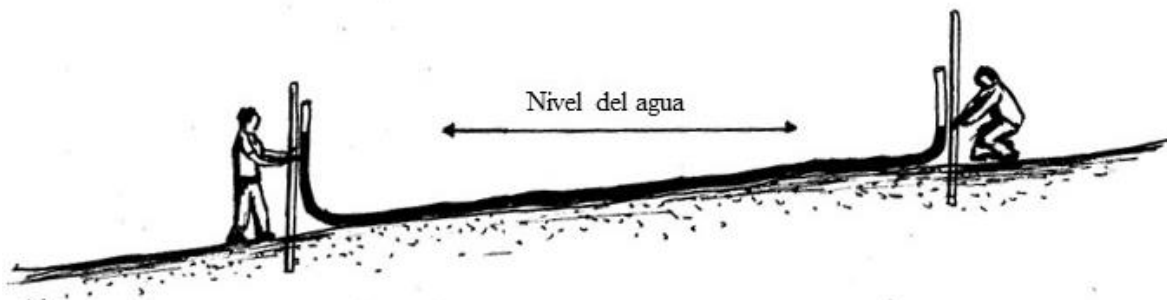


Figura 22. Nivelación con manguera.

### 8.3 Contención

Cuando el terreno posee una inclinación notable es necesario construir muros de contención para evitar que suelo se desestabilice, los gaviones presentan buenos resultados y son fáciles de fabricar ya que solo requieren malla de alambre calibre 14 y piedras. Se forma un contenedor de alambre uniando las esquinas con las mismas puntas de la malla, debe tener forma de caja y una tapa en la parte superior, posteriormente se llena con todo tipo de piedras teniendo en cuenta que los bordes queden consistentes.

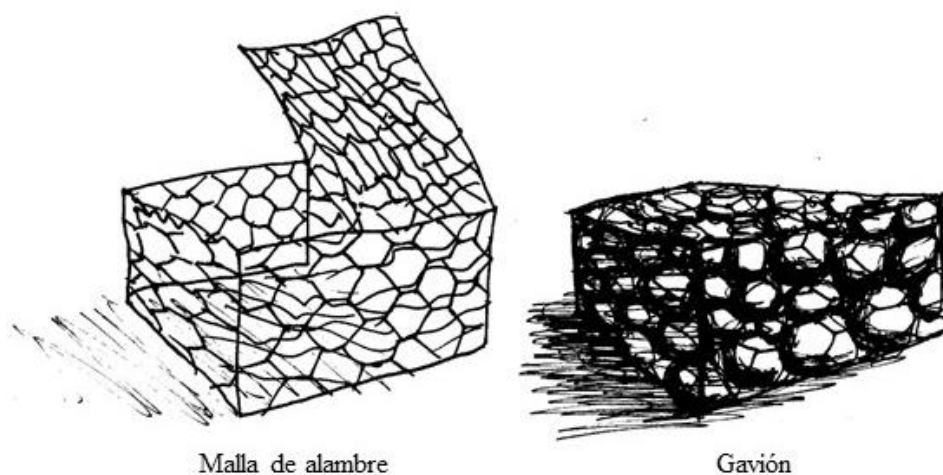
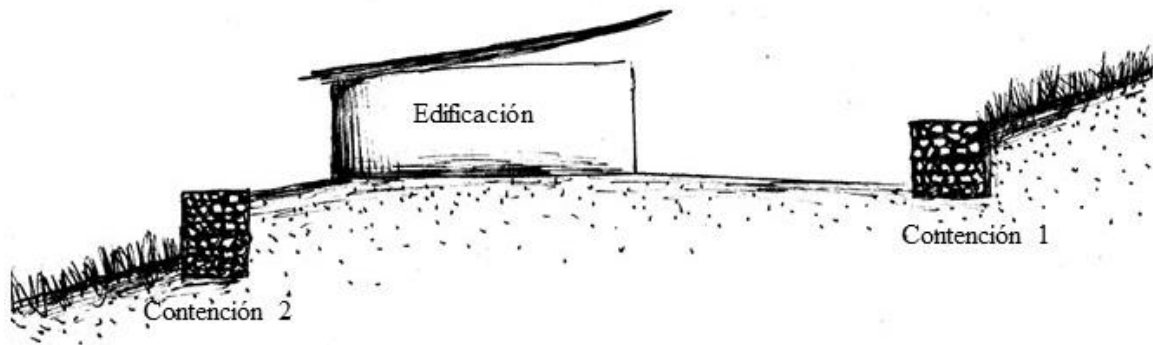


Figura 23. Gaviones. Elaboración propia.

Consecuentemente, los Gaviónes deben ser construidos en el sitio ya que por su peso no pueden ser trasladados, pueden variar a las dimensiones deseadas y siempre debe verificarse su nivel, estos se encuentran en la parte baja y alta del terreno para formar un área plana, esta será donde se realice la edificación.

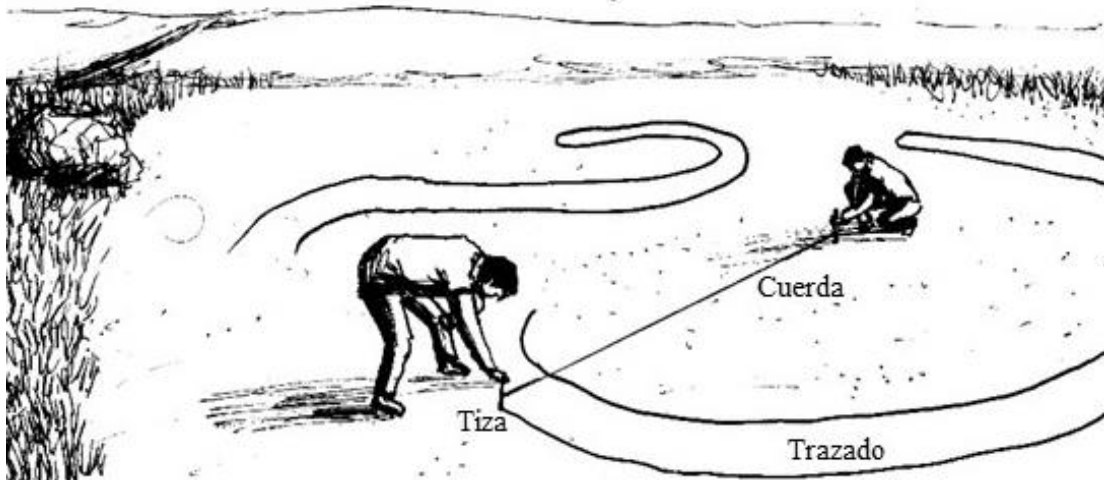


**Figura 24. Contención con gaviónes. Elaboración propia.**

Cuando la vivienda se sitúa completamente en una zona aplanada es de mejor acceso ya que las escaleras o niveles internos dificultan la movilidad, sin embargo, los pisos no deben ser completamente planos. Se debe mantener una inclinación mínima en todas las direcciones alrededor de la casa para un drenaje adecuado (Bee, 1997). Los gaviones al estar semienterrados hacen la función de drenaje para las aguas lluvia que bajan por la topografía.

#### **8.4 Trazado sobre el terreno**

Se diferencia a la limpieza y selección del área, ya que acá es necesario dibujar en el suelo la forma de la vivienda, es decir, la ubicación de los muros, las divisiones y el trazado de las instalaciones sanitarias. Como primer paso se debe tomar el plano arquitectónico y transferirlo al suelo utilizando tiza, polvo o carbón, al mismo tiempo utilizando la geometría como herramienta.

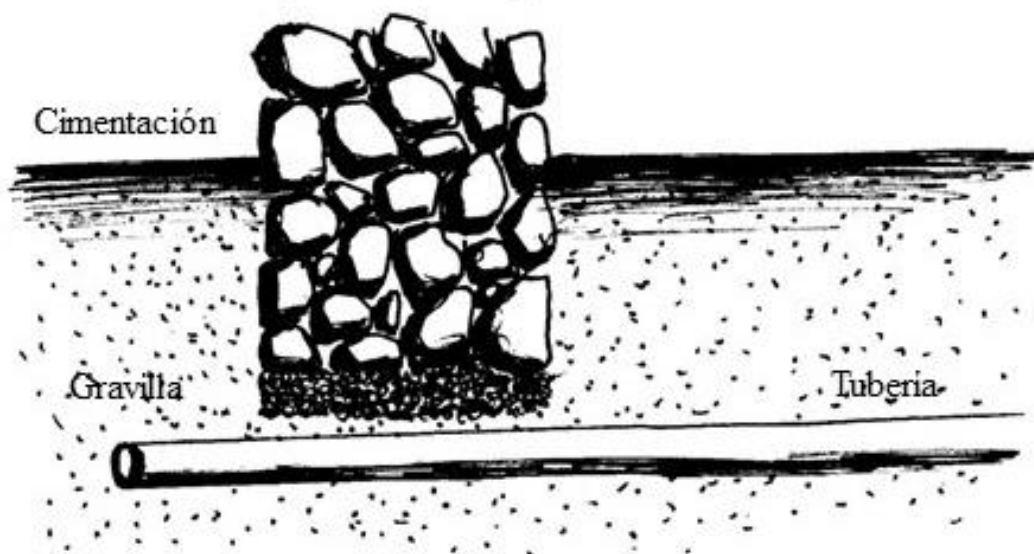


**Figura 25. Replanteo.**

En efecto, esto brinda una claridad al constructor respecto al tamaño y configuración de los espacios, debido a que el proceso de excavación no solo es requerido para la cimentación, se deben trazar las líneas que indican la ubicación de las instalaciones sanitarias.

### **8.5 Instalaciones sanitarias**

Estas son las tuberías que recogen las aguas negras y las conducen bajo el suelo, en algunos casos se dirigen hacia el desagüe, en otros se procesa y usa para surtir cultivos o llenar pozos sépticos. Las instalaciones sanitarias deben estar a mayor profundidad y pasar por debajo de la cimentación, por tal motivo deben instalarse primero.



**Figura 26. Paso de la tubería bajo la cimentación.**

Las zanjas para colocar la tubería se realizan utilizando un pico, el ancho dependerá del diámetro del tubo, la profundidad será definida por el diseño hidráulico de la edificación. Se debe tener en cuenta la inclinación que necesita la tubería para transportar el agua por medio de la gravedad, para este proceso el nivel se puede verificar usando la técnica de la manguera mencionada en el capítulo 8.2 nivelación del terreno.



**Figura 27. Zanja para la instalación sanitaria.**

Entre las zanjas verificadas se procede con la instalación de la tubería, seguido a esto, se realiza el relleno. Construmática (2017) considera que este se ejecuta con el material ya definido utilizando materia granular libre de elementos orgánicos. Es decir, puede realizarse una mezcla entre gravilla y tierra extraída, es importante resaltar que el tubo vertical debe sobresalir de la superficie, esto permite la instalación de los artefactos como lavamanos, inodoros y llaves.



**Figura 28. Tubería sobresaliente para puntos de instalación.**

## 8.6 Cimentación

La cimentación de la edificación es una pieza clave, esta puede mejorar la estabilidad del suelo, sostener los muros y funcionar como aislante de humedad, se realiza acomodando rocas de una forma en que encajan para sostenerse una con otra, para asegurar su estabilidad suele usarse mortero de cal o cemento, en otros casos puede ser solo apilando las rocas. “Si tienes buenas piedras y eres bueno para montarlas juntas, puedes evitar el mortero, muchos de los viejos hogares de cob en Inglaterra se construyen sobre cimientos de piedra seca apilada” (Bee, 1997, p.43).

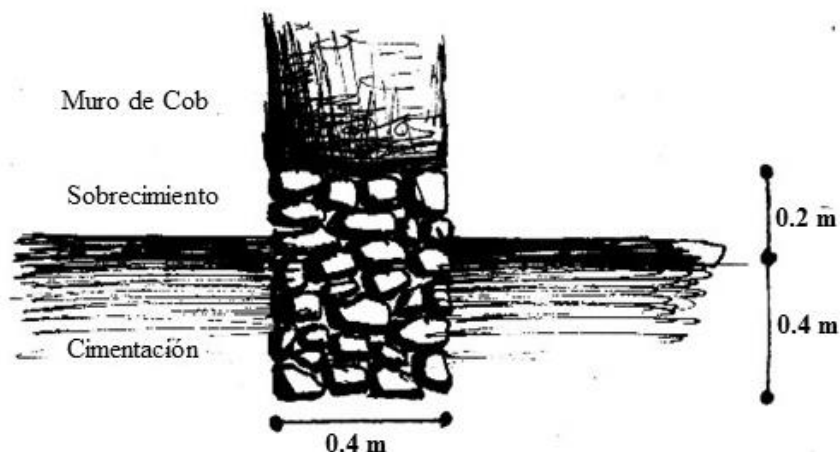
El primer paso es excavar la zanja de la cimentación, esta debe tener el mismo espesor de la base del muro, es decir, 40 centímetros. Se usa la pica para romper el suelo y la pala para

retirar la tierra. Bee (1997) plantea que se debe cavar por lo menos 16 cm hasta el subsuelo o roca sólida, luego se apila la tierra que se usará más tarde para hacer los muros. Sin embargo, para evitar remoción de masas y asegurar la nivelación, la cimentación puede realizarse de 30 a 40 cm de profundidad.



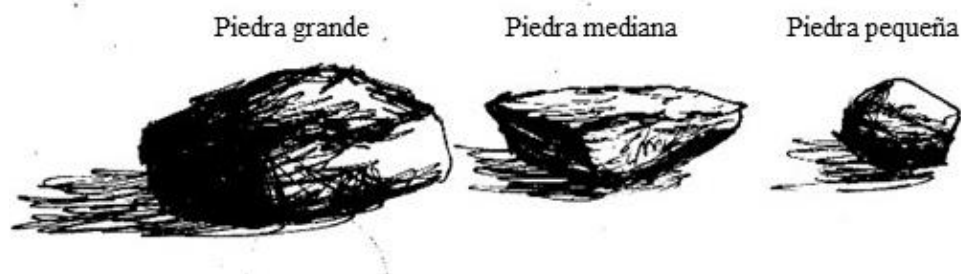
**Figura 29. Excavación de zanjas para la cimentación.**

Seguido a esto, se procede con la construcción de la cimentación, esta al mismo tiempo conforma el sobrecimiento al sobresalir del suelo, en este caso la profundidad de la cimentación será de 40 cm y la altura del sobrecimiento de 20 cm, esta medida es suficiente para evitar que el agua de lluvia o la humedad del suelo alcance al muro de tierra.



**Figura 30. Medidas de la cimentación y el sobrecimiento.**

Después, debe seleccionarse la piedra para construir. Bee (1997) considera que se puede recoger la piedra del sitio, los cortes de caminos son buenos lugares para rastrillar la roca, las piedras deben tener dos lados algo paralelos, cuanto más parecidas a un ladrillo son más fáciles de usar. Por lo tanto, se puede concluir que la piedra redonda común en los ríos no es apta, ya que no funciona para encajar con otras piedras y hacer una cimentación resistente.



**Figura 31. Piedras para la cimentación.**

El siguiente paso es la construcción del cimientto y sobrecimiento al mismo tiempo, es decir, armado como una sola pieza. Bee (1997) postula que el fondo es un buen lugar para las piedras más grandes y pesadas, se debe tener en cuenta que está creando la base para la siguiente capa de piedras.





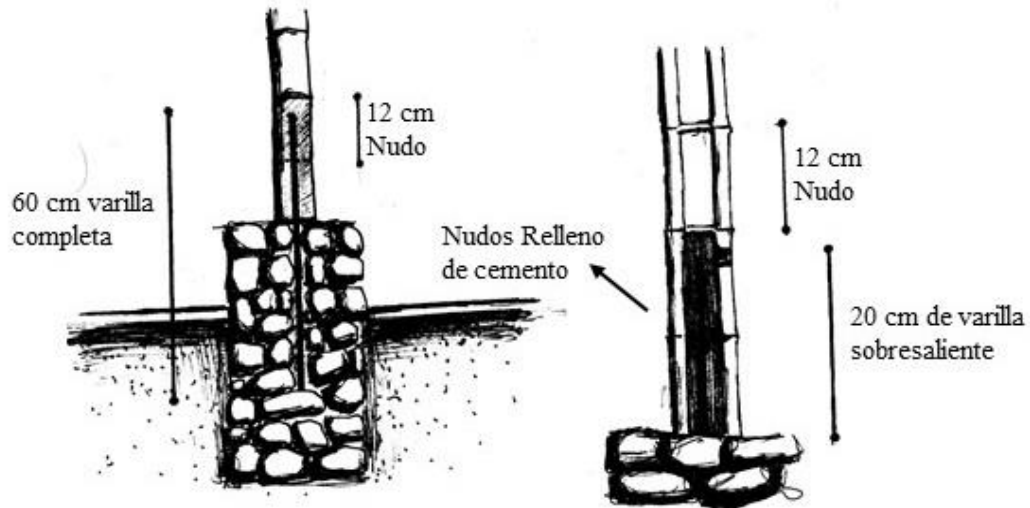
**Figura 32. Técnica para la construcción del cimiento.**

Con respecto a la consistencia de la cimentación, se puede señalar que en algunos casos no se usa mortero para unir las piedras, sin embargo, podría aumentar su resistencia utilizando mortero convencional. Cadena 88 (2017) destaca que una mezcla de mortero se forma con cuatro partes de arena, una de cemento gris y una de agua, esta se revuelve con una pala haciendo como mínimo tres batidas.

De modo similar al colocado de los ladrillos en la mampostería convencional se realiza un muro o cimentación de piedra, esta parte del proceso no requiere esfuerzo físico sino paciencia y destreza para encontrar las piedras indicadas.

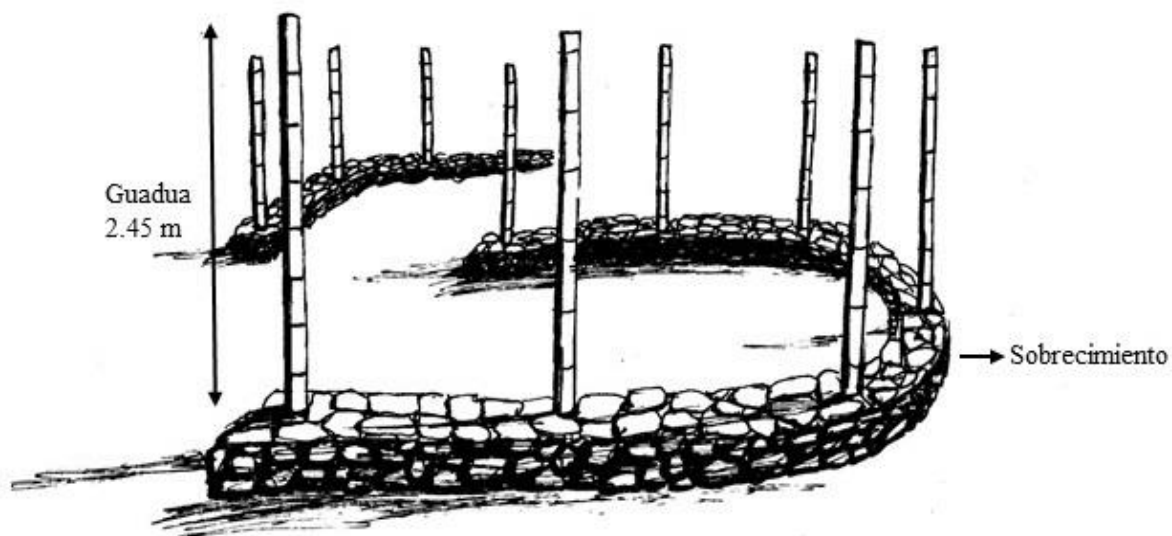
Por otra parte, para complementar la sismorresistencia y reforzamiento de los muros, de acuerdo con lo observado en el capítulo 5 acerca del comportamiento de los muros de barro con una estructura interna, se propone añadir perfiles de guadua cada 1.2 metros mínimo y máximo 2 metros de separación por todo el contorno de la vivienda, estos se instalan desde la cimentación usando una varilla de hierro como anclaje, la varilla se entierra 40 cm en el cimiento y sobresale 20 cm para la guadua, tal como se observa en la figura 33, se realiza un agujero en la parte

superior del segundo nudo de la guadua usando un taladro, seguido a esto se inyecta concreto, de este modo se prevén movimientos horizontales en un futuro, también debe verificarse la verticalidad de la guadua usando un nivel.



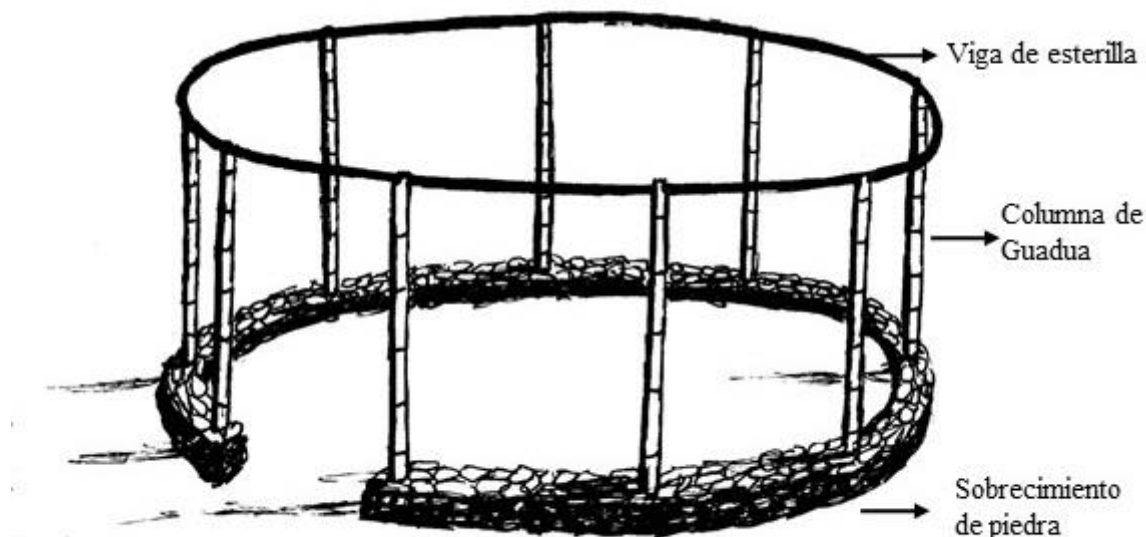
**Figura 33. Instalación y anclaje de los perfiles de guadua.**

Es necesario instalar la varilla mientras se va construyendo la cimentación, así mismo, se debe tener precisión al ubicar las columnas de acuerdo al diseño arquitectónico, ya que de esto depende la consistencia estructural y los espacios para permitir puertas y ventanas.



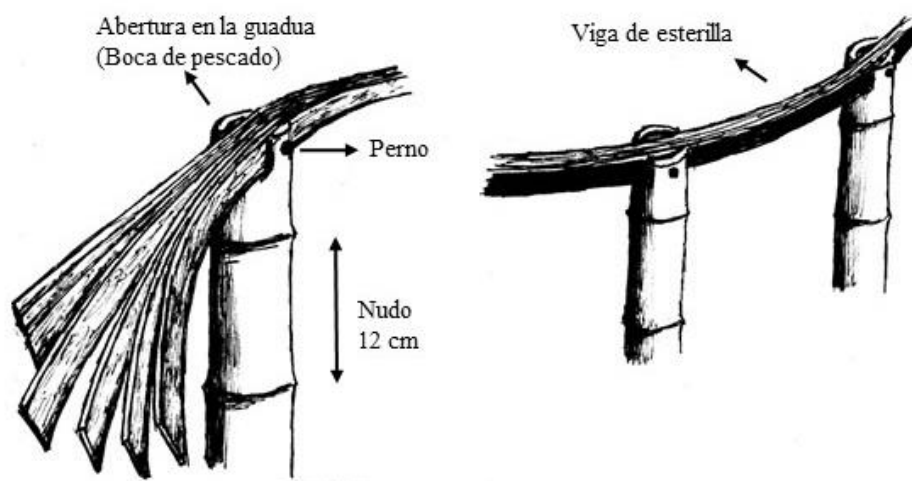
**Figura 34. Sobrecimiento con estructura en guadua.**

Luego de finalizar la cimentación y sobrecimiento, es necesario esperar el curado del mortero. Bee (1997) enfatiza que se debe cubrir el mortero fresco con una lona o con bolsas y se debe rociar agua a diario para evitar que se seque demasiado rápido y evitar quiebres. Por otra parte, es necesario consolidar las columnas y preparar la base para la cubierta utilizando una viga de amarre, en este caso, la viga debe ser redonda y curva en algunos puntos tal como se muestra en el siguiente gráfico.



**Figura 35. Sobrecimiento con estructura en guadua y viga de amarre.**

Esta viga consolida la estructura y aporta verticalidad a la guadua para poder proceder a la construcción de los muros, la técnica consiste en formar una viga usando 7 esterillas de guadua unidas para sumar fuerzas y formar un elemento resistente, aprovechando su flexibilidad tal como se muestra en la figura 36.



**Figura 36. Detalle de ensamblaje entre columna y viga de esterilla.**

La esterilla puede tener 3 cm de ancho y 1 cm de espesor, dependiendo de la calidad de la guadua, debido a que la forma final es rectangular y esta debe encajar en la guadua, se realiza un corte estilo boca de pescado y utiliza un perno para unir la viga y la columna. Para facilitar la construcción y ensamble de la viga, puede fabricarse en el suelo y luego subirla para encajar en las columnas.

## **8.7 Muros de Cob**

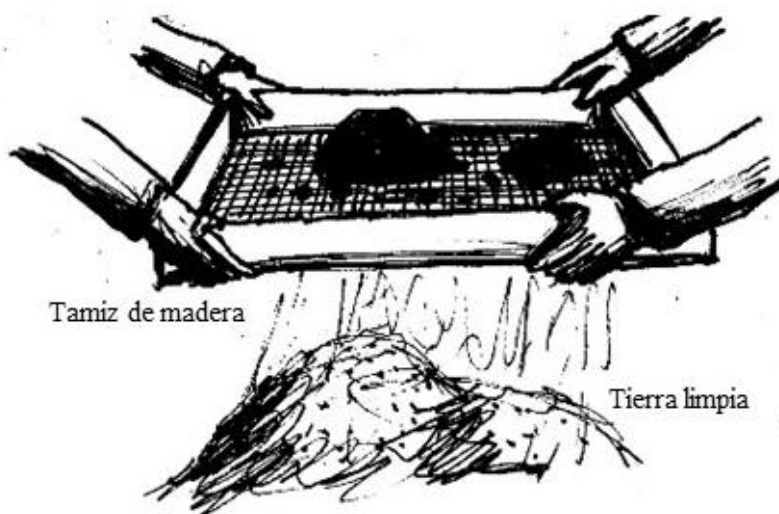
Para comenzar se debe encontrar el lugar de donde se pueda extraer gran cantidad de tierra arcillosa, para verificar si la tierra es apta para construir se deben realizar las pruebas manuales mencionadas en el capítulo 5.5, es posible que unos lugares presenten tierra de mejor calidad, de cualquier modo, es posible mejorar la mezcla intentando llegar a un equilibrio entre las partículas. Bee (1997) afirma que la receta para el Cob es de 50% a 85% de arena, 50% a 15% de arcilla. En conclusión, la arena cumple la función de relleno y la arcilla como adhesivo, también es recomendable que la cantera se encuentre cerca de la construcción para facilitar el transporte.

El siguiente material es la paja, también se conoce como pasto seco, este es muy común en los potreros o los cultivos de arroz y es pieza fundamental para el Cob ya que hace la función de estructura. La cantidad de paja es difícil de cuantificar, se puede agregar tanto como se pueda, no obstante, si hay un exceso, el cob se desintegrará, entre más arcilla en la mezcla, más paja se puede agregar (Bee, 1997). Es importante mencionar que el suelo por naturaleza ya contiene una cantidad de arena, así que, de ser necesario, solo se tendrá que conseguir una cantidad mínima para mejorar la mezcla.



**Figura 37. Extracción de la tierra arcillosa.**

Luego de seleccionar el lugar de extracción se procede a preparar la tierra en gran cantidad, el cernido es importante para remover piedras o mugre. Puede conseguirse o fabricar un tamiz sencillo, se realiza un cuadro de madera y se apuntilla una malla de alambre de 5 mm (EcoInventos, 2015). El tamiz puede ser sostenido por dos personas mientras otra hecha la tierra con una pala.



**Figura 38. Tamizado de la tierra.**

Posteriormente, se debe usar el agua para ablandar las partículas de arcilla. Bee (1997) recomienda remojar el suelo durante la noche, esto ayudará a mezclar con el agua y hará más fácil romper la arcilla. Inclusive, entre más tiempo se remoje el material, será mejor de amasar y tendrá más consistencia al secarse. Bee (1997) recomienda usar una lona para mezclar, esta es la magia que activa los ingredientes de la mezcla, para revolver, se tira de un borde de la lona y se gira, luego se continúa mezclando con los pies descalzos.

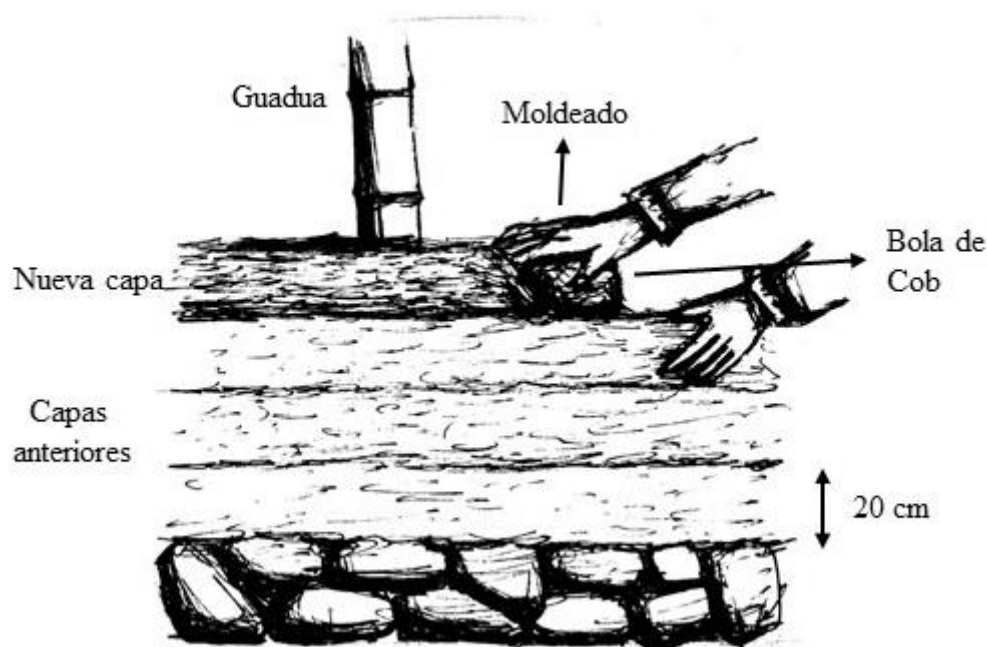


**Figura 39. Mezclado del barro con los pies.**

Durante este proceso se añade la paja y de acuerdo a la consistencia, más agua si es necesaria. “Cuando usted construye con una mezcla que está demasiado húmeda, verá que no mantendrá su forma porque no puede sostener su propio peso, comenzará a sobresalir a los lados de la pared” (Bee, 1997, p. 73). Además, no solo el exceso de paja debilita la pared. La consistencia de la tierra depende del contenido de arcilla y agua, para realizar ascensiones más altas, se utilizan terrones de la forma más seca posible, sin embargo, es una contradicción con el contenido óptimo de humedad (Hamard et al., 2016). Por lo tanto, se puede deducir que, al

minimizar el contenido de agua, es necesario comprimir más la mezcla para que se adhiera, asemejándose al proceso de la tapia pisada.

En otras palabras, es mejor avanzar poco durante un día, pero construyendo un elemento consistente. Hacer el cob con las manos es más suave y controlado, se toman puñados de cob de la lona y se aplican sobre el muro, luego se masajea con las manos y un palo para dar la forma deseada (Bee, 1997).

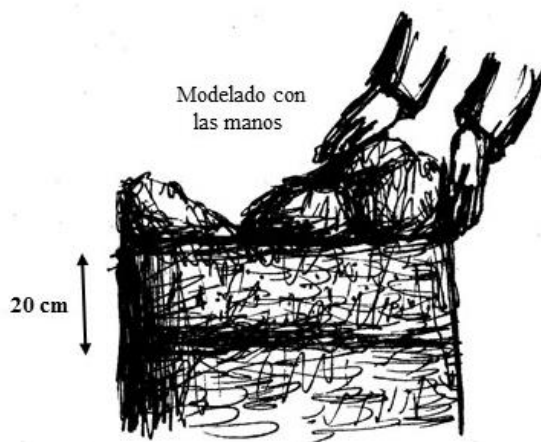


**Figura 40. Fabricación de un muro de cob.**

Es importante que el muro sea una sola pieza, es decir un elemento monolítico. Bee (1997) enfatiza que se deben evitar las conexiones débiles entre capas, es posible que necesite humedecer la última aplicación para masajear la nueva capa sobre ella. Cada capa es la superficie de la siguiente. Es decir, la cara superior de la capa deberá ser plana para poder avanzar sin problemas, sin embargo, pueden hacerse pequeñas hendiduras con los dedos para obtener un mejor agarre. Debido a la plasticidad del barro, es recomendable moldear 20 o 30 cm de altura de

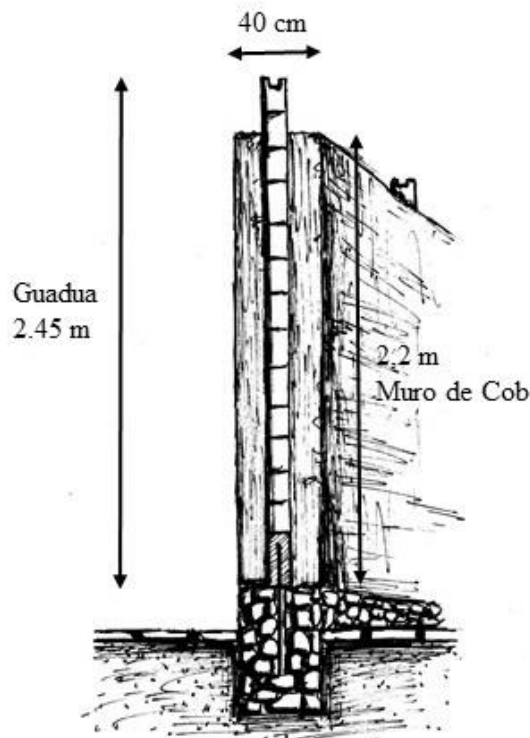


todos los muros de la vivienda en una misma jornada, al otro día, otros 20 o 30 cm y así sucesivamente hasta alcanzar la altura requerida.



**Figura 41. Forma de aplicación del cob. Elaboración propia**

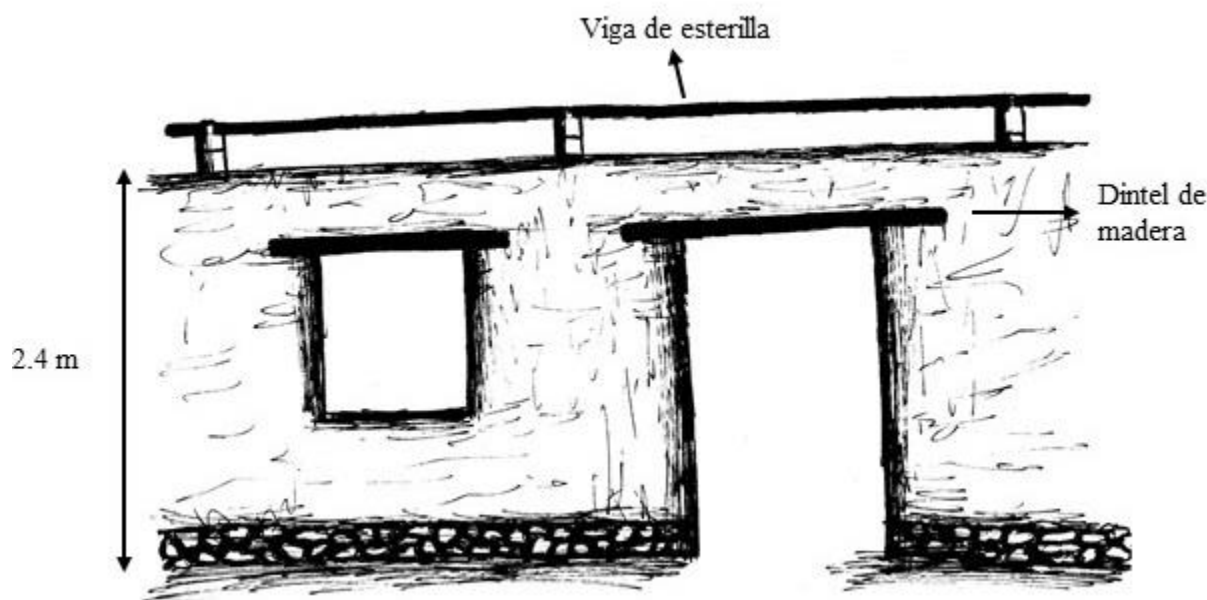
A medida que se eleva el muro, se debe verificar con un nivel su verticalidad, aprovechando que la mezcla es moldeable, puede removerse o añadirse material a los lados para conseguir uniformidad en la superficie y conservar en toda la altura un espesor de 40 cm.



**Figura 42. Altura y espesor del muro.**

Una vez completado el muro, la estructura de guadua queda protegida, los niveles de humedad son bajos cuando el Cob se seca, de este modo evitará el desgaste de la madera. En algunas partes podría ser necesario alisar el muro o remover excesos e imperfecciones. Una consecuencia de las capas del cob es el abultamiento o exceso de material, así que debe ser rectificadas pudiendo usar herramientas como la pala, el cuchillo, un palo o una piedra (Hamard et al., 2016).

De acuerdo al diseño arquitectónico, se deben tener en cuenta las ventanas y las puertas, en este caso se debe parar de rellenar el muro en la zona donde va la ventana y continuar verificando con el nivel, las ventanas comienzan a la altura de 1 metro y finalizan a los 2 metros, por lo tanto, es necesario ubicar una tabla de madera con el espesor del muro en la parte superior que cumple la función de dintel, tal como se aprecia en la figura 43.



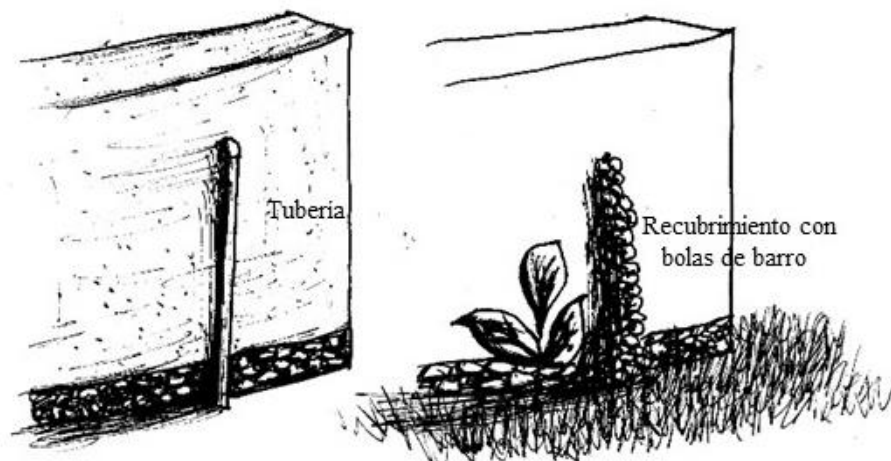
**Figura 43. Dintel de madera para ventanas y puertas.**

Como último paso, se encuentra el secado, un buen proceso de secado evitará que el muro se quiebre o desmorone. El tiempo promedio de secado para un muro de cob oscila entre 11 y 21 días dependiendo del clima, en el caso de haber sol directo, se deben cubrir los muros de manera similar a como se realiza con la cimentación, utilizando una lona o bolsas. Terminado este proceso, puede optarse por realizar la cubierta o las instalaciones hidráulicas, sin embargo, puede aprovecharse que el muro aún está fresco en su interior, lo que facilitará instalar la tubería de aguas limpias.

### **8.8 Instalaciones hidráulicas**

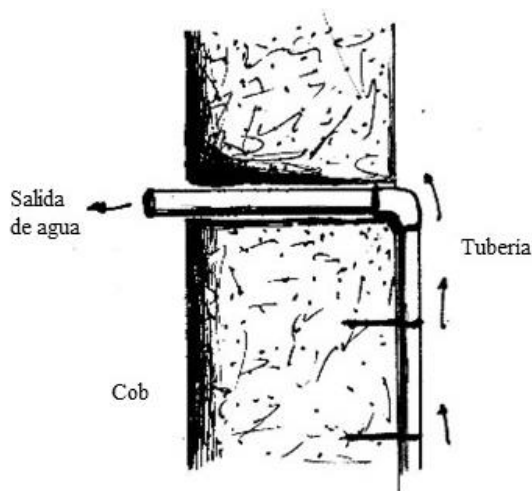
Las instalaciones hidráulicas se realizan después de la construcción de los muros debido a que el agua suministrada debe elevarse para llegar a las llaves, lavamanos e inodoros. La tubería se coloca en línea recta y paralela a los muros y techos, puede ir enterrada y recubierta por el revoque o fija a las paredes por medio de ganchos y abrazaderas (Ramirez, 2012). Sin embargo,

la forma para instalar la tubería sin exponer los muros a un riesgo es adjuntándola junto al revoque y luego recubriéndola para evitar daños.



**Figura 44. Tubería de agua sobre el muro de cob.**

Teniendo en cuenta que la ducha es la única zona que requiere la elevación de 2 m y el resto de puntos de instalación requieren solo 1,25 m, los tubos deberán traspasar el muro y conectarse en el interior, para esto se realiza una abertura en el muro usando un cincel o un cuchillo.



**Figura 45. Paso del tubo del exterior al interior.**

## 8.9 Cubierta

La cubierta para una edificación vernácula podría llegar a ser un elemento que requiera inversión ya que se debe encontrar un material resistente y aislante de calor. Sin embargo, el domocaña es una técnica de bajo impacto ambiental y bastante económica ya que requiere en su mayoría materiales naturales tales como guadua, fique y barro.

De acuerdo a su ejecución, es más fácil si se tiene una planta arquitectónica pequeña y consolidada, sea cuadrada o redonda, se aprovecha la viga riostra para conformar una cúpula usando una malla reticular de caña brava o esterilla de guadua, en el presente planteamiento se usan guaduas para la estructura, del mismo modo puede fabricarse esterilla y economizar en materiales. Para formar la cúpula se aprovecha el principio de tensión, de este modo se conforman arcos apoyados en la viga y amarrados entre si usando cuerda.

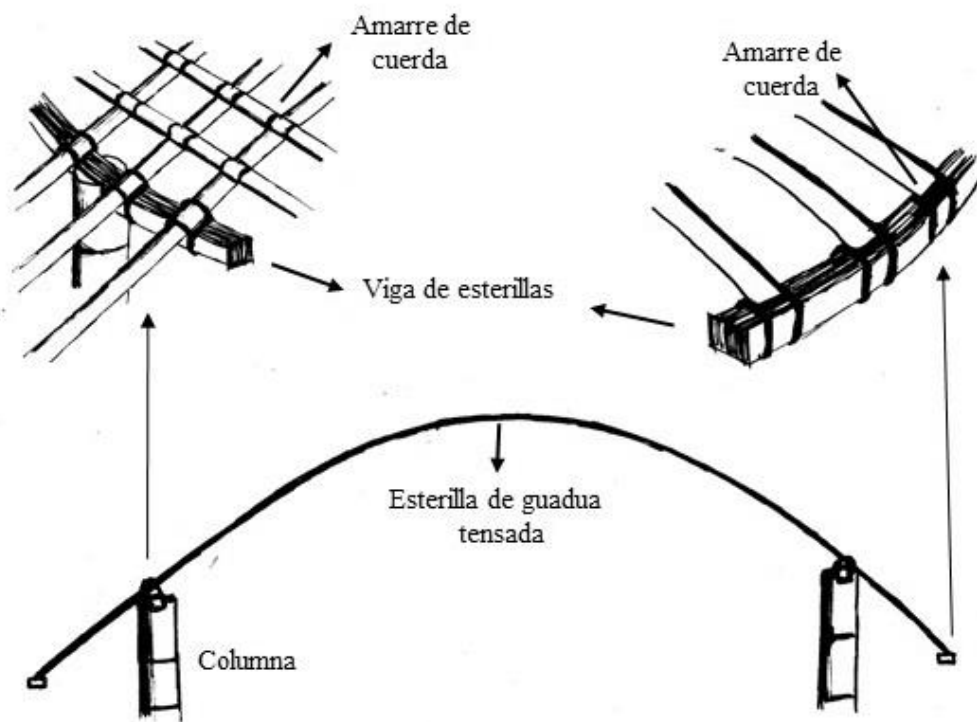
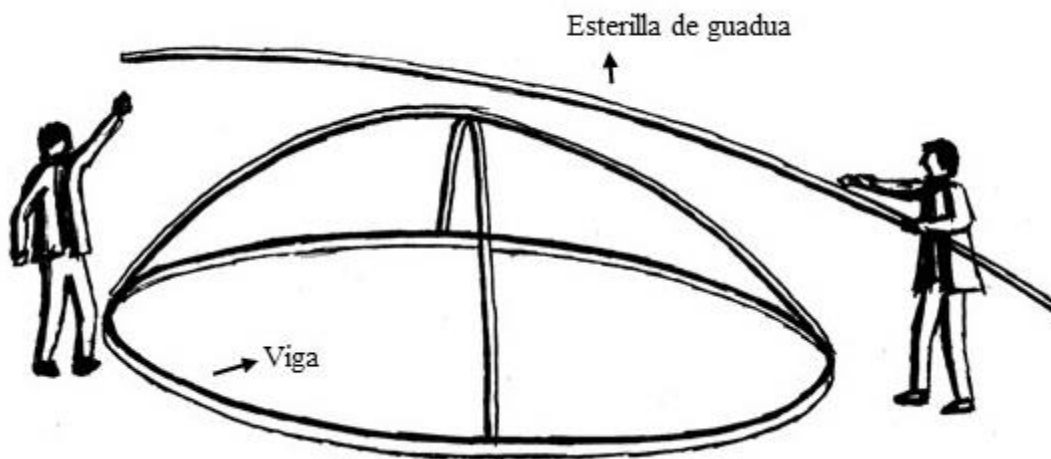


Figura 46. Puntos de anclaje para estructura para la cubierta.

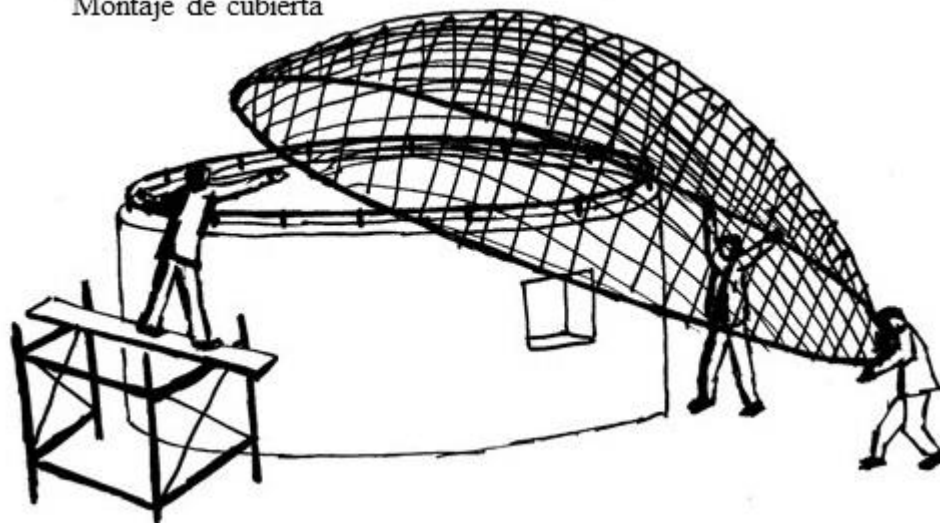
Es necesario armar la estructura del domo en el suelo para facilitar el trabajo, primero se hace la base circular usando el mismo método de la viga de esterilla, luego se marcan los ejes, en este caso, la separación entre esterillas será de 15 cm, se ponen las dos líneas del medio para definir la altura, hay que tener en cuenta que la cúpula no debe quedar muy baja ya que al añadirle el recubrimiento se hundiría, tampoco se puede tan alta ya que la esterilla no permite tal flexibilidad, así que una cubierta de esterilla con una base de 6 metros de diámetro tendrá aproximadamente 1.5 metros de altura en su centro. Las esterillas se instalan una por una, mientras dos personas amarran las puntas, un tercero puede ir amarrando el entramado.



**Figura 47. Base circular para la malla de esterilla.**

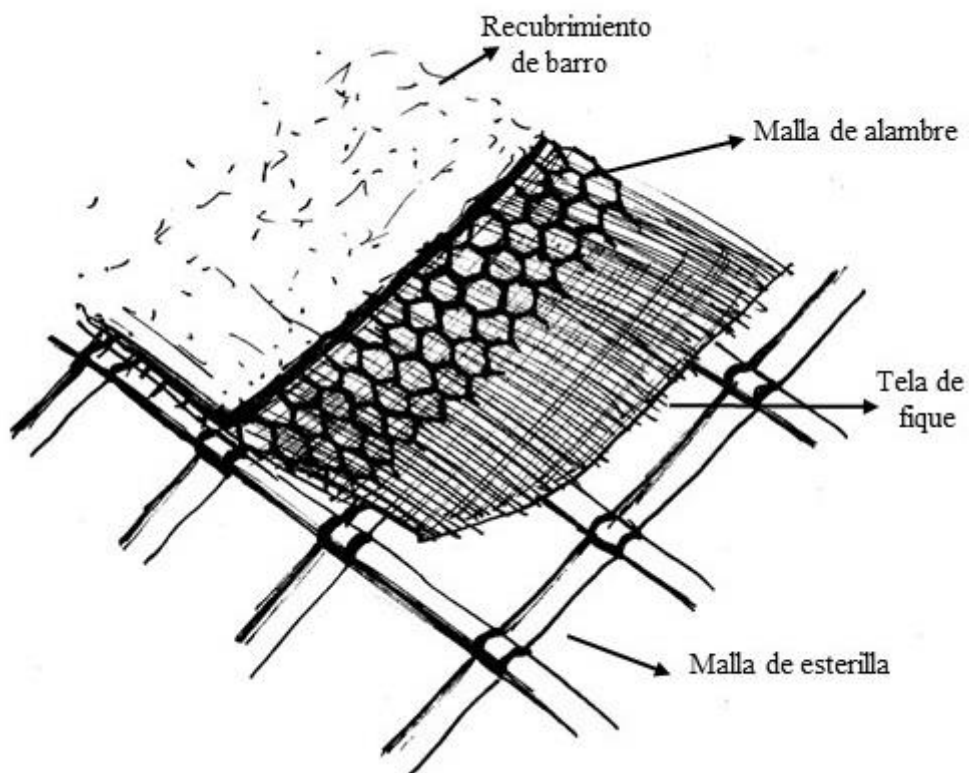
Luego de conformar la malla cupular, se procede a montarla sobre la vivienda, se requiere la ayuda de un andamio para estar a la altura suficiente y encajar la cúpula sobre la viga, en este punto es necesario también amarrar la estructura a la viga usando cuerda.

Montaje de cubierta



**Figura 48. Detalle de ensamble entre columna y viga de esterilla.**

Estando la cúpula instalada, se puede realizar el recubrimiento. Minke (2010) Sugiere cubrir con tela de fique (sisal), malla de gallinero, barro estabilizado con cemento o cal y manta asfáltica. No obstante, es más conveniente evitar la manta asfáltica y mejorar la mezcla de barro utilizando aceite quemado además de paja más fina y abundante para añadir resistencia contra la lluvia.



**Figura 49. Recubrimiento con botellas plásticas para la cubierta.**

### **8.10 Instalaciones eléctricas**

Estas son fundamentales para el funcionamiento de los electrodomésticos y la iluminación nocturna, el cableado puede ubicarse por la superficie superior de los muros y realizar una pequeña zanja para el cable descienda y conecte el toma corriente o enchufe



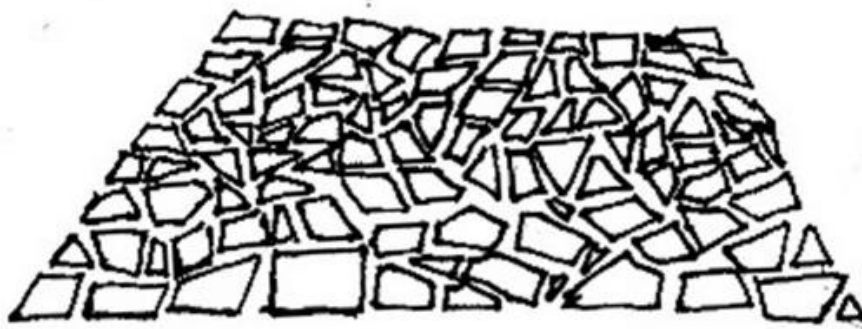


**Figura 50. Instalaciones eléctricas en el muro de cob.**

### 8.11 Acabados y otros

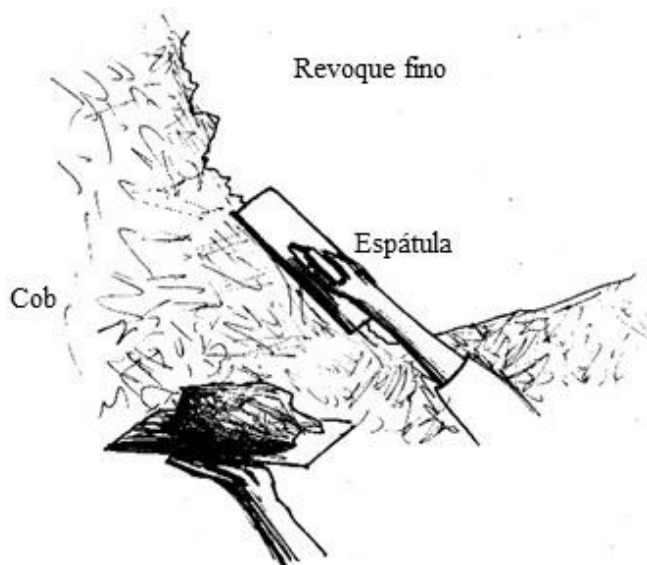
Luego de tener finalizadas las etapas más importantes, se procede con los acabados y otros detalles que contribuyen al funcionamiento adecuado de la vivienda, algunos pueden variar según el gusto, las posibilidades o la necesidad de cada usuario, en este caso se proponen métodos inclinados hacia la economía y la funcionalidad.

**Pisos:** Es necesario que el recubrimiento en el suelo del interior sea plano para obtener comodidad y facilidad para su limpieza, puede utilizarse tableta quebrada como material principal, su adquisición puede realizarse en ladrilleras o ferreterías donde son consideradas como un desperdicio, en consecuencia, para la construcción se debe usar mortero de cemento y destreza para ubicar las tabletas en modo de mosaico, encajando las caras más parecidas para que el suelo quede homogéneo.



**Figura 51. Piso de cerámica reciclada.**

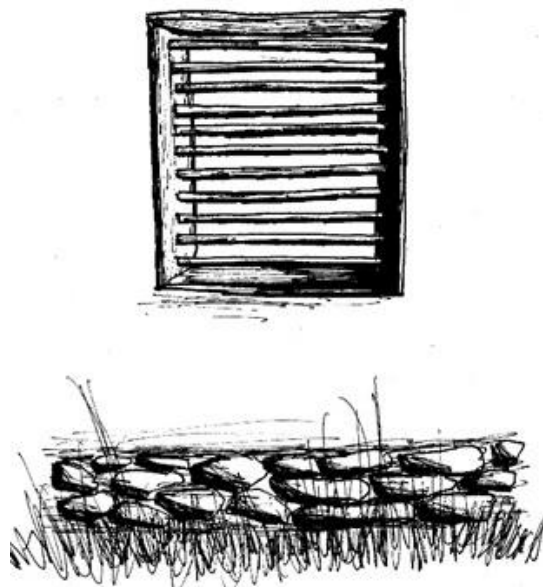
Revoques y pinturas: Se debe añadir una capa adicional para proteger el muro de las inclemencias del clima como la lluvia o el viento, para esto se aplica un revoque. Realizar el recubrimiento es fácil ya que es una versión del cob finamente tamizada y con más humedad, se requieren las mismas proporciones de arcilla y arena, sin embargo, la paja debe ser mucho más fina (Bee, 1997). Este revoque se aplica del mismo modo que se empañeta en las construcciones convencionales, usando una paleta o espátula para moldear



**Figura 52. Aplicación del revoque fino en el muro de cob.**

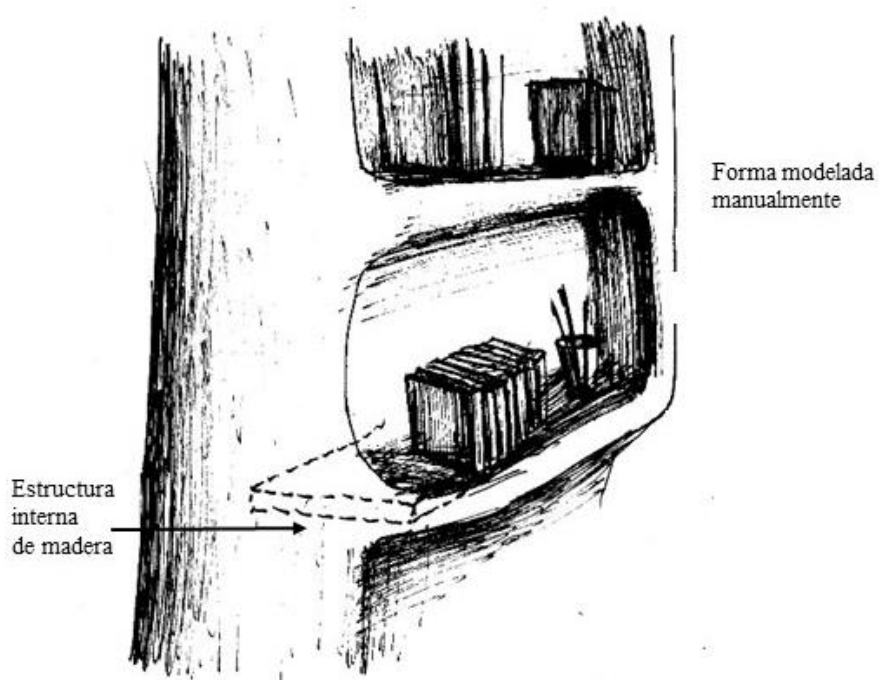
Luego de verificar su secado, puede aplicarse la pintura, el color blanco suele ser más elegante, inclusive, brinda claridad a la vivienda y es más sencillo de hacer a comparación de las pinturas con tierra. Foccal (2013) afirma que la pintura de cal consiste en mezclar agua con cal hidratada y sal, se mezcla y se aplica como cualquier pintura usando para ello, una brocha o rodillo. Consecuentemente, podrían necesitarse varias capas para lograr el color deseado, esto depende del espesor de la cal en la mezcla. La pintura de cal permite que los muros transpiren, el aire al interior se renueve y es antiparasitaria (Foccal, 2013).

Puertas y ventanas: Se necesita un material liviano y resistente, la madera es una buena opción ya que puede adaptarse a variedad de medidas y se puede reutilizar, tanto las puertas como las ventanas requieren un marco de madera para generar una base consistente e instalar los ensamblajes. Incluso, es posible evitar el uso de vidrio construyendo una persiana que permite la ventilación y el paso de luz tal como se observa en la figura 53.

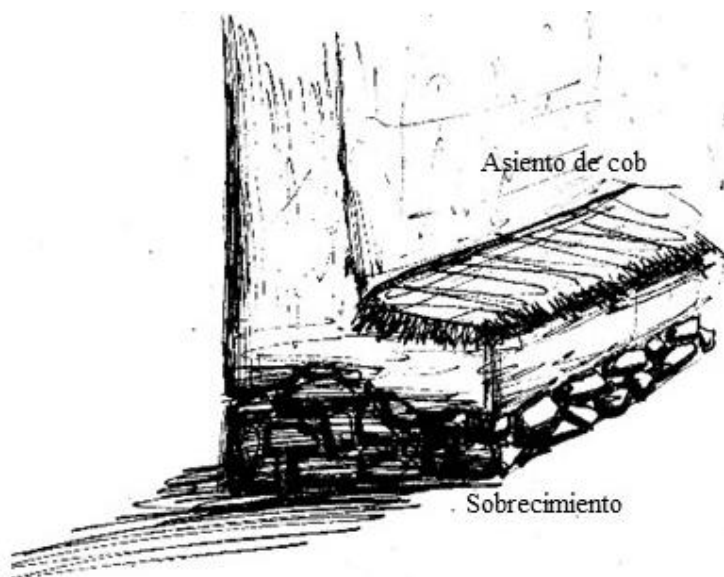


**Figura 53. Ventana de madera sobre cob.**

Mobiliario: El cob ofrece infinitas posibilidades para moldear algún detalle durante la construcción de los muros, tan solo añadiendo una estructura de madera anclada al muro y más mezcla de barro con pasto pueden formarse estantes para cocinas, libros o herramientas, inclusive luego de conformar los muros, puede realizarse el mobiliario como las camas, asientos y mesones con este material.



**Figura 54. Estante para libros en el muro de cob.**



**Figura 55. Mobiliario de cob.**

Es importante resaltar que los materiales mencionados para la realización del proyecto en su mayoría los provee la naturaleza tales como la tierra, el pasto, la piedra y la madera, otros se consiguen en el reciclaje como los plásticos y las láminas, en cambio, el material que requiere inversión es el cemento para realizar el mortero de la cimentación, aunque puede construirse sin mortero, es preferible utilizar este material aglomerante ya que provee mayor consistencia y resistencia a la humedad.

La construcción en general proyecta una forma económica de construcción vernácula, adicionalmente, su practicidad permite que la misma familia autoconstruya su vivienda y aporte su identidad con detalles constructivos, actividades agrícolas y sociales que aporten a su desarrollo.

## 9 Proceso de diseño

### 9.1 Planteamiento

Luego de conocer las dinámicas del entorno y las determinantes naturales en la visita de campo y los análisis, se plantea una posible zonificación para definir el área óptima para ubicar la vivienda y el suelo para cultivar, se hace fundamental incluir la actividad agrícola debido a la ficha de observación 31, la cual indica que los habitantes del barrio Nidia encuentran muy útil dedicar gran parte de sus terrenos en la producción agrícola y la ganadería, en este caso, se propone una gran zona de cultivos conectada directamente a la vivienda y a un espacio de esparcimiento, debido a que la materia prima para la muros es de tierra, el hueco resultante de la extracción puede usarse para almacenamiento de agua.

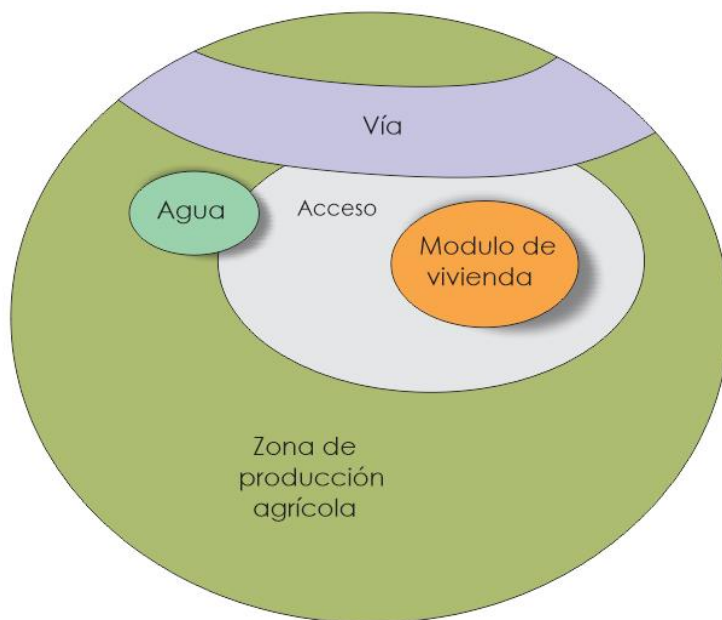
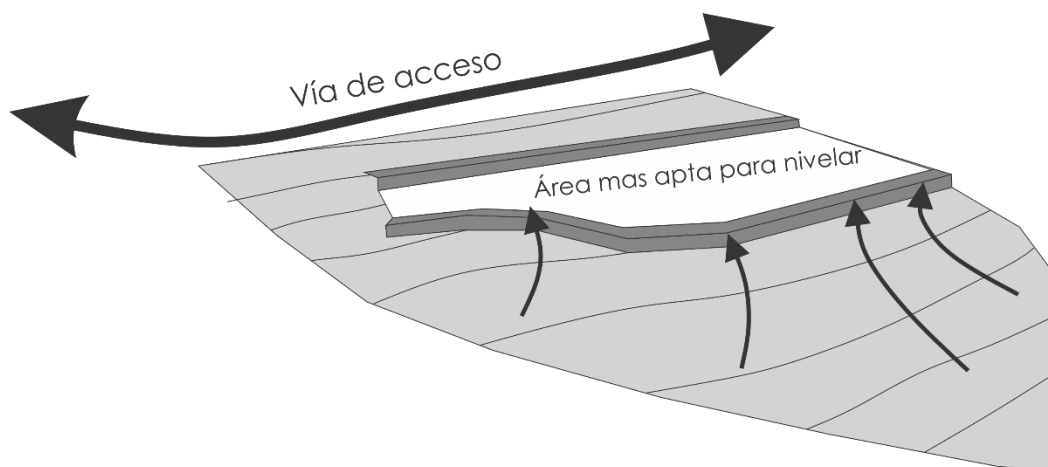
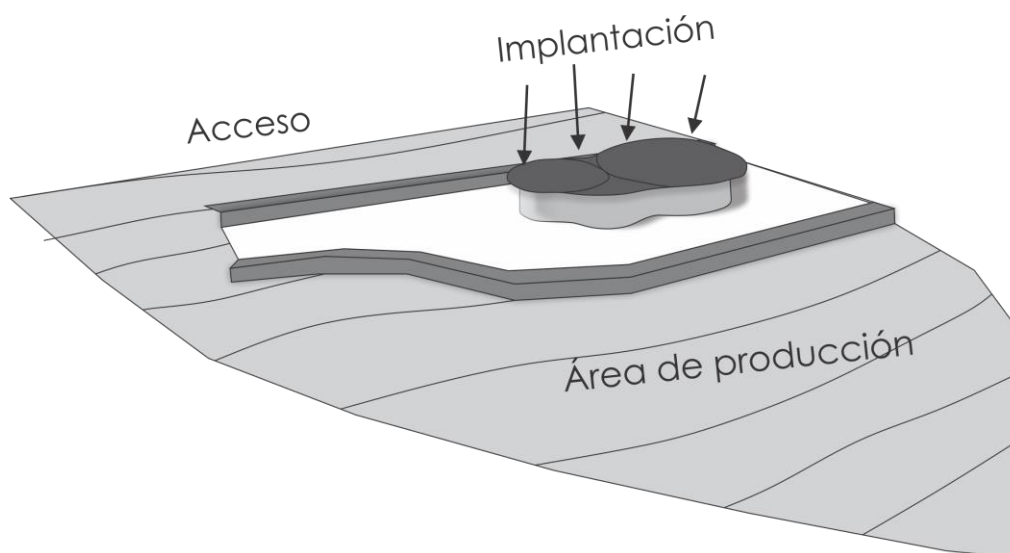


Figura 56. Zonificación en el terreno.



**Figura 57. Nivelación del terreno.**

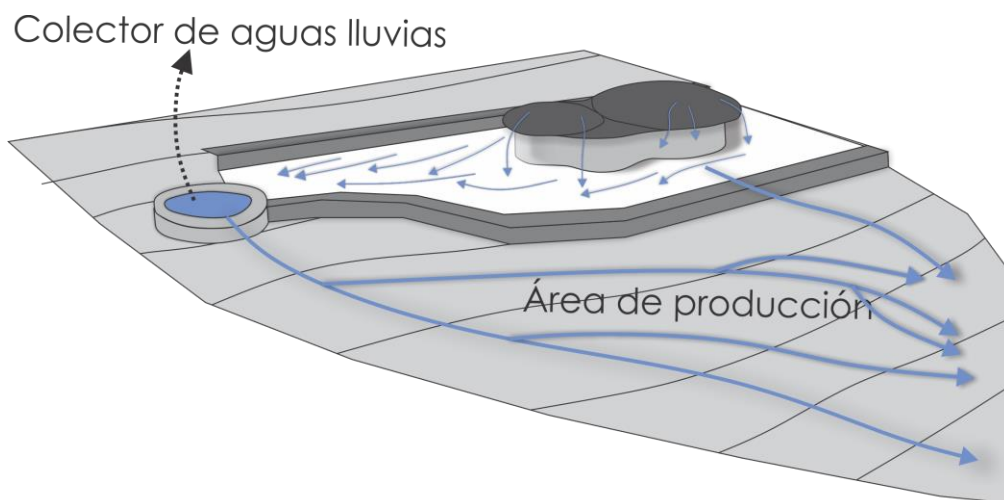
Se tiene en cuenta la vía de acceso para ubicar la vivienda y facilitar la llegada de sus habitantes, por otra parte, es determinante la topografía ya que las curvas de nivel permiten una nivelación más sencilla, es decir, excavar y contener menos terreno que en cualquier otro punto del lote, así mismo se obtiene las mejores visuales hacia el paisaje.



**Figura 58. Implantación de la vivienda.**

La vivienda se ubica en la parte superior del terreno junto a la vía, se utilizan gaviones de piedra para contener el terreno tal como es costumbre en la comunidad según la ficha de

observación 13, de esta forma se evita el movimiento de masas y se asegura la durabilidad de la construcción.



**Figura 59. Sistema de riego.**

Para soportar épocas de sequía o tener reserva de agua, se aprovecha el espacio que se produce al extraer tierra arcillosa para la construcción de la vivienda y se realiza un pozo recubierto con piedra y mortero, luego se redirige el agua sobre los cultivos por medio de canales.



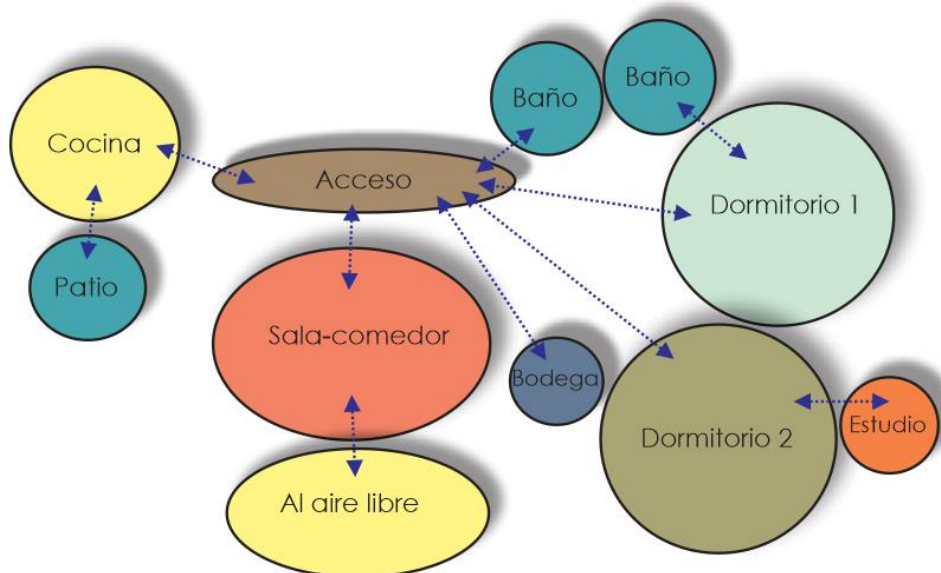
**Figura 60. Zonificación en el terreno. Fuente propia.**



Por consiguiente, se concluye la distribución del grafico anterior, en este se conecta la vía, el estanque, la vivienda y los cultivos con una zona de acceso y esparcimiento recubierta de piedra del entorno. La vivienda se ubica en fácil acceso y con protección de la remoción de masas, la familia podría realizar cultivos extensos en la parte baja del terreno y tener un huerto casero junto a la vivienda, de este modo, suplir de vegetales la cocina.

## 9.2 Morfología y diseño de la vivienda

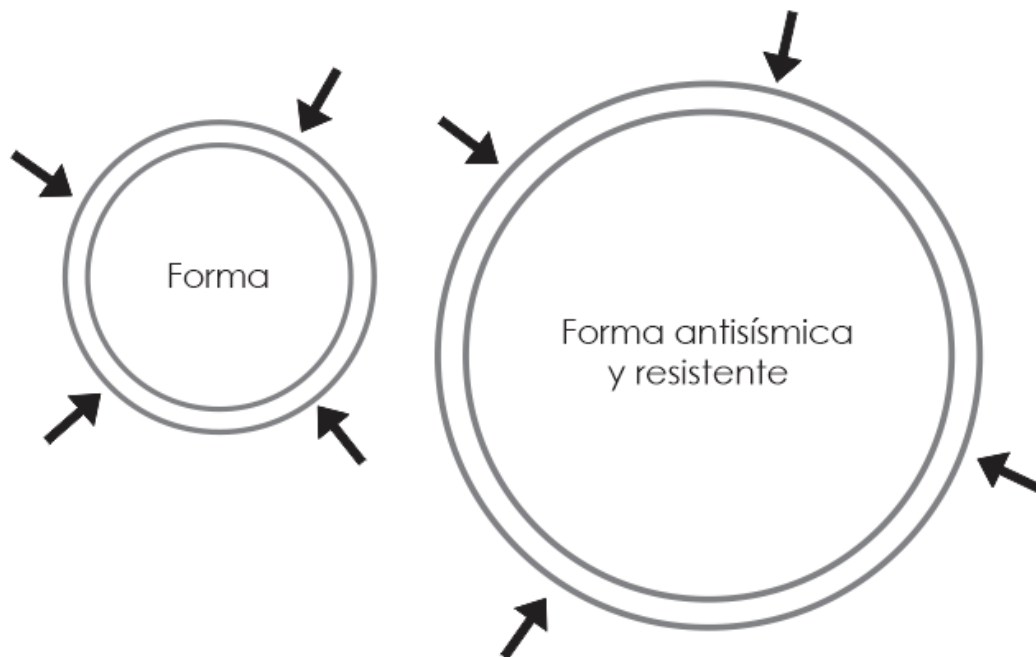
Para proyectar cuales y cuantos espacios deben consolidarse en la vivienda se tiene en cuenta la familia que habitará la vivienda, según la ficha de observación 35, un padre, una madre y un niño planea construir su vivienda, prefieren el campo y los espacios abiertos. El terreno a intervenir permite libertad en cuanto a tamaño, sin embargo, es muy importante evitar el trabajo excesivo y desperdicio de material, por lo tanto, se proyectan en un organigrama los siguientes espacios para la vivienda unifamiliar.



**Figura 61. Organigrama de la vivienda.**

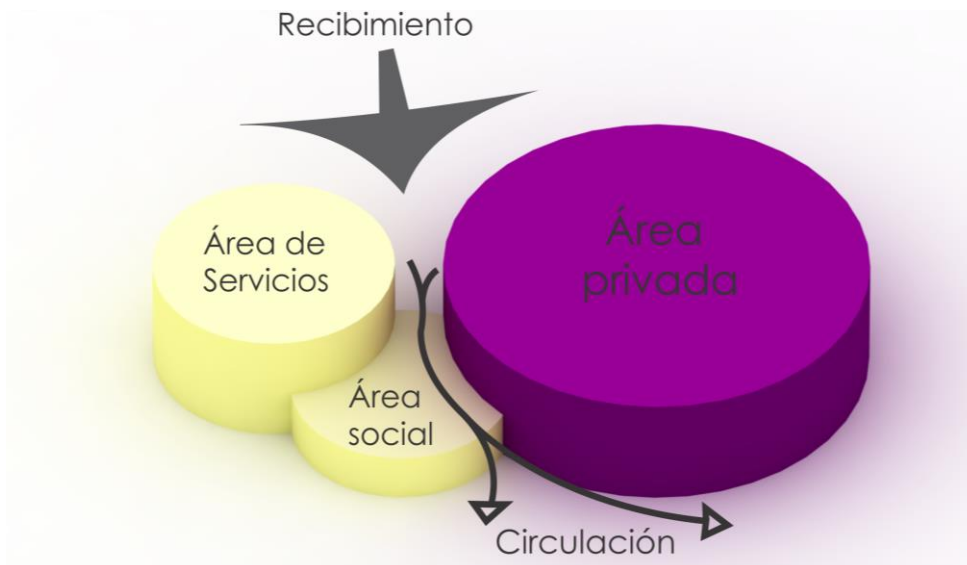
Para la vivienda, se tiene en cuenta una relación entre la sala-comedor y un espacio social al aire libre, el área de servicios se ubica a la izquierda para recibir directamente el sol de tarde y así mismo, tenga conexión directa con el área social, las zonas húmedas como los dos baños, la cocina y el patio de ropas se ubican linealmente para facilitar la instalación de tuberías.

De acuerdo a los estudios en el cob presentados en el capítulo 5 “técnicas semejantes de construcción con tierra”, se demuestra la importancia de la curva y los círculos en cuanto a resistencia sísmica, para diseñar se tuvo en cuenta usar geometría definida, al hacer los cálculos teniendo en cuenta los tamaños de los espacios, se concluye que dividir la vivienda en 3 espacios, cada uno en una geometría definida, es optimizar la forma y la funcionalidad.



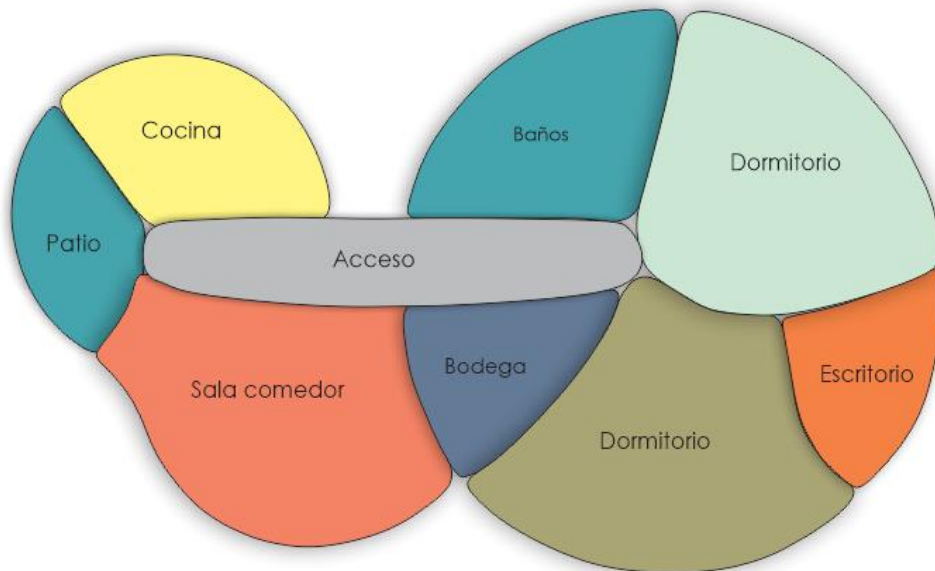
**Figura 62. Forma óptima para resistencia en el Cob.**

Se define una circulación central que distribuye a los espacios, el área privada se diferencia del área social, pero mantiene conexión directa, así mismo, el área de servicios con el interior y exterior de la vivienda.



**Figura 63. Definición de áreas en la vivienda.**

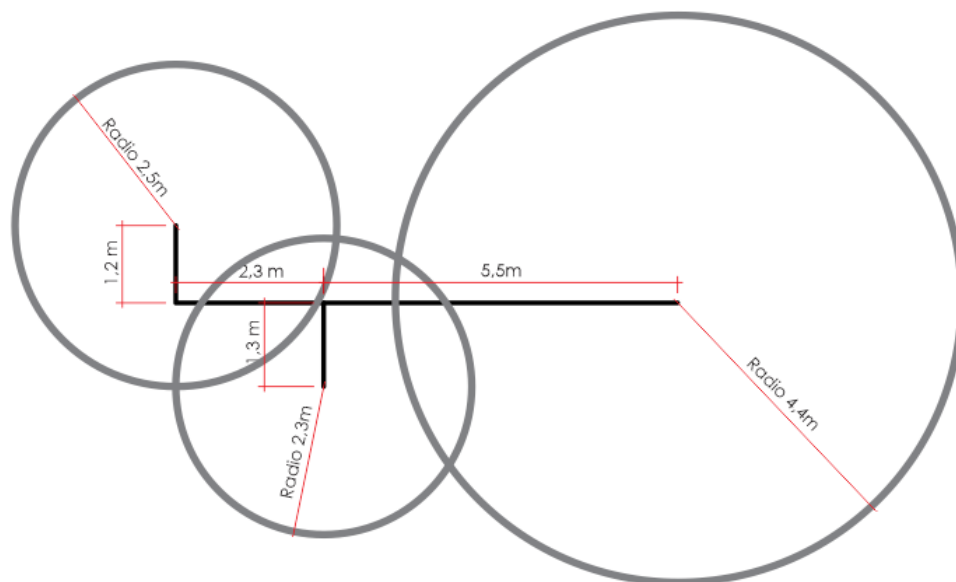
De esta forma, se consolida una forma base que luego se escala para definir los espacios, de este modo se definen circulaciones internas y conexiones directas en base al organigrama.



**Figura 64. Distribución de espacios.**

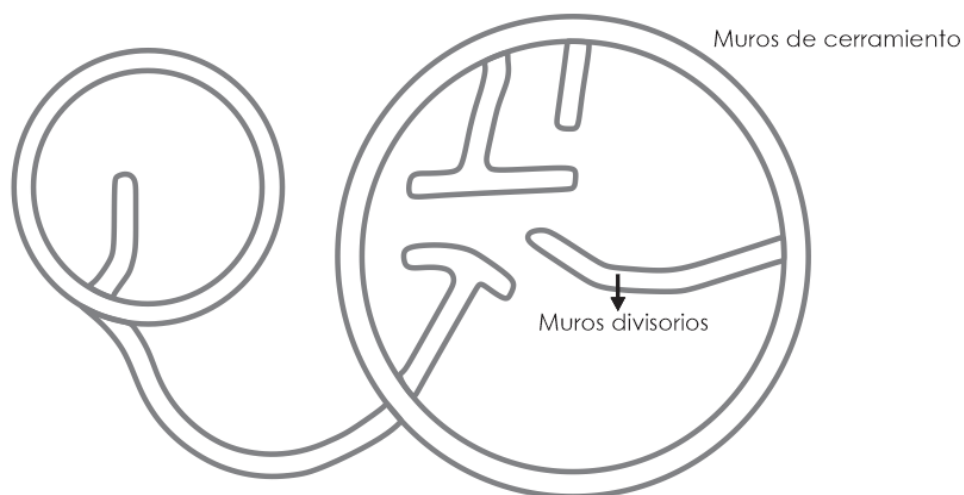
Por otra parte, a medida que se aplican áreas y tamaños, se parametriza el modelo general aprovechando la geometría, por lo tanto, se facilita su construcción y modificación. En este caso

la vivienda se forma por 3 círculos de diferentes tamaños que parten de tres líneas base con medidas concretas.



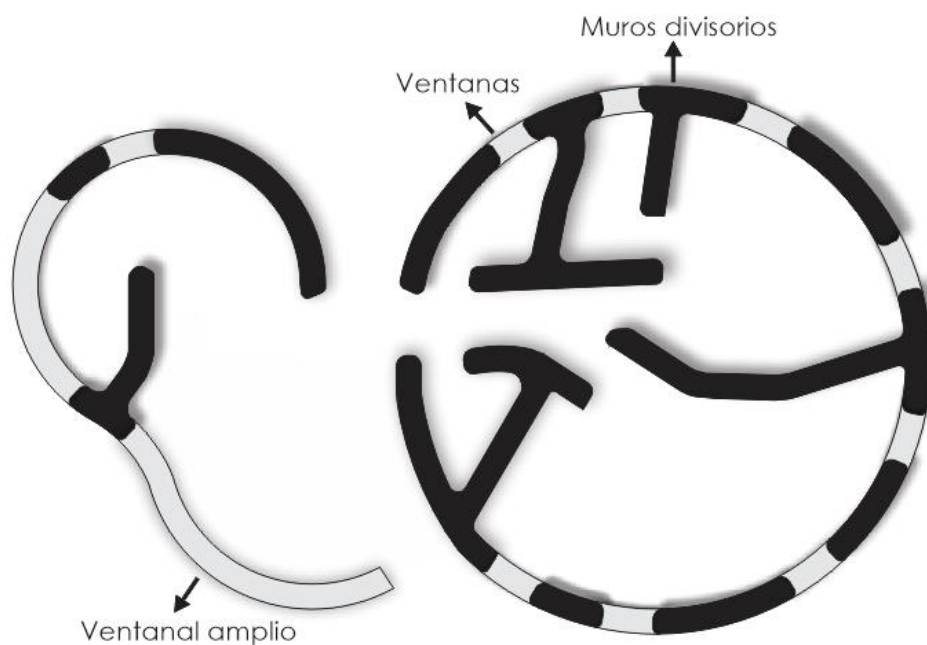
**Figura 65. Parametrización del diseño.**

Se propone un área de acceso alargada que conecta el área privada, social y de servicios, siendo la morfología curva, se mantiene una distribución lineal y funcional, añadido a esto, se optimizan los tamaños y se dividen los espacios por medio de muros divisorios usando la misma técnica de Cob.



**Figura 66. Divisiones internas en la vivienda.**

Teniendo en cuenta la funcionalidad de los espacios, iluminación y ventilación, se añaden aberturas de 80 centímetros, es decir, las ventanas. Asimismo, la técnica Cob permite construir ventanales, de esta forma se aportan visuales importantes como es el caso de la sala-comedor y el espacio al aire libre.



**Figura 67. Ventanas y ventanales.**

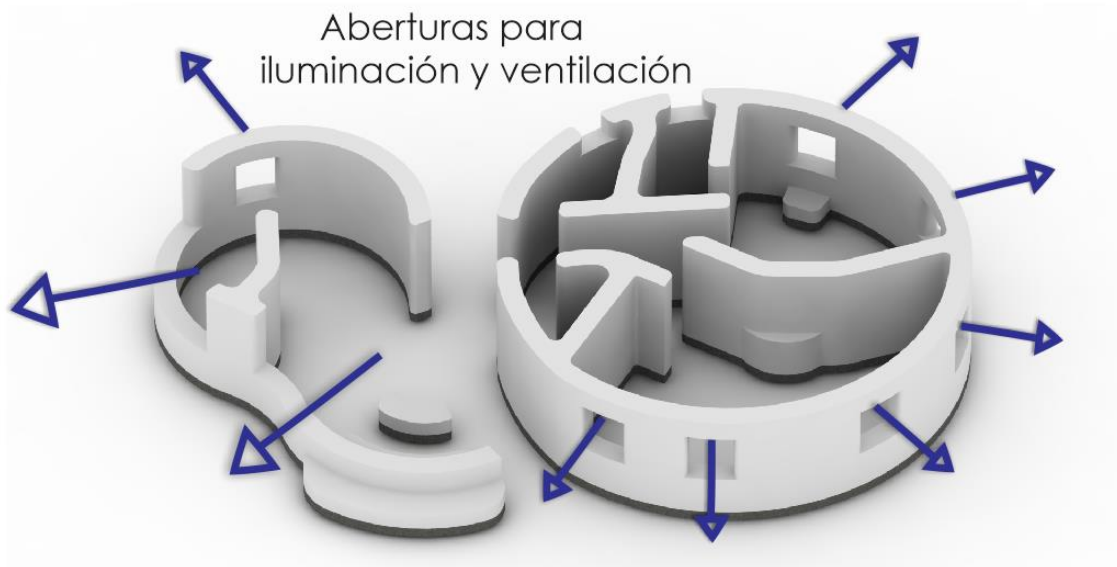


Figura 68. Vista tridimensional de los muros y las aberturas.

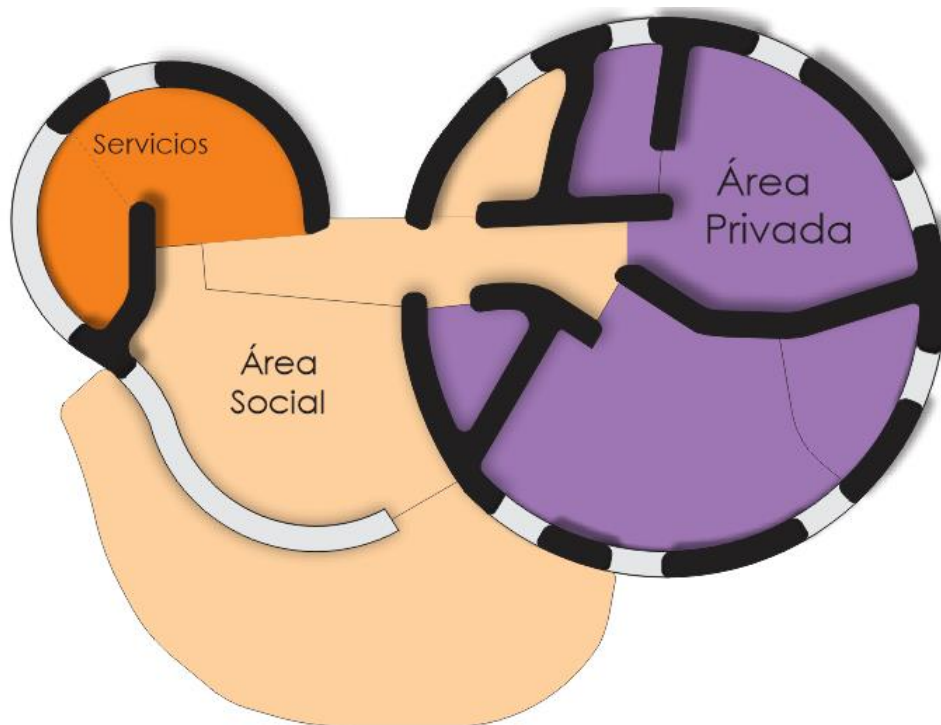
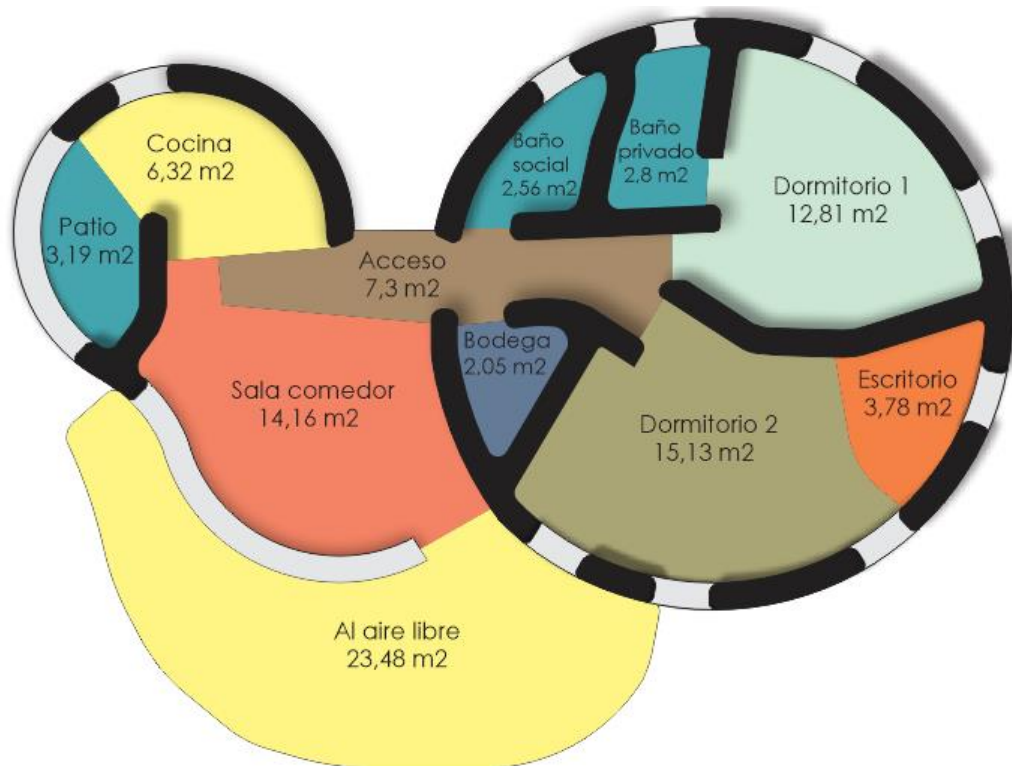


Figura 69. Área de servicio, social y privada.



**Figura 70. Diseño concluido con metros cuadrados.**

Finalmente se constituye el modelo de vivienda, se tiene en cuenta mantener medidas estándar para puertas y ventanas, de modo que facilite su construcción.

### 9.3 Estructura

De acuerdo a la conclusión del capítulo 6, “selección del método constructivo” donde se define la implementación de una estructura de guadua desde la cimentación hasta los muros y el domo caña como técnica para la cubierta, se consolidan columnas individuales sin que interfieran con las puertas y ventanas, tal como se aprecia en las siguientes figuras.

### 9.3.1 Columnas de guadua

La cimentación y el sobrecimiento se consolida con los muros mediante una estructura de guadua anclada por medio de varillas de hierro y cemento, se tiene en cuenta no afectar puertas y ventanas, al mismo tiempo que se conserva una distancia corta entre columnas.

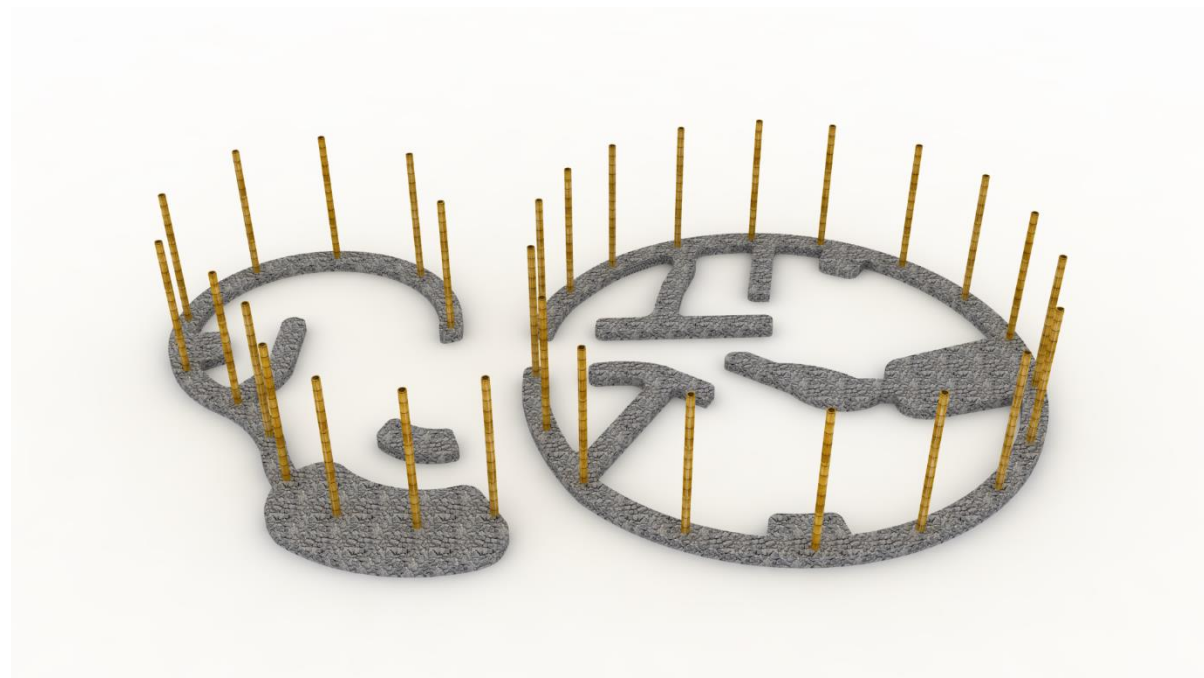


Figura 71. Estructura de guadua.

### 9.3.2 Vigas de amarre y cubierta

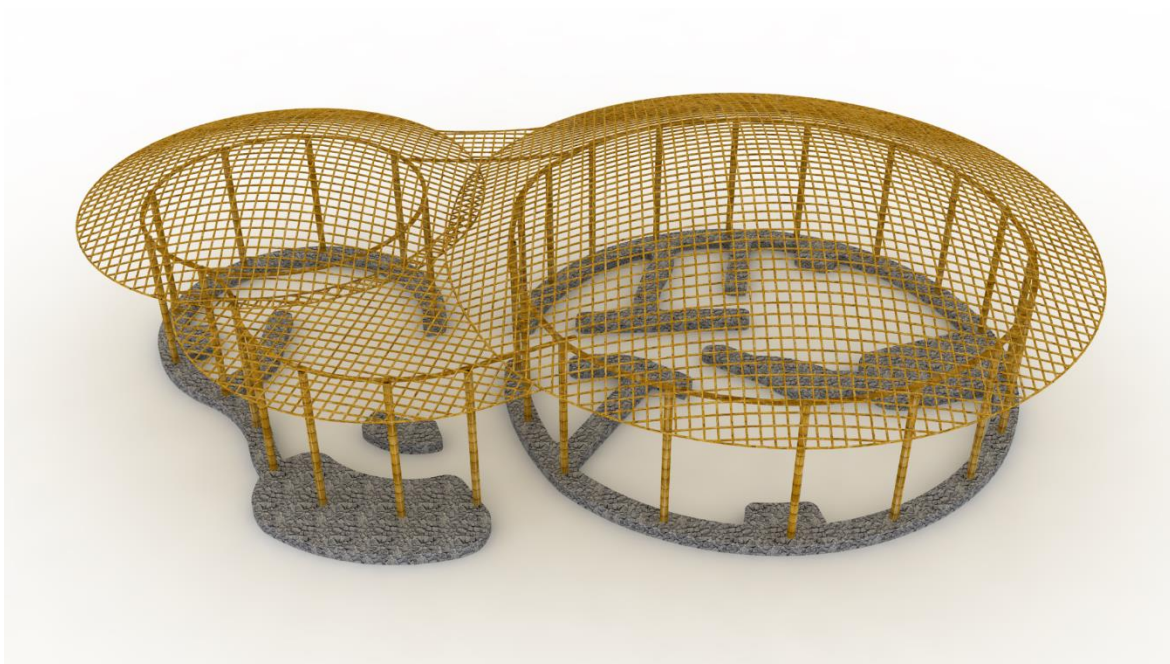
Así mismo, las columnas se consolidan con una viga de amarre hecha con esterillas de guadua, de este modo se conforman dos círculos principales y dos líneas complementarias que sirven de unión.





**Figura 72. Estructura de guadua y viga de amarre.**

La cubierta se realiza con esterilla de guadua, tal como se describe en el manual constructivo, la estructura se construye en el suelo y se monta sobre las 2 vigas circulares, seguido a esto se aplica el recubrimiento de barro.

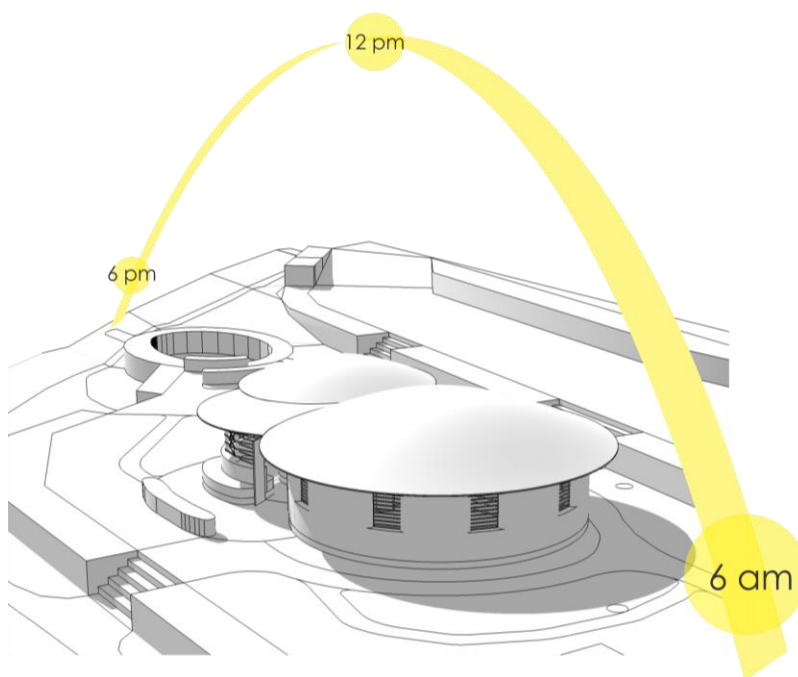


**Figura 73. Estructura de esterilla, domocaña para la cubierta.**

## 9.4 Confort

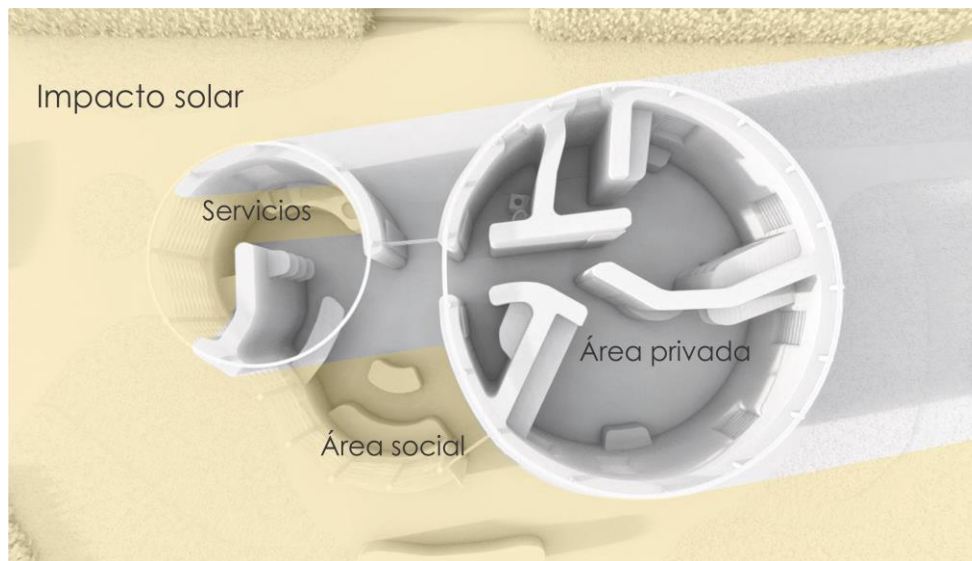
La presente investigación se enfoca en la arquitectura vernácula y los materiales reciclados debido a la posibilidad de lograr aspectos confortables que otras técnicas o materiales no logran, como se indica en el capítulo 5, el barro crudo al ser un material poco denso, conduce de manera muy lenta la temperatura, de modo la construcción se asimila a un recipiente regulador de temperatura y humedad, al mismo tiempo es moldeable y modificable, lo que permite que el usuario, que generalmente es el mismo constructor, añada o retire material para formar aberturas y entradas para lograr a su gusto y experiencia el confort necesario.

### 9.4.1 Iluminación



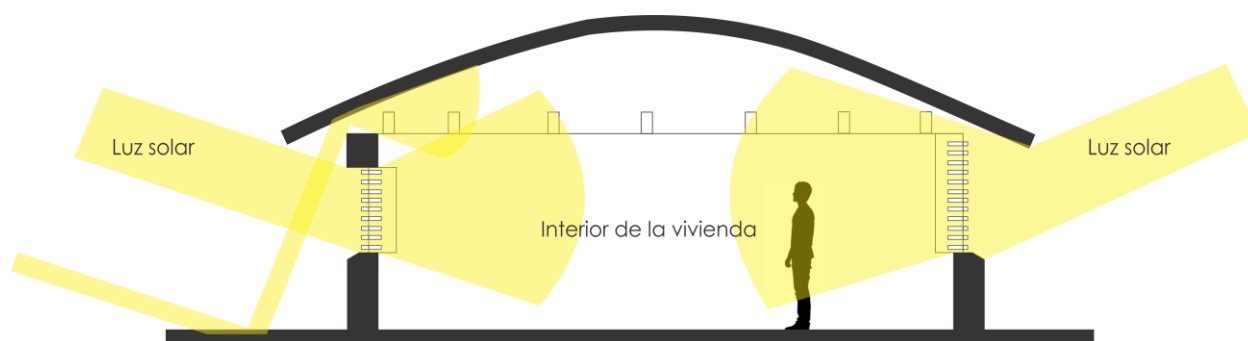
**Figura 74. Asoleación.**

La vivienda se ha dispuesto de tal modo que las habitaciones reciban el sol de mañana, posteriormente en la tarde, el sol de tarde calentará la zona de servicios, lo cual es benéfico para las zonas húmedas, así mismo, se ilumina mejor la zona social y se conserva la vista al atardecer.



**Figura 75. Dinámica del sol en la tarde.**

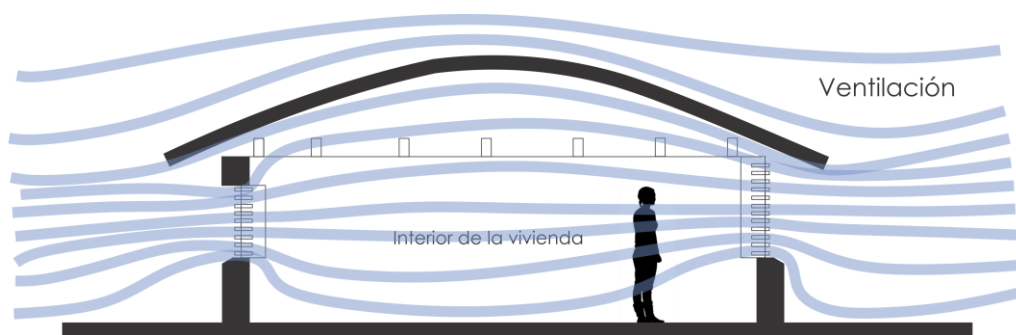
Tal como se muestra en el gráfico anterior, la iluminación en la tarde se filtra, sin embargo, no se forman zonas oscuras en la vivienda, ya que la cubierta se encuentra separada de los muros, es decir, las columnas de guadua sobresalen de los muros y la cubierta se sostiene sobre ellos por medio de la viga de amarre. De este modo, la luz rebota en el suelo o el entorno, para reflejar y entrar por la parte superior de los muros e iluminar todos los contornos curvos de la vivienda, otro aspecto importante es el color blanco de los muros acabados, de este modo, se notará más claridad y frescura al interior de la vivienda.



**Figura 76. Sistema de iluminación.**

### 9.4.2 Ventilación

Se realizan las siguientes proyecciones sobre la ventilación, se concibe el hecho que el aire caliente tiene a elevarse y el frío a descender, por tal razón, se proyecta un buen funcionamiento de ventilación ya que la forma cupular de la cubierta genera una dinámica circular que aprovecha el espacio superior de los muros para expulsar el aire caliente y recibir aire fresco por las ventanas y puertas.

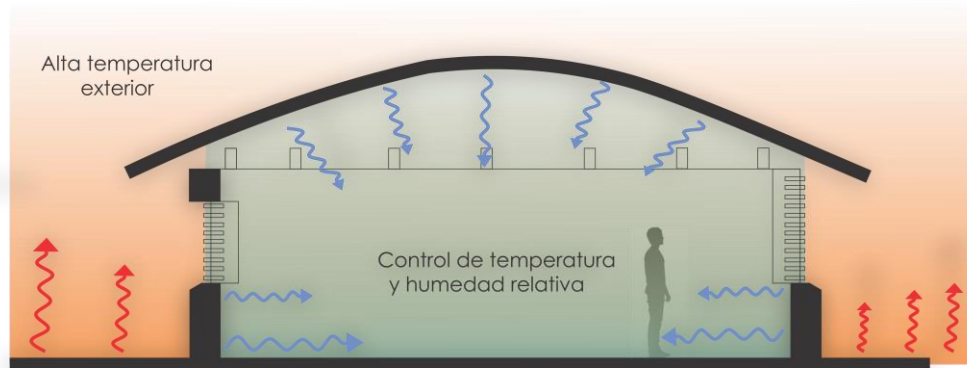


**Figura 77. Sistema de ventilación.**



**Figura 78. Dinámica de ventilación.**

### 9.4.3 Control térmico y humedad relativa

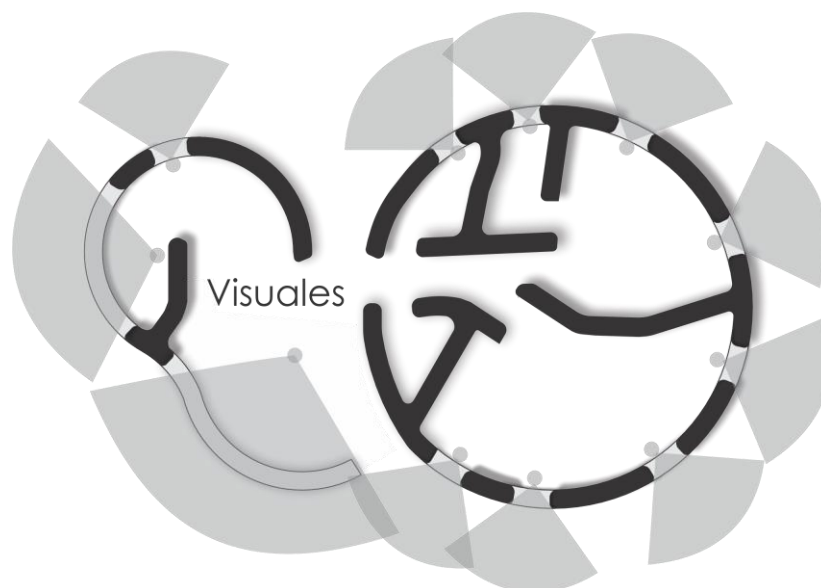


**Figura 79. Dinámica de la temperatura.**

La conformación de la vivienda por su tamaño y estilo confinado, está generando espacios que se encuentran rodeados de tierra cruda, sean los muros o la misma cubierta, por lo tanto el control térmico pasivo del barro genera un ambiente interno contrario al clima exterior, a pesar de su variable, generalmente conservará un ambiente agradable, justamente lo necesario en San José de Cúcuta, tal como lo muestra la ficha de observación 19, donde se observa una vivienda con muros de lámina de zinc, sin ventanas y sobre un terreno irregular.

### 9.4.4 Visuales

Tal como se explica en la morfología y diseño de la vivienda, se han generado las aberturas que materializan las ventanas, sin embargo, la función requerida en la zona social y de servicios han requerido un tratamiento especial, para esto se han usado ventanales, de modo que no afecten la estructura, inclusive, se ha conservado el hecho de no usar vidrio, para esto, se soluciona la seguridad de los ventanales al realizar un entramado de bahareque usando esterilla de guadua.



**Figura 80. Visuales desde el interior.**



**Figura 81. Campo visual desde el interior.**

De este modo, se conserva una conexión del interior al exterior, es importante resaltar que en un entorno semi-rural la presencia forestal es alta, así que el campo visual de todas las ventanas y puertas reciben como imagen, zonas verdes o naturaleza, aspecto bastante importante para la familia del proyecto que proviene del campo.

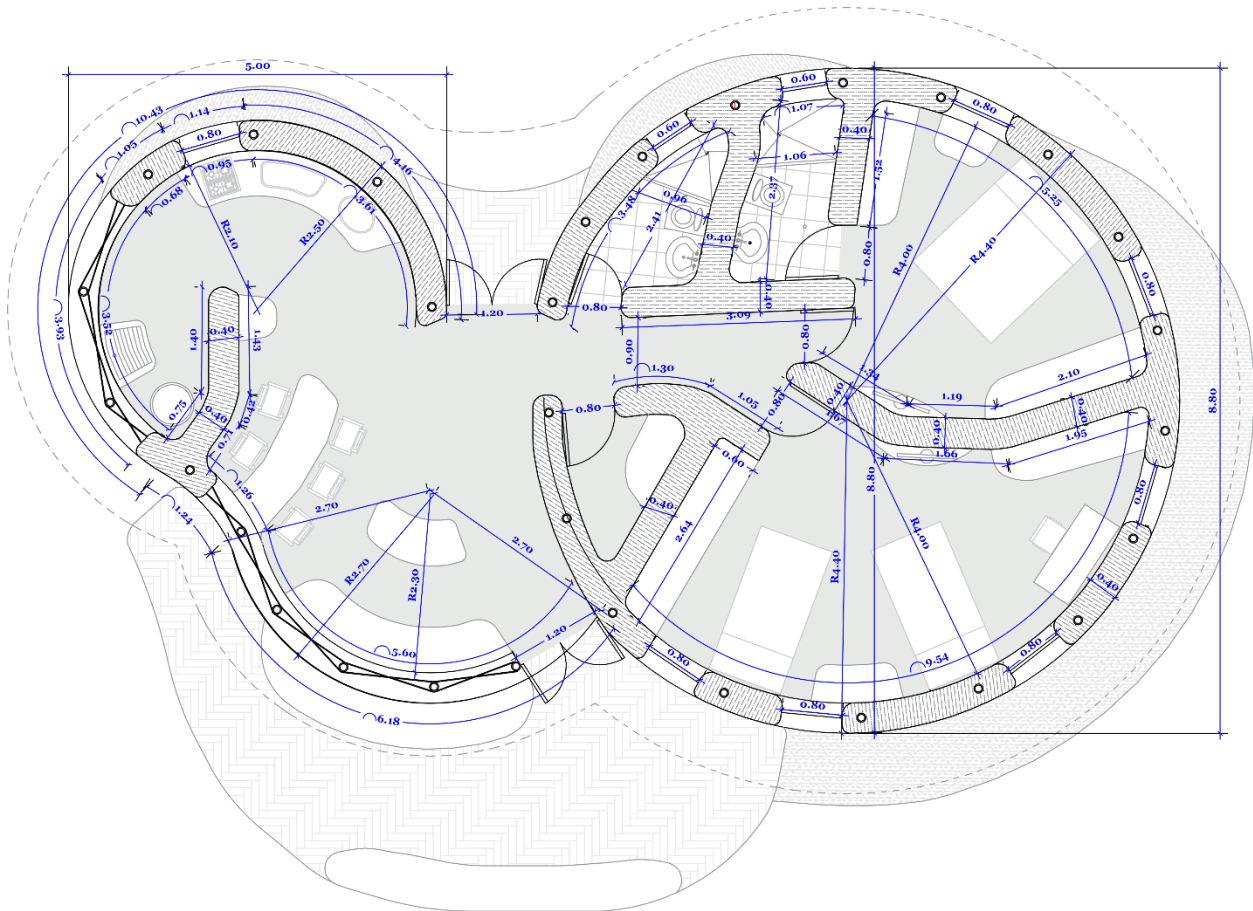
## 10 Propuesta arquitectónica

En este capítulo se adjuntan los planos, cortes, fachadas, detalles y perspectivas que facilitan la comprensión del proyecto arquitectónico a nivel de detalle.

### 10.1 Planimetrías



Figura 82. Plano general.

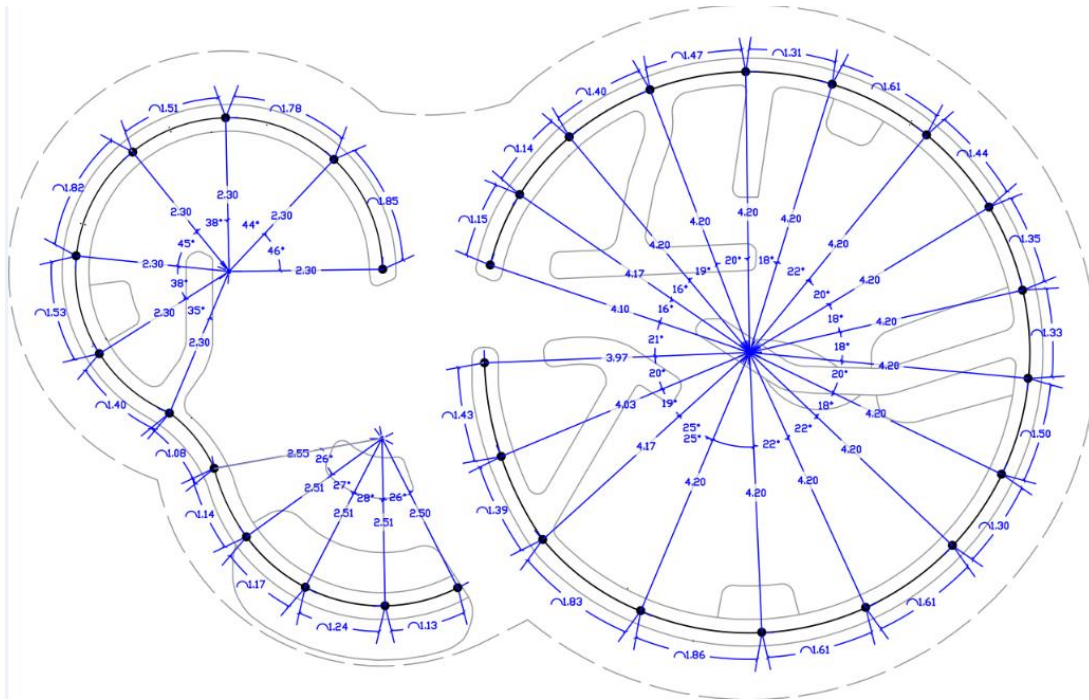


**Figura 83. Plano técnico acotado.**

El diseño se parametrizó en base a círculos, por tal razón, las acotaciones del plano técnico en la figura 83 poseen radios y diámetros, no existe dificultad al momento de construcción ya que, como se indica en el manual constructivo, puede usarse una estaca y una cuerda para realizar figuras y medidas geométricas en el suelo, para posteriormente comenzar a excavar y construir.

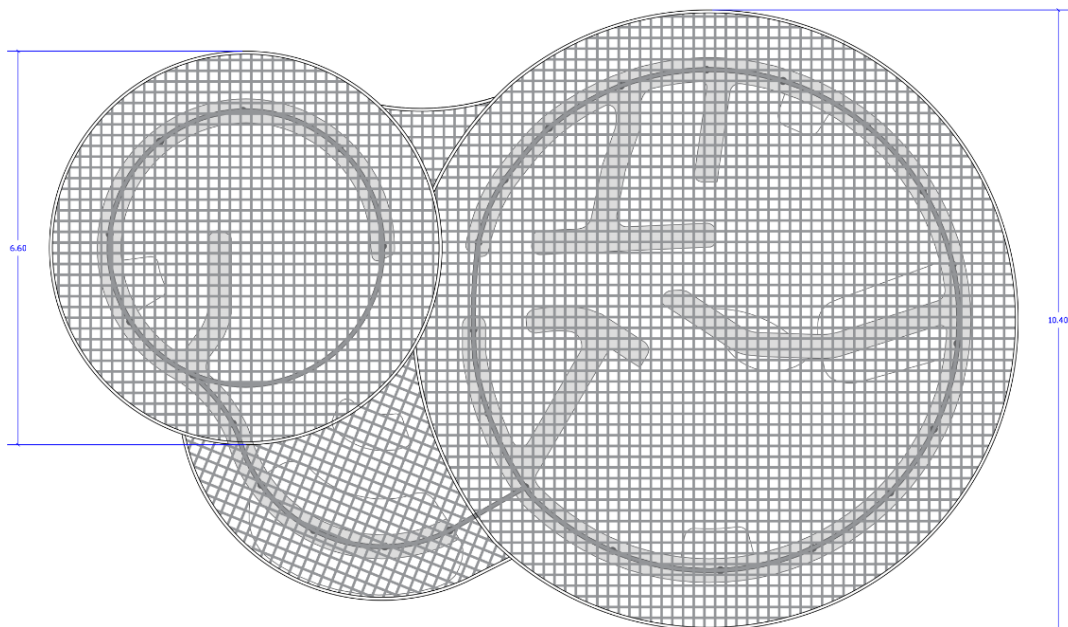
Una vez listo el replanteo debe tenerse en cuenta la estaca del punto centro para encontrar los ejes según el plano de columnas, donde se indica la separación entre cada una, cabe resaltar que no todas las separaciones son iguales debido a que por diseño, las columnas no pueden interferir en las ventanas.



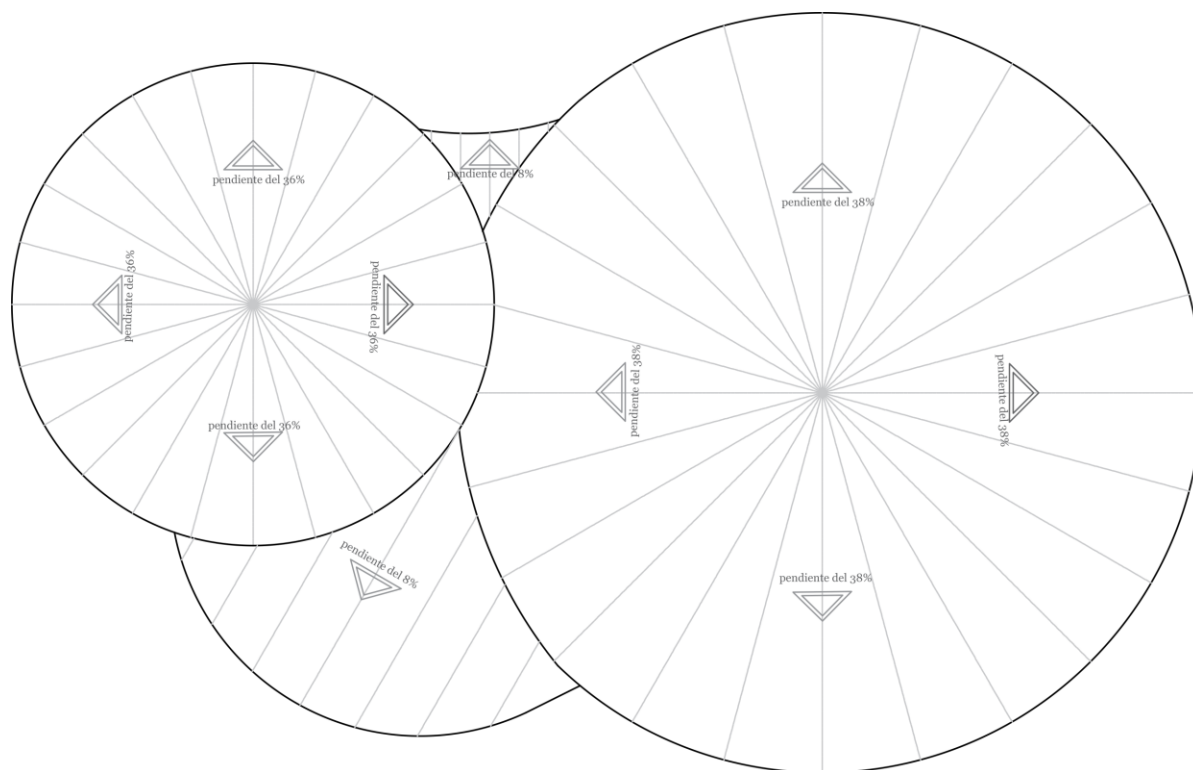


**Figura 84. Plano estructural con ejes de columnas.**

Una vez instaladas las columnas, los planos de cubierta se utilizan para saber la separación de la malla de esterilla, en este caso la esterilla mide 3 cm y la separación entre si es de 15 cm.



**Figura 85. Plano de estructura de esterilla en la cubierta.**



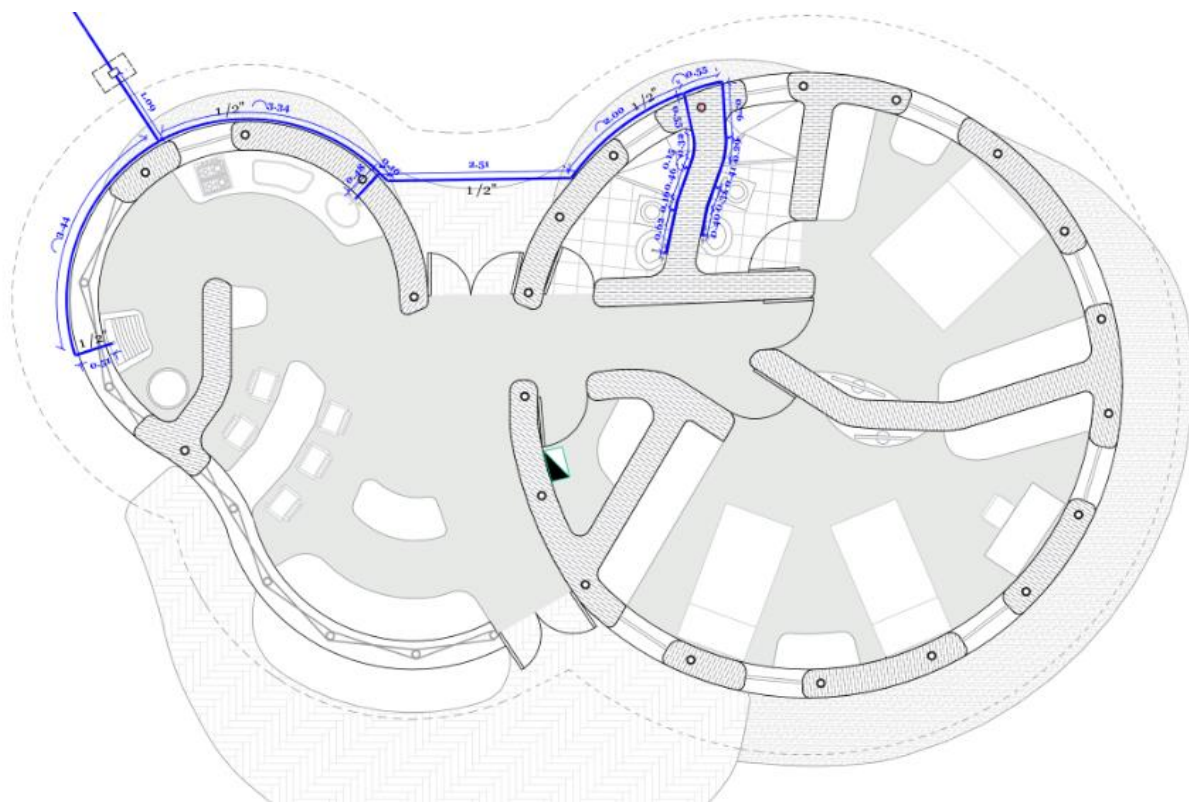
**Figura 86. Plano de cubiertas.**

La técnica domocaña es sencilla, ya que, por la misma tensión de la esterilla, se forma la curva perfecta y así puede cumplirse con las pendientes de diseño. Tal como se ha mencionado en el manual constructivo, la estructura de esterilla debe armarse en el suelo, luego montarse sobre la vivienda y por último aplicar los recubrimientos de fique, alambre y barro estabilizado.

## 10.2 Instalaciones

A causa de que el diseño posee forma orgánica, las instalaciones no pueden realizarse de manera convencional a causa de la curvatura o el material de los muros, no obstante, se presenta una solución en base a la investigación presentada en el capítulo 8 que reproduce un proceso constructivo.

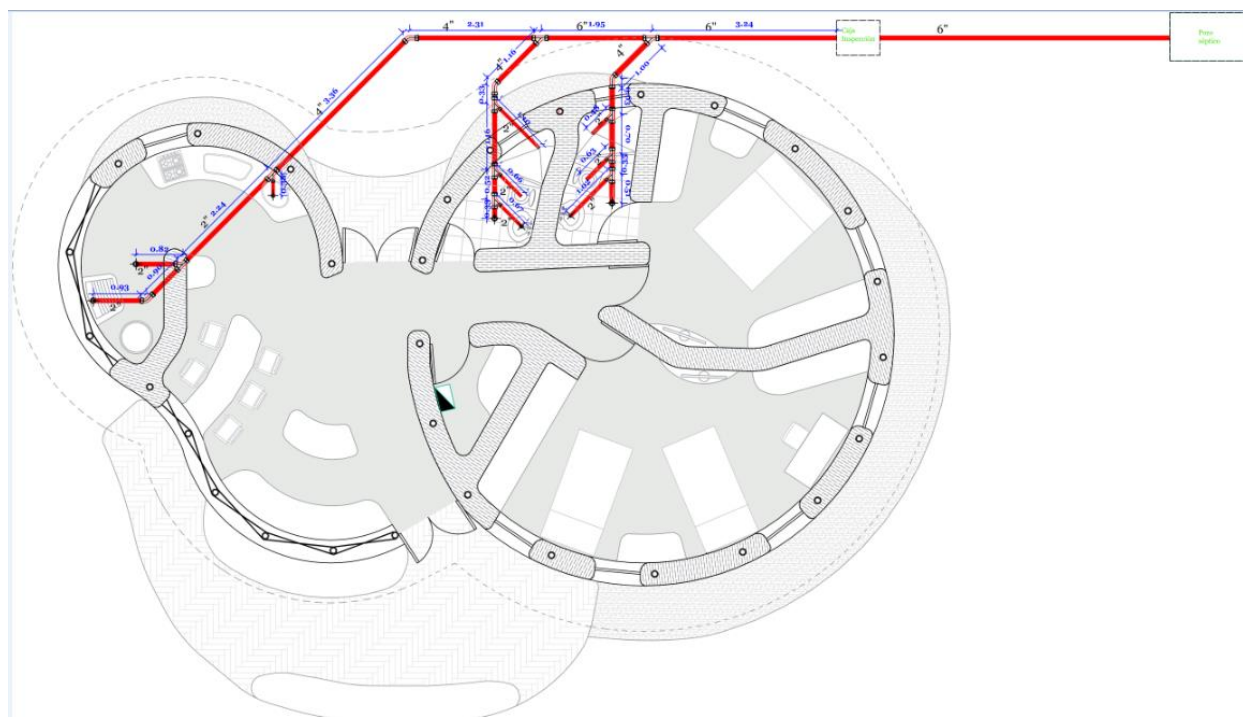
Para la red de instalaciones hidráulicas de suministro se propone utilizar un sistema de tubería mezclado entre tubo de pvc convencional y tubo de riego, este segundo tiene la característica de ser flexible, por lo tanto, el sistema se entierra a relés de los muros, cuando se requiera instalar un aparato de salida, se utiliza una unión de tres ensambles. En este caso no es recomendable incorporar tuberías dentro de los muros, por lo tanto, el tubo saliente deberá subir a relés del muro y luego podrá recubrirse con barro.



**Figura 87. Red de instalaciones hidráulicas de suministro.**

La red de instalaciones sanitarias se caracteriza por ser similar a la convencional, el diseño posee el área de servicios junto a los aparatos sanitarios, debido a esto, se ahorra cantidad de tubería, por otra parte, es posible incorporar un sistema de tratamiento de desechos en un proyecto rural, en este caso, luego de la caja de inspección afuera de la vivienda, puede construirse un pozo séptico, de este modo, se evitaría la necesidad de dirigir los residuos orgánicos hacia una acequia natural o un sistema de alcantarillado y creará la oportunidad de generar gas metano.

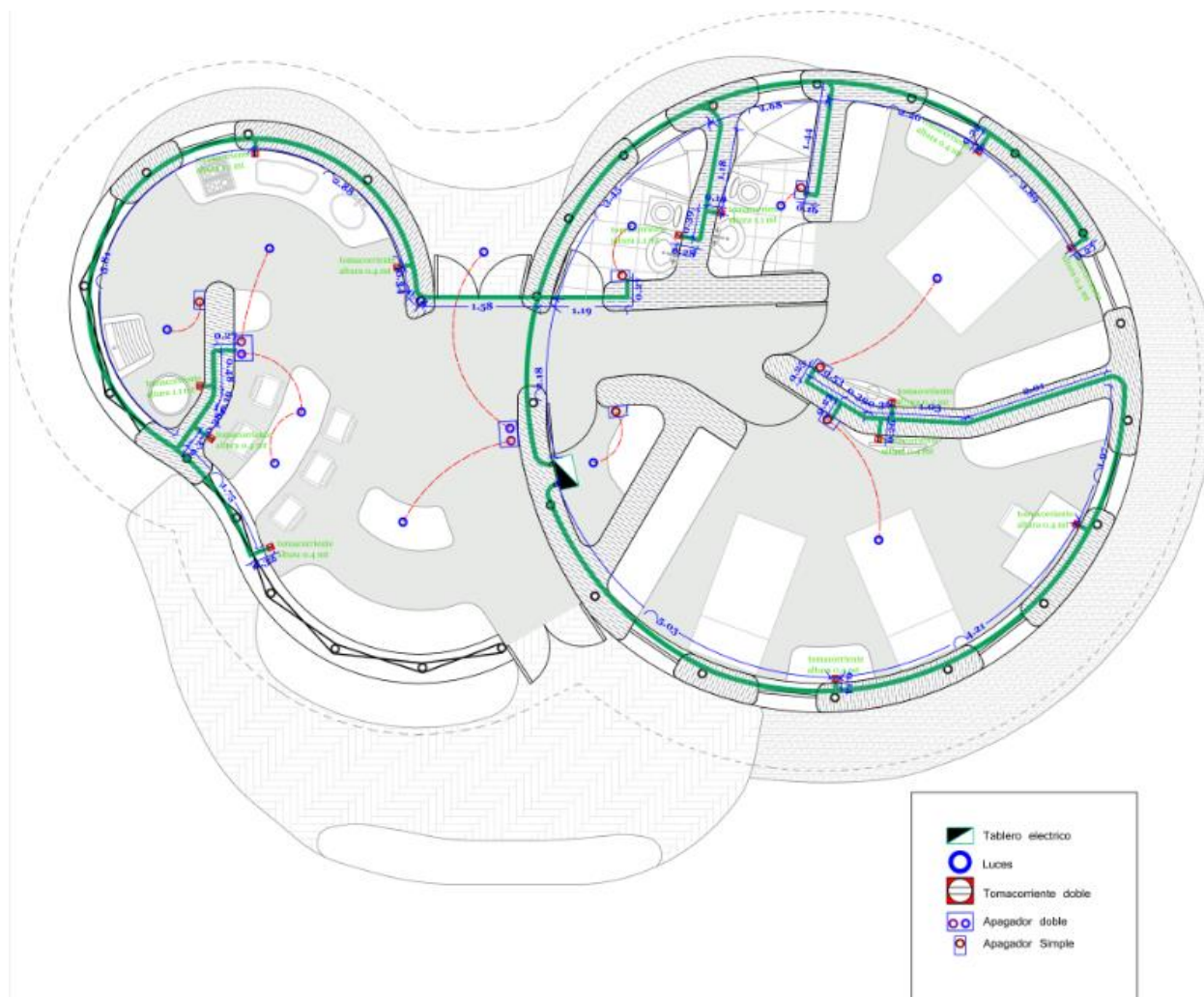
Mientras que la tubería de instalaciones de suministro pasa a relés del muro, la tubería de instalaciones sanitarias debe mantener una pendiente de descenso, así que, para evitar que atraviese la cimentación, deberá bajar la profundidad suficiente para pasar por debajo de ella.



**Figura 88. Red de Instalaciones sanitarias.**

En cuanto a la red de instalaciones eléctricas e iluminación existe cierta libertad de diseño, ya que puede utilizarse cable convencional forrado en coraza para cable, inclusive puede

hacerse una zanja en el muro e insertarla, luego resanar con el mismo tipo de mezcla para Cob, tal como se menciona en el proceso constructivo.



**Figura 89. Red de instalaciones eléctricas e iluminación.**

10.3 Cortes, fachadas y detalles



Figura 90. Corte A-A'.



Figura 91. Corte B-B'.



Figura 92. . Corte C-C.



**Figura 93. Corte D-D'.**



**Figura 94. Fachada frontal.**



**Figura 95. Fachada posterior.**



**Figura 96. Fachada lateral derecha.**



**Figura 97. Fachada lateral izquierda.**



10.4 Detalle de materiales

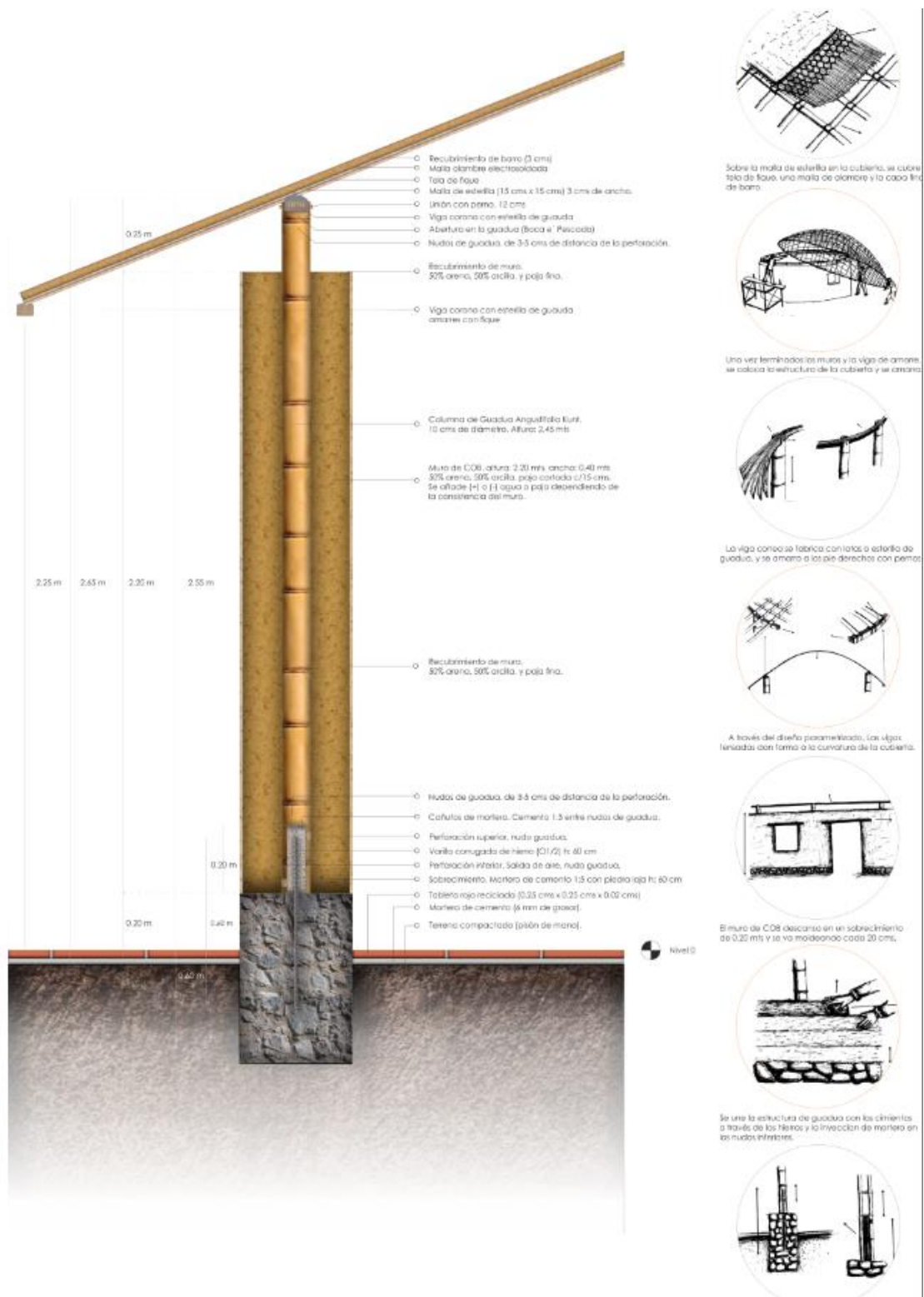


Figura 98. Detalle y materiales.

## 10.5 Perspectivas



**Figura 99. Perspectiva de fachada posterior.**



**Figura 100. Perspectiva de fachada lateral izquierda.**



**Figura 101. Perspectiva de fachada frontal.**



**Figura 102. Perspectiva de fachada y cultivos.**



**Figura 103.** Perspectiva de interior, sala-comedor, cocina y patio.



**Figura 104.** Perspectiva de habitación 2.



**Figura 105. Perspectiva de la vivienda sin la cubierta.**

## 11 Conclusiones

El proyecto “Vivienda vernácula como alternativa sostenible, propuesta arquitectónica con tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia” se ofrece como referente de vivienda digna, saludable, ecológica y económica para habitantes en condiciones vulnerables. La técnica y el proceso constructivo propuesto se enfocan en las condiciones de la región y en las capacidades de una familia para autoconstruir, el diseño es modificable, moldeable y adaptable a diferentes situaciones y dinámicas, por lo tanto, se presenta como alternativa sostenible a la necesidad de vivienda en las periferias de la ciudad, promover el trabajo en equipo, la familia como espacio de desarrollo y el cuidado al medio ambiente.

Se realizó un riguroso estudio sobre los materiales y las técnicas vernáculas, se concluye el Cob como una antigua solución a problemáticas actuales, se recomienda continuar estudiando el sistema constructivo y realizar prototipos a escala real.

## Bibliografía

- ABILIA Inteligencia Inmobiliaria. (2018). La Casa Terracota, construcción en armonía con la naturaleza. Conciencia Sustentable ABILIA. Recuperado de <http://conciencia-sustentable.abilia.mx/la-casa-terracota-construccion-en-armonia-con-la-naturaleza/>
- Afanador, N., Carrascal, M. y Bayona, M. (2013). Experimentación, comportamiento y modelación de la tapia pisada. *Revista facultad de Ingeniería UPTC*, 22(35), 47-59.
- Alzate, J. y Osorio, J. (2014). Bahareque como ejemplo de sostenibilidad, una herencia que se transforma (Tesis de maestría). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- ArchDaily. (2016). ¿Cómo diseñar una vivienda social sustentable? La experiencia de Casa Alero en Solar Decathlon 2015. Colombia. Recuperado de <http://www.archdaily.co/co/787363/como-disenar-vivienda-social-sustentable-la-experiencia-de-la-casa-alero-en-solar-decathlon-2015>
- Barrionuevo, R. (2011). Investigación tecnológica aplicada: Domocaña. *Informes de la construcción*, 63(523), 51, 58.
- Bedoya, C. (2011) Construcción sostenible para volver al camino. Medellín, Colombia. Biblioteca Jurídica Diké
- Bee, B. (1997). The Cob Builders Handbook. Recuperado de <https://archive.org/details/CobBuildersHandbook>
- Biografías y Vidas. (2017). La Revolución Industrial. Recuperado de [http://www.biografiasyvidas.com/historia/revolucion\\_industrial.htm](http://www.biografiasyvidas.com/historia/revolucion_industrial.htm)
- Cadena88. (2017). Preparar mortero. Barcelona, España.: Cadena88, ferreterías. Recuperado de <http://www.cadena88.com/bricolaje/preparar-mortero/introduccion>
- Calicivita Team/Pontificia Universidad Javeriana Cali, Universidad Icesi. (2016). Casa Alero. [Figura]. Recuperado de <http://www.archdaily.co/co/787363/como-disenar-vivienda-social-sustentable-la-experiencia-de-la-casa-alero-en-solar-decathlon-2015>
- Construmática. (2017). Excavación y Relleno de Zanjas. España.: Construmática, Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Recuperado de [http://www.construmatica.com/construpedia/Excavación\\_y\\_Relleno\\_de\\_Zanjas](http://www.construmatica.com/construpedia/Excavación_y_Relleno_de_Zanjas)
- Córdoba, M. y Monsalve, C. (Sin fecha). Tipos de Investigación: Predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa. Recuperado de [http://2633518-0.web-hosting.es/blog/didact\\_mate/9.Tipos%20de%20Investigaci%C3%B3n.%20Predictiva%20C%20Proyectiva%2C%20Interactiva%2C%20Confirmatoria%20y%20Evaluativa.pdf](http://2633518-0.web-hosting.es/blog/didact_mate/9.Tipos%20de%20Investigaci%C3%B3n.%20Predictiva%20C%20Proyectiva%2C%20Interactiva%2C%20Confirmatoria%20y%20Evaluativa.pdf)


- DANE. (2018). Pobreza monetaria Norte de Santander año 2017. Boletín técnico. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/>
- De Freitas, W. (2015). Shibam Wadi Hadhramaut Yemen. [Figura]. Recuperado de <http://www.archdaily.co/co/771311/manhattan-del-desierto-shibam-la-antigua-ciudad-de-rascacielos-de-yemen>
- De la Peña, D. (1997). Adobe, Características y sus principales usos en la construcción (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de la Construcción, México.
- Earthship Bioteecture. (Sin fecha). Earth Ship. [Figura]. Taos, Nuevo México. Recuperado de <http://earthship.com/ushuaia-argentina-earthship-academy-session>
- EcoInventos. (2015). Como hacer un tamiz, criba o cernidor. EcoInventos, Green technology. Recuperado de <http://ecoinventos.com/como-hacer-un-tamiz/>
- EcuRed. (2017). Nivelación con manguera. La Habana, Cuba.: EcuRed, Conocimiento con todos y para todos. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Nivelación\\_con\\_manguera](https://www.ecured.cu/Nivelación_con_manguera)
- Flores, M. (2003). Técnica de entramados. En Viñuales, G. y Martins, C. (Ed.), Arquitecturas de Tierra en Iberoamerica (pp. 37-40). Argentina: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED.
- Foccal. (2013). Pintura con Cal Hidratada. México.: Foccal, foro de construcción con cal. Recuperado de <http://www.foccal.org/portal/temas-interes/pintura-con-cal-hidratada>
- Franco, J. (2014). "'Nave Tierra': La casa autosustentable de Michael Reynolds en Argentina". ArchDaily Colombia. Recuperado de <http://www.archdaily.co/co/02-332732/nave-tierra-la-casa-autosustentable-de-michael-reynolds-en-argentina>
- Galán, M. (2011). La Investigación Documental. Colombia. Recuperado de [http://manuelgalan.blogspot.com.co/2011/09/la-investigacion-documental\\_1557.html](http://manuelgalan.blogspot.com.co/2011/09/la-investigacion-documental_1557.html)
- Gao, J. (2015). Shibam Yemen Interior. [Figura]. Recuperado de <http://www.archdaily.co/co/771311/manhattan-del-desierto-shibam-la-antigua-ciudad-de-rascacielos-de-yemen>
- Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. APUNTES, 20(2), 182-201.
- Hamard, E., Cazacliu, B., Razakamanantsoa, A. y Morel, J. (2016). Cob, a vernacular earth construction process in the context of modern sustainable building. 106(2016), 103-119.
- Hennerberg, A. y Briceño, D. (2016). Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque. Ingeniería Investigación y Tecnología, 17(1), 143-154.



- Herrera, J. y Takeuchi, C. (2009). Comportamiento de pórticos en *Guadua angustifolia*, rigidizados mediante paneles prefabricados en bahareque. *Revista Ingeniería e Investigación*, 29(3), 5-12.
- Hidalgo, O., (1981), *Manual de construcción con bambú*. Bogotá, Colombia: Estudios Técnicos Colombianos Ltda.
- Kennedy, J. (2004). *Building Without Borders*. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.
- Lazo, C. (s.f.). Trazo, limpieza y nivelación del terreno. Taller Carlos Lazo, Equipo 10. Recuperado de <https://www.scribd.com/doc/82597319/Limpieza-Trazo-y-Nivelacion>
- Liberotti, G y Annick, D. (2012). Adobes en arquitectura monumental: análisis químico-físicos, arqueología y reconstrucción 3D para determinar las técnicas constructivas en los sitios de la Joya (México) y Arslantepe (Turquía). *Boletín de la sociedad Geológica Mexicana* 64(1), 79-89.
- Linzatti, R. (2014). Barrios informales Sector Anillo Vial. Cúcuta, Colombia. [Figura]. Recuperado de <http://www.panoramio.com/photo/113292688>
- López, D. (2015). La Casa Alero, un modelo de vivienda sostenible. Cali, Colombia. Recuperado de <https://www.javerianacali.edu.co/noticias/la-casa-alero-un-modelo-de-vivienda-sostenible>
- López, M. (2011) Reinterpretación de la arquitectura vernácula habitacional: Hassan Fathy y Charles Correa. Escola Superior Gallaecia, Disertación de Mestrado Integrado
- MacLeod, F. (2015). 'Manhattan del desierto': Shibam, la antigua ciudad de rascacielos de Yemen. ArchDaily Colombia. Recuperado de <http://www.archdaily.co/co/771311/manhattan-del-desierto-shibam-la-antigua-ciudad-de-rascacielos-de-yemen>
- Minke, G. (2005) *Manual de construcción en tierra*. Kassel, Alemania. Editorial Fin de Siglo
- Minke, G. (2005). *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*, Kassel, Alemania: Forschungslabor für Experimentelles Bauen.
- Minke, G. (2010). *Manual de construcción con bambú*. Kassel, Alemania: Merlín S.E SAS
- ONU. (2014). La situación demográfica en el mundo, 2014. informe conciso (ST/ESA/SER.A/354). Recuperado de <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/Concise%20Report%20on%20the%20World%20Population%20Situation%202014/es.pdf>
- Ramirez, M. (2012). Instalaciones Hidráulicas. *Arquitectura21*. Recuperado de <http://www.arquitectura21.com/2012/02/instalaciones-hidraulicas.html>

- Reinberg, G. (2009). La arquitectura de la construcción ecológica. Bogotá, Colombia. DEARQ num. 4 (2009): 4-13
- Rivera, J. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. APUNTES, 25(2), 164-181.
- Rivero, S. (2007) El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia. Barichara, Colombia. APUNTES vol. 20, núm. 2 (2007): 354-363
- Sáenz, L. (2016). ¿Cómo diseñar una vivienda social sustentable? La experiencia de Casa Alero en Solar Decathlon 2015. ArchDaily Colombia. Recuperado de <http://www.archdaily.co/co/787363/como-disenar-vivienda-social-sustentable-la-experiencia-de-la-casa-alero-en-solar-decathlon-2015>
- Sánchez, C. (2007). La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. APUNTES, 20(2), 242-255.
- Sánchez, J. (2009) El arquitecto reflexivo. Pune, India. Boletín CF+S 44. Tierra y libertad
- Salazar, J. (2005). Manual de Construcción Natural. Construyendo con Cob. Recuperado de <http://www.ecohabitar.org>
- Suarez, J. (2015). Estudio de demanda de vivienda en Cúcuta y su área metropolitana años 2011-2012-2013 y 2014. Recuperado de <http://www.camacolcucuta.co/style/documentos/estudios/Estudio-Demanda-Vivienda-2015.pdf>
- Tidy, A. (2001). Arquitectura Cotidiana. ARQ (Santiago, Chile. (48), 8-9.
- Tyllería, J. (2010). La arquitectura sin arquitectos, algunas reflexiones sobre la arquitectura vernácula. Valdivia, Chile. AUS num. 8 (2010): 12-15
- Watson, L. y McCabe, K. (2011). The cob building technique. Past, present and future. Informes de la Construcción, 63(523), 59-70.
- Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J. y Ruiz, D. (2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. APUNTES, 20(2), 286.303.

**ANEXOS**

<b>Universidad Francisco de Paula Santander</b> Avenida Gran Colombia N° 12E-96 Barrio Colsag San José de Cúcuta, Colombia Teléfono (057)(7) 5776655		
<b>Acta de visita</b>		
Fecha: 24 de Agosto del 2017 Tiempo: Soleado	Lugar: Barrio Nidia, San José de Cúcuta Hora: 4 pm	
<b>Objetivo:</b> Conocer el funcionamiento de las viviendas, las actividades y costumbres de las familias		
<b>Actividad realizada:</b>		
	Se visitaron tres viviendas, las familias hablaron sobre sus intereses y actividades rutinarias, comentaron sus problemáticas sociales y salubres, se realizó el registro fotográfico y se dibujó un boceto del plano arquitectónico y funcional de la vivienda.	
<b>Participantes:</b>		
Juan Manuel Buendía Trujillo (Habitante) María Estela Caicedo Román (Habitante) Yolanda Rivero Villán (Habitante)		
<b>VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE</b> “Propuesta arquitectónica con tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia” Proyecto de investigación, TESIS Autor: Carlos Adolfo Lizcano Galvis    Código: 1500603 <b>ARQUITECTURA</b>		

**Figura 106. Acta de visita.** Anexo 1. Acta de visita

<p>Universidad Francisco de Paula Santander</p> <p>Avenida Gran Colombia N° 12E-96 Barrio Colsag San José de Cúcuta, Colombia Teléfono (057)(7) 5776655</p>		
<b>Acta de visita</b>		
<p>Fecha: 24 de Agosto del 2017 Tiempo: Soleado</p>	<p>Lugar: Barrio Nidia, San José de Cúcuta Hora: 5 pm</p>	
<p><b>Objetivo:</b> Entrevistar a la familia que planea la construcción de su propia vivienda en el lote de la propuesta</p>		
<p><b>Actividad realizada:</b></p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <p>Comentaron sobre su necesidad de vivienda que se ve limitada por el presupuesto, no quieren vivir en una vivienda de tablas y techo de zinc, resaltaron su interés por la agricultura, además, indican que crecieron en una casa de tapia pisada en el campo y poseen gran respeto por la naturaleza</p> </div>		
<p><b>Participantes:</b></p> <p style="padding-left: 40px;">Edwin José Ortíz Osorio (Habitante) Alba Cecilia Galvis Ortega (Habitante) Edwin Samuel Ortíz Galvis (Habitante)</p>		
<p><b>VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE</b> “Propuesta arquitectónica con tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia” Proyecto de investigación, TESIS Autor: Carlos Adolfo Lizcano Galvis   Codigo: 1500603 <b>ARQUITECTURA</b></p>		

**Figura 107. Acta de visita.**

<p>Universidad Francisco de Paula Santander</p> <p>Avenida Gran Colombia N° 12E-96 Barrio Colsag San José de Cúcuta, Colombia Teléfono (057)(7) 5776655</p>		
<b>Acta de visita</b>		
<p>Fecha: 25 de Agosto del 2017 Tiempo: Soleado</p>	<p>Lugar: Barrio Nidia, San José de Cúcuta Hora: 3 pm</p>	
<p><b>Objetivo:</b> Registrar las técnicas de construcción que usan sus habitantes para solucionar su necesidad de vivienda</p>		
<p><b>Actividad realizada:</b></p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Se recorrió la zona dispersa del barrio Nidia para registrar y analizar las tecnicas de construcción alternativas mas comunes, se registraron ademas, las actividades de comercio principales y el urbanismo segregado.</p> </div> </div>		
<p><b>Participante:</b></p> <p style="text-align: center;">Carlos Adolfo Lizcano Galvis (Autor)</p>		
<p><b>VIVIENDA VERNÁCULA COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE</b>  “Propuesta arquitectónica con tierra, paja, piedra, madera y materiales reciclados en el barrio Nidia de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia”  Proyecto de investigación, TESIS  Autor: Carlos Adolfo Lizcano Galvis   Codigo: 1500603  <b>ARQUITECTURA</b></p>		

**Figura 108. Acta de visita.**