



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

**La caña guadúa como sistema constructivo prefabricado.
Propuesta para vivienda en el Cantón Yantzaza – Provincia
Zamora Chinchipe**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTOR: NAYARID VERONICA HERRERA JUAREZ

DIRECTOR: MSc. ARQ. JOANNA PRISCILA JARA ALVEAR

CUENCA - ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

**La caña guadúa como sistema constructivo prefabricado.
Propuesta para vivienda en el Cantón Yantzaza – Provincia
Zamora Chinchipe**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTOR: NAYARID VERÓNICA HERRERA JUÁREZ

DIRECTOR: MSc. ARQ. JOANNA PRISCILA JARA ALVEAR


CUENCA - ECUADOR

2021

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Nayarid Verónica Herrera Juárez portadora de la cédula de ciudadanía N° **1900566827**. Declaro ser el autor de la obra: **“La caña guadúa como sistema constructivo prefabricado. Propuesta para vivienda en el Cantón Yantzaza – Provincia Zamora Chinchipe”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **06 de septiembre del 2021**

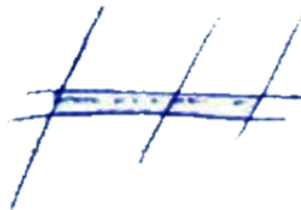


F:
Nayarid Verónica Herrera Juárez
1900566827

Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: “*La caña guadua como sistema constructivo prefabricado. Propuesta para vivienda en el Cantón Yantzaza – Provincia Zamora Chinchipe*” ha sido elaborado por la Srta. **Nayarid Verónica Herrera Juárez**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Joanna Priscila Jara Alvear

Dedicatoria

A mi motor de vida, inspiración y fortaleza, mi familia, en especial a mis padres, les dedico este y cada logro de mi vida, pues sin ustedes nada de esto habría sido posible, los amo.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios y la Virgen Cisne por tanta bondad y misericordia, pues sin ellos habría perdido mi norte.

Papá y mamá, tengo el corazón lleno de amor y agradecimiento por todo su apoyo y palabras de aliento, por su entrega y amor para ofrecerme todo lo que tengo y darme la oportunidad de convertirme en quien soy.

Gracias infinitas por tu apoyo incondicional a lo largo de toda esta travesía K.

A todos y cada uno de los docentes de la Universidad Católica de Cuenca que contribuyeron en mi formación, gracias.

Resumen

El presente trabajo de investigación parte del análisis sobre el incremento demográfico y el déficit de vivienda en el cantón Yantzaza como prefacio para el estudio de la caña guadúa como material constructivo idóneo para contribuir con la mitigación del déficit habitacional mediante alternativas de bajo impacto ambiental presentes en la flora local, para ello se consideran los antecedentes en el ámbito constructivo de esta especie maderera y la normativa nacional que rige las condiciones y especificaciones técnicas para su uso, con el fin de realizar una propuesta de un sistema constructivo de prefabricados en caña guadúa, que pueden ser elaborados en el sitio de construcción, ya que se basa en los principios de prefabricación liviana con implementación de componentes modulares que facilitan la versatilidad en el diseño dimensional y estético, favoreciendo la construcción de viviendas unifamiliares permanentes que respondan a las necesidades reales de los usuarios.

Palabras clave: caña guadúa, sistema constructivo prefabricado, vivienda unifamiliar.

Abstract

This research work is based on the analysis of the demographic increase and the housing deficit in the Yantzaza canton as a premise for the study of Guadúa type of cane as a suitable construction material to contribute to the mitigation of the housing crisis through low environmental impact alternatives present in the local vegetation, considering the background in the field of construction of this wood species and the national regulations governing the conditions and technical specifications for its use; the proposal is based on the principles of light prefabrication with the implementation of modular components that facilitate versatility in the dimensional and aesthetic design, favoring the construction of permanent single-family houses that respond to the real needs of the users.

Keywords: guadúa cane, prefabricated construction system, single-family house.

Índice de Contenidos

Declaración	I
Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Índice de Contenidos	VII
Lista de Figuras	X
Lista de Tablas	XV
Introducción	XVII
Problemática	XIX
Objetivos	XXII
Justificación	XXIII
Metodología	XXV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. EL INCREMENTO DEMOGRÁFICO Y DÉFICIT DE VIVIENDA	1
1.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL MUNDIAL	1
1.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL	2
1.1.3. ANTECEDENTES A NIVEL CANTONAL	3

1.1.4.	EL DÉFICIT CUALITATIVO, CUANTITATIVO Y HACINAMIENTO A NIVEL CANTONAL	3
1.1.5.	PROGRAMAS NACIONALES DE VIVIENDA	4
1.2.	INCURSIÓN DE LA CAÑA GUADÚA COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO	6
1.2.1.	ANTECEDENTES	6
1.2.2.	NORMATIVA	7
1.2.3.	CONSTRUCCIÓN EMPÍRICA	8
1.2.4.	CARACTERÍSTICAS	9
1.2.5.	REFERENTES INTERNACIONALES	20
1.2.6.	REFERENTES NACIONALES	31
1.2.7.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	45
1.3.	PREFABRICADOS EN CAÑA GUADÚA	46
1.3.1.	SISTEMATIZACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	46
1.3.2.	SISTEMAS DE PREFABRICACIÓN	46
1.3.3.	INDUSTRIALIZACIÓN	47
1.3.4.	CONSTRUCCIÓN MODULAR	50
2.	PROCESO ANALÍTICO	52
2.1.	ANÁLISIS DE SITIO	52
2.1.1.	ANTECEDENTES	52
2.2.	UBICACIÓN	53
2.3.	CLIMA	54
2.3.1.	TEMPERATURAS MEDIAS Y PRECIPITACIONES	54
2.3.2.	TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PROMEDIO	55
2.4.	SOLEAMIENTO	56
2.5.	VIENTOS	57
2.6.	ENTORNO NATURAL	59
2.6.1.	ESPECIES FORESTALES	59
2.6.2.	CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS	85
2.7.	ENTORNO CONSTRUIDO	86
2.7.1.	ORDENANZA LOCAL	86
2.7.2.	LA VIVIENDA EN YANTZAZA	87
2.7.3.	CARACTERÍSTICAS ESPACIALES DE LA VIVIENDA	91
2.7.4.	CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA VIVIENDA	100

2.8. CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y SOCIALES	110
3. TRABAJO PRÁCTICO	112
3.1. DISEÑO DE PROPUESTA	112
3.1.1. CONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL MODELO	113
3.1.2. APLICACIÓN VIRTUAL DEL MODELO	121
Conclusiones	133
Recomendaciones	134
Referencias bibliográficas	135
Referencias	135
Anexos	137

Lista de Figuras

1. Zona de estudio.	XXI
1.1. Casa de caña guadúa.	8
1.2. Composición de la caña guadúa.	9
1.3. Guadúa hecha o madura.	12
1.4. Guadúa hecha o madura.	12
1.5. Secado natural.	13
1.6. Horno de deshidratado.	14
1.7. Secado de guadúa en horno.	15
1.8. Cubierta plástica secador solar con fuentes asistida por gas natural.	16
1.9. Curado en la mata.	17
1.10. Curado por inmersión.	17
1.11. Curado por calentamiento.	18
1.12. Curado de la caña por ahumado.	18
1.13. Preservación por Presión (Boucherie).	19
1.14. Estructura Casa Ensamble Chacarrá.	21
1.15. Estructura Casa Ensamble Chacarrá.	21
1.16. Sección B-B.	23
1.17. Estructura vista - Interior Auditorio de bambú.	23
1.18. Cubierta Auditorio de Bambú.	24
1.19. Auditorio de bambú, fachada frontal.	24
1.20. Composición estructural.	25
1.21. Sección 1:50 Casa Soe Ker Tie.	26
1.22. Casa Soe Ker Tie.	26

1.23. Interior Casa Soe. Ker Tie.	27
1.24. Emplazamiento Casa Soe Ker Tie.	27
1.25. Iglesia Privada.	29
1.26. Acceso posterior.	29
1.27. Estructura.	30
1.28. Corte - Vientos - Insolación.	32
1.29. Centro de documentación de Bambú.	33
1.30. Interior. Centro de Documentación de Bambú.	33
1.31. Casa Convento – Contexto exterior.	35
1.32. Estructura de guadúa Casa Convento.	36
1.33. Casa Convento fase estructural.	36
1.34. Sección A-A.	38
1.35. Interior Centro de Interpretación del Cacao.	38
1.36. Centro de Interpretación del Cacao.	39
1.37. Emplazamiento Centro de Interpretación del Cacao.	39
1.38. Sección.	41
1.39. Estructura Cabañón DLPM.	41
1.40. Interior - Cabañón DLPM.	42
1.41. Fachada Posterior Cabañón DLPM.	42
1.42. Fachada frontal Cabañón DLPM - Exterior.	43
1.43. Tablero Ecubam.	48
1.44. Tableros Plasbam.	49
1.45. Esterbam.	49
1.46. Tableros Tripbam.	50
2.1. Ubicación Yantzaza.	53
2.2. Temperaturas medias y precipitaciones.	54
2.3. Temperatura máxima y mínima promedio.	55
2.4. Estereográfica Solar Cantón Yantzaza.	56

2.5. Soleamiento Cantón Yantzaza.	56
2.6. Rosa de los vientos.	57
2.7. Velocidad de los vientos.	58
2.8. Velocidad promedio del viento.	58
2.9. Bella María.	59
2.10. Cacho.	60
2.11. Canelo.	61
2.12. Cedrillo.	62
2.13. Cedro.	63
2.14. Cedro Amargo.	64
2.15. Copal.	65
2.16. Copal Rosado.	66
2.17. Fruta de Oso.	67
2.18. Guadúa.	68
2.19. Jigua.	69
2.20. Mata Palo.	70
2.21. Moral Bobo.	71
2.22. Pachaco.	72
2.23. Payanchillo.	73
2.24. Pituca.	74
2.25. Romerillo fino.	75
2.26. Romerillo Mollón.	76
2.27. Romerillo Olivo.	77
2.28. Sangre Buena.	78
2.29. Sacha Romerillo.	79
2.30. Sambo.	80
2.31. Tachuelo.	81
2.32. Yanzao.	82
2.33. Yumbingue.	83

2.34. Zeique.	84
2.35. Pisos altitudinales.	85
2.36. Tipo de vivienda en la provincia Zamora Chinchipe.	92
2.37. Parroquia a la que pertenece.	93
2.38. Tenencia de la vivienda.	93
2.39. Ocupación laboral.	94
2.40. Lugar en el que desempeña sus actividades laborales.	94
2.41. Actividades frecuentes en la vivienda.	95
2.42. Horas de permanencia en la vivienda.	95
2.43. Sala.	96
2.44. Cocina.	96
2.45. Comedor.	97
2.46. Dormitorios.	97
2.47. Baño.	98
2.48. Lavandería.	98
2.49. Patio.	99
2.50. Garaje.	99
2.51. Área aproximada de la vivienda.	100
2.52. Número de pisos.	100
2.53. Viviendas del área urbana del cantón Yantzaza.	101
2.54. Viviendas del área rural del cantón Yantzaza.	101
2.55. Tipo de estructura.	102
2.56. Materialidad de las paredes.	102
2.57. Materialidad de pisos.	103
2.58. Materialidad de cubierta.	103
2.59. Tipología de la vivienda.	104
2.60. Tipo de vivienda multifamiliar.	104
2.61. Número de familias por vivienda.	105
2.62. Número de personas por vivienda.	105

2.63. Número de dormitorios.	106
2.64. Número de baños completos.	106
2.65. Alumbrado público.	107
2.66. Internet.	107
2.67. Red de telefonía móvil.	108
2.68. Red de telefonía fija.	108
2.69. Red de energía eléctrica.	109
2.70. Red de alcantarillado.	109
2.71. Recolección de basura.	110
3.1. Variaciones caña guadúa.	112
3.2. Planta de cimentación.	114
3.3. Armado de columna.	115
3.4. Detalle de unión de culmos paralelos.	115
3.5. Uniones longitudinales con pieza de madera.	116
3.6. Axonometría armado prototipo 1.	117
3.7. Prototipo 1.	117
3.8. Axonometría armada prototipo 2.	118
3.9. Prototipo 2.	119
3.10. Perfiles de anclaje mampostería - elementos estructurales.	120
3.11. Axonometría perfiles de anclaje.	120
3.12. Utilización de perfiles.	121
3.13. Axonometría Frontal.	132
3.14. Axonometría Posterior.	132

Lista de Tablas

1.1. Calendario para aplicación de fertilizantes.	11
1.2. Ficha resumen Casa Ensamble Chacarrá.	22
1.3. Ficha resumen Auditorio de bambú.	25
1.4. Ficha resumen Casa Soe Ker Tie.	28
1.5. Ficha Resumen Catedral Sin Religión.	31
1.6. Ficha resumen Centro de documentación del bambú.	34
1.7. Ficha resumen Casa Convento.	37
1.8. Ficha resumen Centro de Interpretación del Cacao.	40
1.9. Ficha resumen Cabañón DLPM.	44
2.1. Descripción especie Bella María.	59
2.2. Descripción Cacho.	60
2.3. Descripción Canelo.	61
2.4. Descripción Cedrillo.	62
2.5. Descripción Cedro.	63
2.6. Descripción Cedro Amargo.	64
2.7. Descripción Copal.	65
2.8. Descripción Copal Rosado.	66
2.9. Descripción Fruta de Oso.	67
2.10. Descripción Guadúa.	68
2.11. Descripción Jigua.	69
2.12. Descripción Mata Palo.	70
2.13. Descripción Moral Bobo.	71
2.14. Descripción Pachaco.	72

2.15. Descripción Payanchillo.	73
2.16. Descripción Pituca.	74
2.17. Descripción Romerillo fino.	75
2.18. Descripción Romerillo Mollón.	76
2.19. Descripción Romerillo Olivo.	77
2.20. Descripción Sangre Buena.	78
2.21. Descripción Sacha Romerillo.	79
2.22. Descripción Sambo.	80
2.23. Descripción Tachuelo.	81
2.24. Descripción Yanzaio.	82
2.25. Descripción Yumbingue.	83
2.26. Descripción Zeique.	84
2.27. Pisos altitudinales.	85
2.28. Área mínima por ambiente.	86

Introducción

El incremento demográfico acelerado y crecimiento disperso en las ciudades se ha convertido en una constante en el progreso de los países en vías de desarrollo. Según datos de la ONU, se estima que para el año 2050 la población mundial alcance un total de 9.700 millones de habitantes, es decir, 2 millones más que en la actualidad, dato que anticipa la necesidad de cubrir la demanda de un mayor número de viviendas.

El déficit de vivienda es uno de los problemas de mayor relevancia a nivel mundial, evidenciándose de este modo la necesidad de implementar alternativas constructivas que permitan dar respuesta a la creciente demanda de unidades de vivienda.

La caña guadúa como material constructivo se ha posicionado como una alternativa natural factible para la construcción del siglo XXI. Sus características demuestran diversos beneficios, principalmente en el ámbito económico, ambiental y constructivo (Salas Delgado, 2006).

En el aspecto ambiental este material natural se caracteriza como sustentable debido a su capacidad de regenerarse, contribuir con la captación de CO₂, producir oxígeno y proteger cuencas y microcuencas gracias a su entramado de raíces (Salas Delgado, 2006).

En el ámbito económico Salas (2006) resalta la utilidad económica que supone la producción de guaduales debido a que los costos de mantenimiento y manejo anual representan entre el 25 % y el 30 % de los beneficios.

En cuanto a las características constructivas sobresalen las propiedades físico-mecánicas que evidencian la alta capacidad estructural, que sumado a los beneficios económicos permiten contribuir a la concepción de viviendas de construcción rápida y de bajo costo (Salas Delgado, 2006).

De este modo, se establecen los múltiples beneficios que representa la implementación de la caña guadúa como material constructivo, favoreciendo la utilización de los recursos naturales de la zona de estudio, mediante la explotación forestal de bajo impacto ambiental que ofrece esta especie maderera.

La elaboración del presente trabajo se sustenta en el enfoque de dos ejes de investigación, por un lado, la recopilación de información bibliográfica mediante resúmenes y cuadros de información que permitan adquirir datos sobre el material y prefabricados y la recopilación de información de fuentes secundarias, que se orienta en la selección de datos referentes al cultivo del material en la zona, población del lugar, entre otros.

Finalmente se propone un sistema constructivo de prefabricados modulares en caña

guadúa que permitan la fácil y rápida construcción de viviendas unifamiliares para el cantón Yantzaza, contribuyendo a mitigar el déficit de vivienda mediante una alternativa eficiente, natural y con materiales del lugar.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El déficit de vivienda y calidad de vida en estadísticas, internacionales y nacionales, evidencian la necesidad de ampliar el campo investigativo y práctico en favor de nuevas técnicas constructivas que permitan generar propuestas enfocadas en solventar esta problemática social.

Según los datos del INEC 2010, el país presenta, además de la falta de dotación de recursos básicos a toda la población, un índice que supera el 20 % de déficit de vivienda y hacinamiento en cantones como Centinela del Cóndor, Yantzaza o Paquisha de la provincia de Zamora Chinchipe, esto se ve agravado aún más en comunidades que, debido a la distancia geográfica de los centros poblados y ejes comerciales padecen una restricción al acceder a recursos, materiales y mano de obra especializada para generar las actuales construcciones.

El cantón Yantzaza está conformado por tres parroquias, Yantzaza, Chicaña y Los Encuentros, las cuales se distribuyen en un total de 108 localidades caracterizadas por asentamientos dispersos, agravando el déficit cualitativo de la vivienda ([Gobierno Autónomo Descentralizado del Catón Yantzaza, 2015](#)).

Según el Sistema Nacional de Información, con datos del censo 2010, en el cantón de estudio existen 4261 viviendas, de las cuales 2229 viviendas se encuentran distribuidas en el área urbana y 2032 en el área rural. Por otro lado, el número de hogares a nivel cantonal es de 4340, por lo que existe un déficit cuantitativo de 79 viviendas. Además, según la clasificación de la vivienda, únicamente 1533 viviendas se encuentran en condiciones aceptables de habitabilidad, representando un déficit cualitativo de 45.18 %, mientras que el déficit cuantitativo alcanza el 18.85 % (SNI, 2010).

Considerando las cifras obtenidas en el Sistema Nacional de Información es evidente la necesidad de incorporar alternativas constructivas que contribuyan a ofrecer una mejor calidad de vida a la población del sitio.

En la actualidad, la vivienda es considerada como un reflejo del estatus económico y poder adquisitivo de la sociedad, sin embargo, en un análisis mucho más profundo, considerando las necesidades antrópicas de la población la materialidad pasa a formar parte de un conjunto de condiciones mínimas que contribuyan al bienestar social.

La importación de materiales extranjeros empleados para la construcción ha contribuido al desplazamiento y desuso de los materiales locales y endémicos del territorio ecuatoriano. Existen diversas alternativas constructivas que representan un menor im-

pacto económico en la población interesada en obtener o construir una vivienda. En este sentido la caña guadúa ofrece grandes características constructivas, además de la facilidad de manipulación y rapidez constructiva, sin embargo, su uso se ve desaprovechado y relegado a un ámbito artesanal y empírico (Brito Max, 2012).

A lo largo de la historia la identidad cultural ha marcado un hito en la configuración espacial y estructural de la vivienda, sin embargo, se ha de plantear un nuevo enfoque que permita conservar el patrimonio intangible sin afectar al desarrollo de la población, otorgando a la misma los recursos necesarios para contar con un nivel de vida digno, en circunstancias óptimas, que va más allá de la adjudicación de vivienda, ya que las condiciones y configuración de esta tienen gran implicación en el desarrollo social del usuario.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Una de las causas de mayor importancia en la construcción de viviendas son los elevados gastos que incurren en materiales, mano de obra especializada y tiempo de construcción. Establecer un sistema de elementos prefabricados modulares empleando como material la caña guadúa resulta factible al contribuir con la reducción del déficit de vivienda en el cantón Yantzaza mediante la construcción rápida y segura. La construcción con prefabricados en caña guadúa puede permitir la fabricación de elementos constructivos a pie de obra y mediante el diseño apropiado facilitar el ensamblaje, reduciendo tiempos de construcción y costos por mano de obra. Además, mediante la implementación de esta especie maderera se fomenta la conservación medio ambiental debido a que es catalogado como sostenible y eficaz.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en una primera investigación de campo, el cantón Yantzaza se establece como el lugar idóneo para implantar la construcción con elementos prefabricados modulares de caña guadúa, debido a que es un material producido y comercializado en la zona, por lo tanto, la explotación forestal resulta factible, además de ser conocido por la población del sector.

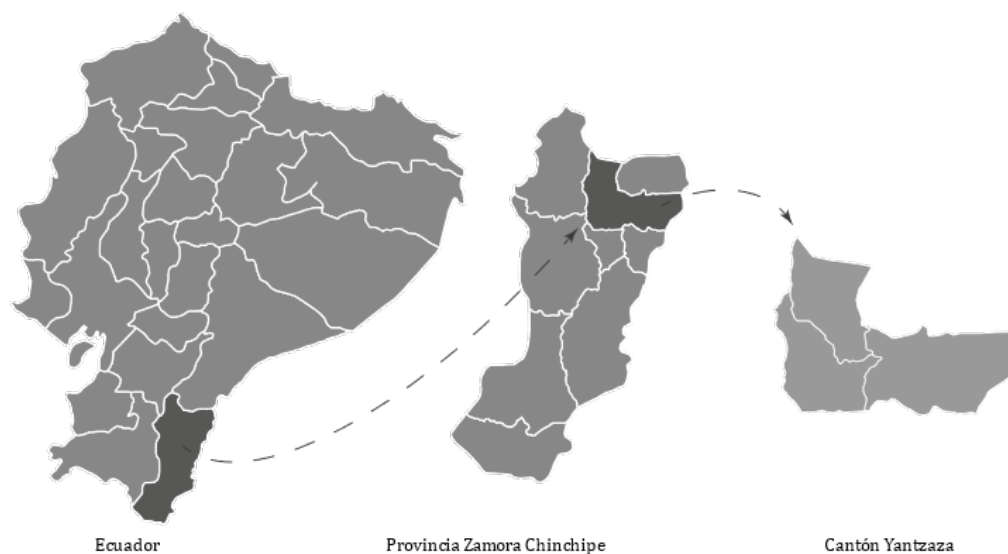


FIGURA 1: Zona de estudio.

Fuente: Google maps, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

El cantón Yantzaza está conformado por tres parroquias, Chicaña, Los Encuentros y Yantzaza, se encuentra en la provincia de Zamora Chinchipe, perteneciente a la región amazónica del Ecuador. El sitio se localiza a $3^{\circ}50'15''$ sur y $78^{\circ}45'15''$ oeste, con una altura de 783 m.s.n.m. caracterizado por su clima tropical húmedo (Ochoa G. y Valarezo García, 2014).

Objetivos

General

- Diseñar un sistema constructivo de prefabricados modulares en caña guadúa que permitan la fácil y rápida construcción de viviendas unifamiliares para el cantón Yantzaza.

Específicos

- Recopilar información bibliográfica relacionada con los elementos prefabricados, así como la producción, tratamiento, protección, mantenimiento y usos de la caña guadúa.
- Analizar el lugar de estudio mediante la recopilación de información en medios digitales y fuentes secundarias.
- Diseñar módulos de elementos prefabricados que permitan la construcción rápida y segura.
- Aplicar el diseño del sistema constructivo en el modelado digital de una vivienda.

Justificación

El cantón Yantzaza, con una extensión de 990 km^2 , es uno de los cantones de tamaño medio en extensión geográfica de todos los que conforman la provincia de Zamora Chinchipe, sin embargo, al considerar los datos proporcionados con el Sistema Nacional de Información, presenta un 23.73 % de hacinamiento, razón por la cual se establece la necesidad de plantear alternativas enfocadas a mitigar dicho problema.

En el PDOT 2015 del Cantón Yantzaza se pueden encontrar datos relacionados con los índices de pobreza, déficit habitacional y de servicios básicos que alcanzan el 99 % en al menos uno de los servicios y una recurrencia frecuente a créditos bancarios destinados a la obtención de vivienda, razón por la cual se sustenta la necesidad de incorporar sistemas constructivos rápidos y que representen un menor costo de inversión que permitan mitigar el déficit de vivienda del lugar.

En la actualidad, el uso de la caña guadúa está cobrando cada vez mayor protagonismo, esto debido a las características de flexibilidad, durabilidad, funcionalidad y resistencia (Guamán Tenecora, 2017). Al tratarse de un material tan bondadoso resulta factible, desde diversos ámbitos, ya sea económico, ambiental, constructivo o social, la utilización de este recurso como un material beneficioso para el campo de la construcción.

Marcelo y Abril (1996) citados por Guamán (2017) afirman que la guadúa “puede entrar a competir en igualdad de condiciones frente a materiales como la madera aserrada, el hierro o el hormigón” debido a la resistencia de sus fibras.

Según Rea (2012), la guadúa es la especie vegetal de más rápido crecimiento que requiere una única vez de siembra para brotar indefinidas veces y la utilización en la construcción puede realizarse a partir del cuarto año de madurez. Aunque las construcciones realizadas en este material requieran una atención orientada a la protección de los agentes climáticos, su utilización en la construcción resulta beneficioso, ya que permite la concepción de edificaciones sismo resistente. Otro aspecto fundamental a la hora de pensar en la guadúa como un material apto para la construcción de viviendas es que “(...) posee propiedades estructurales sobresalientes, que no sólo superan a las de la mayoría de las maderas, sino que además pueden ser comparadas con las del acero y algunas fibras de alta tecnología” (Rea Lozano, 2012).

La guadúa se posiciona como un material constructivo sostenible al ser natural, por sus características de crecimiento acelerado contribuye a la captura de CO₂ constante, no libera gases a la atmosfera al ser transformado para su utilización y es un retenedor de agua natural, auto regeneradora, de excelentes características acústicas y olfativas (Rea Lozano, 2012).

Además, debido a su fácil trabajabilidad permite generar unidades constructivas de forma rápida, ejemplo de ello es el proyecto nacional de la institución Hogar de Cristo, orientada a ofrecer lugares habitables temporales a los más pobres, como ayuda para mitigar la desigualdad social, cuya producción de viviendas alcanzó un total de 1000 casas mensuales (Díaz, 2010).

Metodología

El presente trabajo de investigación inicia con la recopilación de información bibliográfica relacionada con:

- Producción, tratamiento y usos de la caña guadúa.
- Condiciones de protección y mantenimiento en condiciones climáticas similares a las del cantón Yantzaza.
- Construcción con elementos prefabricados.
- Prefabricados de caña guadúa.

La compilación de información bibliográfica se realiza a través de resúmenes, cuadros de información y fichas bibliográficas rescatados mediante la lectura, con el fin de seleccionar las fuentes de información de mayor interés y relevancia para el tema propuesto.

Por otro lado, se establece la necesidad de recopilación de datos mediante la investigación de fuentes secundarias, para ello se aplica encuestas digitales orientadas a recabar información relacionada con las condiciones de vivienda y composición espacial dirigidas a la población del lugar con el fin de obtener información real sobre el sitio, que mediante la tabulación permitirán generar una base de datos del lugar. Esta información obtenida en campo será reforzada mediante fotografías facilitadas por la población encuestada.

Finalmente, se realiza el diseño de los prefabricados modulares que permitirán evidenciar su funcionamiento en la aplicación de un modelo digital de vivienda.

1.1. EL INCREMENTO DEMOGRÁFICO Y DÉFICIT DE VIVIENDA

1.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL MUNDIAL

El crecimiento demográfico representa sin lugar a dudas uno de los temas que mayor atención requiere por parte de las políticas públicas y privadas de cada país. Este fenómeno natural se ha convertido en uno de los temas prioritarios a la hora de velar por los derechos humanos, y es que resulta casi imposible frenar el crecimiento poblacional, mismo que requiere de todo tipo de infraestructura y servicios para poder obtener una vida digna y de calidad.

En este sentido la importancia de una vivienda digna cobra un significativo protagonismo en el desarrollo social, anticipando la necesidad de una mayor cantidad de producción de viviendas que respondan a los requerimientos de los habitantes, ya que las condiciones de habitabilidad de esta están ampliamente ligadas a factores como el bienestar emocional, físico, psicológico y educacional de sus ocupantes.

Según datos del Banco Interamericano de Desarrollo (2012) (...) “una de cada tres familias de América Latina y el Caribe – un total de 59 millones de personas – habitan en una vivienda inadecuada o construida con materiales precarios o carente de servicios básicos”

Este escenario también se multiplica en países pertenecientes a la desarrollada Unión Europea, tal es el caso de Rumanía, Montenegro o Serbia, que según el portal oficial de estadísticas europeas (Eurostat) tienen un alto porcentaje de hacinamiento, 46.3%, 57.7% y 53.3% respectivamente (Eurostat, 2020).

Sin embargo, el número de viviendas no es el único aspecto a mejorar, ya que otra de las limitantes que enfrenta la población que no cuenta con una vivienda es el aspecto económico y la estabilidad financiera. Ejemplo de ello es España que a pesar de que en 2016 se construyeron al menos 70.000 viviendas, las cuales se sumaron al remanente de las 500.000 viviendas del 2015 de construcción nueva no vendidas, aún no ha sido posible erradicar por completo los porcentajes de hacinamiento (4.7%), esto debido a que

la población no puede hacer frente al costo que implica la adquisición de una vivienda debido a la crisis económica, ocasionándose una crisis colateral en el mercado inmobiliario (Rodríguez, 2016).

Este hecho, resalta la necesidad de mejorar las políticas públicas enfocadas en el mercado de la vivienda, a través de vivienda social o programas crediticios que faciliten a la población poder acceder al principal medio de protección y estabilidad social, así como incentivar el interés e inversión por parte del sector privado con el fin de incrementar la oferta de viviendas en condiciones óptimas de habitabilidad que contribuyan al desarrollo de una sociedad protegida, en la que los derechos humanos sean igualitarios (Bouillon, 2012).

1.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

Desde los orígenes de la civilización el ser humano ha incrementado sus requerimientos y exigencias en cuanto a las condiciones que debe cumplir su vivienda, esto debido a los cambios sociales, época, cultura, entre otros.

La vivienda como parte de la configuración urbana engloba la infraestructura, tipo de construcción, condiciones ambientales, arquitectónicas, entre otras (Gándara Vivar, 2019).

En Ecuador, la problemática habitacional cobró protagonismo con el surgimiento de los asentamientos informales a partir del siglo XX, debido a la movilización masiva del campo a la ciudad, estos conjuntos habitacionales buscan dar alternativas de vivienda a personas de escasos recursos. Si bien existe la alternativa formal e informal para la adquisición de territorio y vivienda, debido al poder adquisitivo, la población de escasos recursos se ve relegada a optar por la informalidad, contribuyendo de este modo al crecimiento y conformación de ciudades informales e incremento del déficit cualitativo y hacinamiento, estableciendo de este modo la necesidad de implementar alternativas constructivas que representen un menor costo de inversión (Gándara Vivar, 2019).

Este fenómeno no extinto sigue repitiéndose en la actualidad, la población se ve atraída por la esperanza de un mejor nivel de vida económico y social en las grandes ciudades o centros urbanos por lo que es muy común la tendencia a migrar del campo hacia los lugares de mayor movimiento económico, aunque esto suponga convivir en espacios más pequeños o recurrir a los denominados asentamientos informales, contribuyendo al hacinamiento y déficit cualitativo en ambos casos.

El gobierno nacional ha optado por generar diversos programas de vivienda, enfocados sobre todo a la población de escasos recursos económicos, sin embargo, datos del último censo reflejan que 3.8 millones de hogares ecuatorianos habitan en viviendas inadecuadas, esto representa un 83.92% de hogares en el área rural y un 33.39% en el área urbana, que, en conjunto, a través de la tipificación de servicios básicos completos, suman un 46% de hogares que tienen al menos una necesidad básica insatisfecha. Por otro lado, considerando los ingresos económicos de la población los porcentajes demuestran que la

población más afectada es aquella con menos ingresos, catalogada como pobre, con un porcentaje del 53 % de déficit cualitativo y un 14 % de déficit cuantitativo (INEC, 2010).

1.1.3. ANTECEDENTES A NIVEL CANTONAL

El comercio agropecuario, ganadero, atractivos turísticos y minería, son algunas de las actividades que promueven el crecimiento urbano y atracción demográfica hacia el cantón Yantzaza.

Según datos PDOT (2015), el crecimiento demográfico en la localidad ha sido de un 36 % aproximadamente, pasando de 19.392 habitantes en el año 2010 a 26.447 habitantes para el año 2020, según el cálculo de proyección de incremento demográfico. Este incremento se debe principalmente a la riqueza minera de la zona que ha causado un crecimiento en todo el cantón, pero sobre todo en el área urbana.

Sin embargo, a pesar de la riqueza de la zona, tanto los datos del PDOT (2015), como datos obtenidos a través de un muestreo de campo, la realidad refleja una población con carencias de servicios básicos, infraestructura y viviendas poco o nada adecuadas para el desarrollo de una vida en condiciones óptimas.

1.1.4. EL DÉFICIT CUALITATIVO, CUANTITATIVO Y HACINAMIENTO A NIVEL CANTONAL

El déficit cualitativo está ligado a las condiciones de calidad de vida con las que cuenta el usuario dentro de la vivienda en aspectos como el espacio, materiales y servicios, mientras que el déficit cuantitativo está relacionada al número de viviendas que son necesarias para cubrir las necesidades de toda la población que constituyen los hogares del territorio.

Según la definición establecida para cada uno de estos términos por el Sistema Nacional de Información, (2010) se establece que:

Déficit habitacional cuantitativo es “Número de viviendas cuyas condiciones habitacionales se consideran irrecuperables a partir de la combinación, materiales predominantes del piso, pared y techo; y, el estado de aquellos materiales, expresado como porcentaje del total de viviendas.” (SNI, 2010).

Déficit habitacional cualitativo “Número de viviendas cuyas condiciones habitacionales se consideran recuperables a partir de la combinación, materiales predominantes del piso, pared y techo; y, el estado de aquellos materiales, expresado como porcentaje del total de viviendas.” (SNI, 2010).

Es importante realizar un análisis sobre el déficit cualitativo y cuantitativo de las viviendas del sector con el fin de identificar los aspectos fundamentales que requieren una atención prioritaria y sobre todo poder establecer aquellos que pueden ser atendidos desde la propuesta de vivienda relacionada con el tema de investigación.

Según los datos del Sistema Nacional de Información, basados en el Censo 2010, en el cantón Yantzaza existe un total de 4261 viviendas, de las cuales 1533 se encuentran en condiciones de habitabilidad aceptable, 1925 en condiciones de habitabilidad recuperable y 803 en condiciones de habitabilidad irre recuperable (SNI, 2010).

Estas cifras representan un total del 45.18 % de déficit cualitativo y el 18.85 % de déficit cuantitativo según el siguiente calculo establecido por la entidad encargada de los datos:

$$\text{Déficit cualitativo} = (\text{Viviendas en condiciones recuperables} / \text{Total de Viviendas}) * 100$$

$$\text{Déficit cualitativo} = (1925/4261) * 100 = 45.18 \%$$

$$\text{Déficit cuantitativo} = (\text{Viviendas en condiciones irre recuperables} / \text{Total de Viv.}) * 100$$

$$\text{Déficit cualitativo} = (803/4261) * 100 = 18.85 \%$$

Al identificar los porcentajes de déficit cualitativo y cuantitativo resulta importante mencionar la situación de los hogares del cantón Yantzaza, es así que se identifica que en el cantón existe un total de 4340 hogares, de los cuales 1030 habitan en condiciones de hacinamiento, cifras que representan un total del 23.73 % de los hogares del cantón (SNI, 2010).

Según el Sistema Nacional de Información (2010) se entiende como hogares hacinados “Número de hogares que viven en condiciones de hacinamiento; es decir, mantienen un número de personas por pieza de dormitorio relativamente alto—más de tres personas por cuarto destinado exclusivamente para dormir.” y los datos se obtienen mediante la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de hogares hacinados} = (\text{Hogares hacinados} / \text{Total de hogares}) * 100$$

$$\text{Porcentaje de hogares hacinados} = (1030/4340) * 100 = 23.73 \%$$

Definir e identificar estas tres variables permite asemejar las características bajo las cuales se encuentra habitando la población del cantón Yantzaza, acogiendo ciertos requerimientos a tomar en cuenta en el proceso de diseño.

1.1.5. PROGRAMAS NACIONALES DE VIVIENDA

Desde 1984 con la propuesta “Pan, Techo y Empleo” del gobierno de León Febres Cordero, se han promulgado diversas políticas públicas mediante el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, todas ellas encaminadas a mitigar el déficit de vivienda, buscando mejorar la calidad de vida de la población ecuatoriana (El Telégrafo, 2016).

A partir de la primera propuesta del plan de vivienda los gobiernos sucesores adoptaron la iniciativa como una oportunidad más para obtener aceptación social y promover planes de vivienda que contribuyan a mejorar la vida de la población. De este modo, en un análisis sobre la vivienda social en el país Acosta (2009), rescata de cada uno de los gobiernos las

características de sus planes de vivienda que son:

En 1988 con el lema “Ahora le toca al pueblo” y “Justicia social con libertad” el gobierno de Rodrigo Borja impulsó a través del Banco Ecuatoriano de la vivienda programas habitacionales que contribuyeron a la construcción de ochenta y cuatro mil unidades de vivienda en los cuatro años de gobierno.

En 1992 durante el gobierno de Sixto Durán Ballén se creó el Ministerio de Desarrollo Urbano, Vivienda y Saneamiento Ambiental, del cual pasaron a formar parte el Banco Ecuatoriano de la vivienda, el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias y la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros. En 1994 con el mismo gobierno se invirtió 14.5\$ millones en la construcción de 49.080 viviendas populares.

Siguiendo la línea de programas de vivienda en 1996 el gobierno de Abdalá Bucaram propuso el programa “Un solo toque” con el plan de vivienda “El Recreo”, en el cual se consiguió la construcción de aproximadamente el 20 % de las once mil viviendas propuestas.

En 1998 el gobierno de Jamil Mahuad aplicó un nuevo concepto, el de mejoramiento de vivienda, mediante esta medida se entregó en el país 23.833 bonos para construcción de vivienda nueva y 24.054 bonos para mejoramiento de vivienda.

En 2003, durante el gobierno de Lucio Gutiérrez se impulsó el programa “Un solo toque II”, sin embargo, no llegó a efectuarse, entregándose únicamente 10.623 bonos para vivienda nueva y 15.702 bonos para mejoramiento. Tras la destitución de Gutiérrez, el gobierno de Alfredo Palacio intentó eliminar del Estado el bono de vivienda, que, aunque no fue aprobado, contribuyó a que el país alcanzase un déficit habitacional de 1.430.000 unidades de vivienda.

Por otro lado, con el gobierno de Rafael Correa, en 2007 y aprobado por decreto duplicó el valor del bono para construcción y mejoramiento de la vivienda superando de este modo en 108.749.215\$ los bonos entregados en comparación con las cifras del año 2001.

Actualmente el gobierno de Lenin Moreno promueve el “Programa Sectorial Casa Para Todos”, el cual propone diferentes planes enfocados en proporcionar alternativas que permitan a la población poder acceder a la tenencia de vivienda, ya sea mediante proyectos de vivienda social o alternativas crediticias acordes a la capacidad adquisitiva y solvencia económica de cada ciudadano (MIDUVI, 2020). Este programa, financiado por el BID con una línea de crédito de 200 millones de dólares busca incrementar al 95 por ciento la tenencia de vivienda de la población ecuatoriana y “fortalecer la capacidad del Gobierno de Ecuador de generar e implementar políticas de vivienda de largo plazo” (BID, 2019).

Desde la creación del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda los diferentes gobiernos han realizado propuestas orientadas, en mayor o menor medida y con planes más o menos certeros, al mejoramiento de la vida de la población atendiendo las necesidades de una vivienda digna y en condiciones de proporcionar un ambiente de calidad para sus

ocupantes.

1.2. INCURSIÓN DE LA CAÑA GUADÚA COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO

1.2.1. ANTECEDENTES

La caña guadúa es una gramínea gigante perteneciente a la familia del bambú que fue definida en 1806 por Humboldt y Bonpland en Colombia como *Bambusa guadúa* y en 1822 como *guadúa Angustifolia* por Kunt ([Encalada Pinargote, 2010](#)).

Según López (2011) es importante recalcar que existen más de 1300 especímenes de caña guadúa, sin embargo, aquella que, debido a sus características ha sido empleada en la construcción es la caña guadúa *Angustifolia*. Investigadores botánicos de Dinamarca y Ecuador, concretamente de la “Pontifica Universidad Católica del Ecuador” han clasificado al menos 25 especies de bambú en el territorio ecuatoriano, cuatro de ellas específicamente en la provincia amazónica de Napo.

Sin embargo, la NEC – GaK (2016) afirma que en el área de Centro América y Sudamérica se han registrado al menos 32 especies de bambús del género *guadúa*, sin embargo, la *guadúa angustifolia* Kunt ha sido catalogada como nativa de Colombia, Ecuador y Perú y debido a los beneficios económicos y productivos que presenta esta especie, cada vez es mayor el número de países que recurren a plantarla.

Esta gramínea conforma uno de los sistemas vivientes más grande de la amazonia, datos que han sido posibles de identificar mediante fotografías satelitales que evidencian el sistema de raíces subterráneas de esta especie ([Rea Lozano, 2012](#)).

En el ámbito de la construcción el uso de la *guadúa* data desde la época precolombina, pudiendo evidenciarse su durabilidad en vestigios de edificaciones de al menos 100 años en el eje cafetero de Colombia, ciudades costeras de Ecuador o la costa del norte de Perú ([Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016](#)). Sin embargo, “Según el libro “Nuevas Técnicas de construcción en bambú” (1875) de Oscar Hidalgo” en Latinoamérica existen vestigios de construcciones con caña *guadúa* de aproximadamente 9500 años de antigüedad, lo que cataloga su uso como un material tradicional que ha resurgido debido a la factibilidad y versatilidad constructiva ([Encalada Pinargote, 2010](#)).

Actualmente, la caña *guadúa* ha recobrado su importancia en el área de la construcción, tal es el caso que se ha posicionado como uno de los materiales de mayor interés investigativo debido a sus características constructivas y económicas. Si bien su utilización data de décadas atrás, el escepticismo social ha relegado su uso a un segundo plano, sin embargo, a nivel internacional se puede mencionar a Bangladesh como uno de los países con mayor utilización de la *guadúa* para vivienda con un porcentaje del 73 % de viviendas, mientras que a nivel nacional resalta Guayaquil como la ciudad con mayor utilización de este material para la fabricación de viviendas con un porcentaje del 50 % ([Armijos J y](#)

[Armijos P, 2005](#)).

A nivel nacional la utilización empírica de este material se desarrolla en diferentes formatos, ya sea en su geometría natural o modificada con el fin de obtener medias cañas, latillas o caña picada. Cada una de estas alternativas responde a un uso y situación geográfica, siendo características de las culturas amazónicas la utilización de la caña guadúa en su estado natural, es decir, madera rolliza ([Armijos J y Armijos P, 2005](#)).

Su gran versatilidad permite emplearlo en artesanías, construcción estructural, mampostería o acabados ([Guamán Tenecora, 2017](#)). Además, según [Encalada \(2010\)](#), entre los múltiples usos que se le han dado a este material es la construcción de puentes colgantes y atirantados, embarcaciones, flautas, quenás y marimbas.

El uso de la caña guadúa en los diferentes campos de aplicación evidencian un mayor compromiso social con el medio ambiente, ejemplo de ello es la organización Bambu Buddy, dedicada a construir casas de bambú para la población de escasos recursos. Así mismo, se rescata la labor del arquitecto Simón Vélez, quien ha impuesto como icono de bioarquitectura el uso de la caña guadúa en sus obras, potenciando la parte funcional, sin dejar de lado la estética. Además, en el diseño de interiores se obtiene una infinidad de productos y elementos decorativos que permiten crear espacios más llamativos e incluso lujosos manejando el material de diversas formas ([Espinel Rodas, 2014](#)).

En la realidad nacional existen proyectos vinculados a la construcción con caña guadúa como la institución social llamada Hogar de Cristo, fundada originalmente en Chile en 1944 y que trabaja en Guayaquil desde 1971 con el fin de dar esperanza y ofrecer lugares habitables a los más pobres ([Díaz, 2010](#)).

1.2.2. NORMATIVA

El resurgir de un material natural y endémico del Ecuador en el ámbito de la investigación y construcción sirvió de base para la elaboración de una normativa que regule la construcción con caña guadúa, hecho que se consolidó a partir del año 2016, pues previo a esta fecha estudiantes e investigadores atraídos por las características de la guadúa fundamentaban sus teorías en normas extranjeras como la ISO 22156: 2004 Bamboo - Structural Design; Norma Técnica E 100 Bambú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2009 o la Norma Técnica Colombiana, entre otras, mismas que han servido de base para la elaboración de la normativa nacional ([Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016](#)).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción – Estructuras de guadúa (GaK) ha sido diseñada para aplicarse al diseño estructural de edificaciones empleando esta variedad u otros bambúes de características físico – mecánicas similares. Se aplica en edificaciones de hasta dos niveles o pisos, viviendas, equipamiento en general y estructuras de soporte a infraestructuras, con cargas vivas máximas repartidas de hasta 2,0 kN/m² ([Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016](#)).

Además, la NEC – GaK ([2016](#)) especifica las condicionantes bajo las cuales se requiere

de un diseño estructural, las características que debe cumplir la caña guadúa apta para la construcción y criterios específicos como el espesor mínimo para paredes internas y externas, que son de 8mm y 15mm respectivamente, lineamientos que se deben cumplir en la proyección de cualquier diseño (Ver anexo 1, apartado 2).

1.2.3. CONSTRUCCIÓN EMPÍRICA

La RAE (2020) define como empírico aquello que es “Pertenciente o relativo a la experiencia” por lo tanto, al hacer referencia a la construcción empírica se habla sobre aquella arquitectura heredada de generación en generación, producto de la prueba y error de las primeras civilizaciones, conocida como arquitectura vernácula. Esta, es un reflejo de tradiciones heredadas, desarrolladas sin la intervención de técnicos o especialistas, mediante las cuales se han conseguido cubrir las condiciones del entorno y el usuario explotando las cualidades de los recursos naturales de la zona (Arqhys Arquitectura, 2012).



FIGURA 1.1: Casa de caña guadúa.

Fuente: Miguel Guevara, (2006). **Recuperado de:**
<https://www.flickr.com/photos/mikelos/112385407/in/photostream/>, (2020)

En cuanto a la construcción con caña guadúa como material predominante, Maingot (2016) afirma que es bastante frecuente encontrar arquitectura vernácula de este tipo en la costa, debido a la alta presencia de sembríos de guadúa. asimismo, se ha de resaltar que esta es utilizada en la construcción de cualquier tipo de elemento, como pisos, columnas, paredes y techos.

Uno de los aspectos a resaltar de la construcción empírica es la combinación de técni-

cas constructivas empleadas con el fin de salvaguardar la integridad de los elementos de guadúa, recurriendo a generar viviendas elevadas, protegidas de la escorrentía.

1.2.4. CARACTERÍSTICAS

La guadúa angustifolia Kunth se caracteriza por ser una especie de rápido crecimiento, ya que llega a alcanzar la etapa de maduras aproximadamente a los 4 o 5 años de vida, se compone de rizoma, tallo o culmo, ramas y hojas. Su crecimiento es en forma tubular, y puede llegar a tener un diámetro de 10 a 20 cm y alturas de hasta 25m, aunque su desarrollo varía según el entorno de crecimiento y las características de suelo, clima, entre otros (Lozada Aspiazu, 2012).

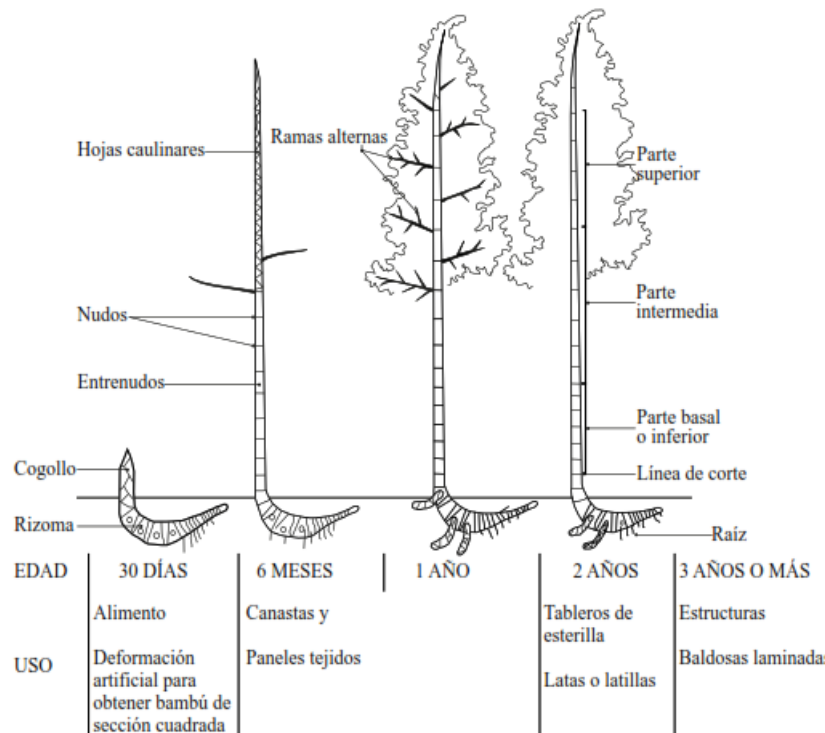


FIGURA 1.2: Composición de la caña guadúa.

Fuente: Manual de construcción con bambú, Hidalgo (1981). **Elaboración:** Autor, (2020)

PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR

En el territorio ecuatoriano es común observar guaduales naturales emplazados cerca de las orillas de ríos, quebradas u otras fuentes de agua que les permita desarrollarse.

Estos guaduales carecen de tratamiento técnico y su material es generalmente desaprovechado, por lo que se requiere de una intervención previa de limpieza en el guadual en caso de pretender cortar la guadua para ser utilizada.

En Ecuador existen diversas empresas, asociaciones y organizaciones enfocadas en el aprovechamiento del cultivo y comercialización de la guadúa angustifolia, entre ellas la Asociación de Agropecuaria Río 7, que se encuentra ubicada en el cantón Ponce Enrique de la provincia de El Oro y cuya producción llega a alcanzar 32000 cañas de exportación, 32000 cañas semi comerciales y 12000 cujes. Los productos son vendidos de forma directa a los usuarios de la zona y a empresas privadas como Allpabambu, misma que se dedican a la exportación hacia Estados Unidos (Balseca Tapia, Solórzano Solórzano, y Bustamante Obaco, 2017).

En este mismo contexto, según datos de la Corporación de Promociones e Inversiones (2005) citados por Mercado y Molina (2015) se reflejaba la existencia de 4270 hectáreas de caña guadua distribuidas en todo el país, con una predominancia del 34,3 % de cultivos en la provincia del Guayas, 27,5 % en la provincia de Los Ríos, el 17,6 % pertenecen a la provincia de Pichincha, el 8.8 % se encuentran en Manabí, el 5,6 % son de Esmeraldas. Por otro lado, el 2.3 % se ubican en la provincia de El Oro, el 1.9 % en Bolívar, otro 1,4 de emplaza en la provincia de Cotopaxi mientras que en la provincia de Pastaza se localiza un 0,3 % al igual que en la provincia de Zamora (Mercado & Molina, 2015).

REQUERIMIENTOS DE CULTIVO

Entre las condiciones para cultivar la Guadúa Angustifolia Rea (2012) establece lo siguiente:

- Se requiere una altura entre 0 msnm a 2600 msnm.
- Temperatura que esté en un rango de 16 a 36 grados centígrados.
- Soporta alta humedad.
- Requiere de mucha agua, por lo que se recomienda un promedio de precipitaciones anuales de 2000 a 4000mm.
- Se recomienda una distancia de sembrado de mínimo 4m.
- Para realizar la siembra se requiere de un agujero de 40 x 40 cm y debe realizarse en época de lluvia.
- La limpieza de la mata se debe realizar de forma programada cada 3 o 4 meses durante los 3 primeros años.
- En cuanto a la fertilización recomienda fertilizantes compuestos de nitrógeno, fósforo y potasio en relación 2:1:4 de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1.1: CALENDARIO PARA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.

EDAD GUADUAL	CANTIDAD (gr/planta)
10 días	30.00
9 meses	30.00
1 año	60.00
1,5 años	80.00
3 años	220.00

Fuente: Rea, (2012). **Elaboración:** Autor, (2020).

- Finalmente se recomienda realizar la poda de la mata en un rango comprendido entre los 3 y 4 meses.

Por otro lado, y rasgos generales se establecen como lugares adecuados para la siembra de caña guadúa las riberas de los ríos como elemento de protección de las cuencas, bordes de quebradas, ya que protegen el suelo de la erosión y en cualquier suelo ‘areno-limoso, arcilloso y franco, bien drenado y fértil. Los suelos deben ser húmedos, permeables y preferentemente ricos en materia orgánica y que no sean inundables’ (Brito Max, 2012).

REQUERIMIENTOS DE CORTE

Existen diversos datos en cuanto al corte de la caña guadúa y es que este depende del uso al cual está destinado el producto, sin embargo, debido al carácter técnico del presente documento se definen los datos relacionados al área constructiva.

Según Del Pezo (2014) citado por Mercado y Molina (2015) el conocimiento ancestral recomienda realizar el corte de la caña guadua en fase lunar de cuarto menguante, esto debido a que la luna ejerce presión sobre el agua, haciendo que esta descienda de la planta a las raíces por fuerza gravitacional, quedando la caña guadua en su mejor condición para ser cortada. De igual modo Castaño & Moreno (2004) citados por Armijos & Armijos (2005) señalan que las horas más recomendadas para realizar el corte en esta fase son desde las 11 p.m. hasta las 6 a.m. siguiendo el mismo criterio de contenido de agua antes mencionado.

Para la construcción las cañas guaduas deben ser maduras, es decir el corte se realiza entre los 3 y 6 años de edad debido a que es ahí cuando el material alcanza su madurez y resistencia máxima. Además, se recomienda realizar el corte en época de invierno ‘cuando los insectos se encuentran en hibernación’ (Lozada Aspiazu, 2012).

El arquitecto ecuatoriano Jorge Morán Ubidia (2009), en su Manual de construcción ‘Construir con guadua’ establece un legado nacional enriquecedor que sirve de guía para el aprovechamiento de este material. De este modo establece que una caña madura o hecha es aquella de coloración verde opaco y cuyo culmo o tallo se encuentra cubierta ligeramente de líquenes blancos.



FIGURA 1.3: Guadúa hecha o madura.

Fuente: Guadua bambú Colombia, (2020). **Recuperado de:**
<https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2013/03/guadua-madura2.jpeg?w=700&h=> ,
(2020)

En cuanto al corte, este se debe realizar sobre el primer nudo para evitar la aparición de nuevas ramas. Posterior al corte y liberación de la caña del guadual recomienda arreglar el tocón con el fin de que este quede plano y así evitar la acumulación de agua que provocaría la pudrición de las raíces (Morán Ubidia, 2009).



FIGURA 1.4: Guadúa hecha o madura.

Fuente: Manual de Construcción Construir con Guadua, (2020)

Por otro lado, la NEC – GaK (2016) establece lineamientos relacionados al corte de los culmos y ramas de la caña guadua que se deben cumplir (Ver anexo 1, apartado 3.3).

TÉCNICAS DE SECADO

Al tratarse de un material orgánico es importante que la caña guadúa pase por un proceso de secado previo a su utilización en la construcción, esto debido a la pérdida de agua que provoca la contracción del material.

De este modo Castaño y Moreno (2004) citados por Armijos y Armijos (2005) exponen que para el secado de la guadúa existen dos métodos que se pueden clasificar como secado natural y artificial.

Secado Natural Consiste en organizar los tallos de forma horizontal o vertical separados unos de otros para la circulación del aire (Armijos J y Armijos P, 2005).

En cuanto al secado natural Gahona (2007) agrega que el secado debe realizarse bajo cubierta con el fin de proteger el material del sol y la lluvia y este se ha de realizar por un lapso de dos meses hasta que el material alcance el contenido de humedad de equilibrio de acuerdo a las condiciones ambientales de su entorno.

De igual modo, se deben cumplir las especificaciones establecidas en la NEC – GaK (2016) para este proceso (Ver anexo 1, apartado 3.6.1).

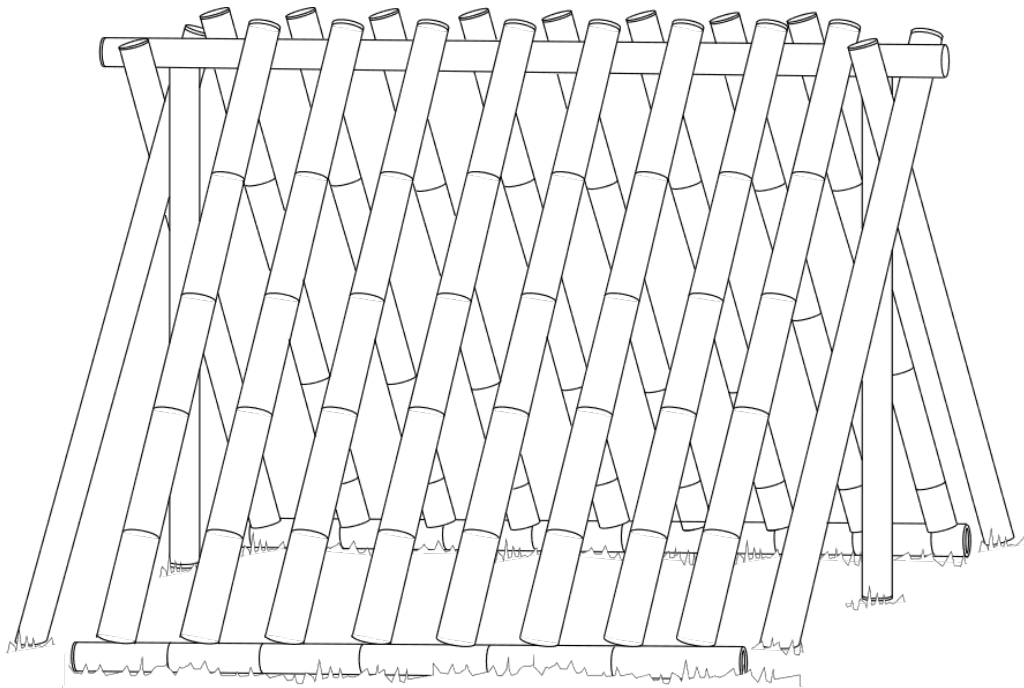


FIGURA 1.5: Secado natural.

Fuente: Erreyes & Gómez, (2015). Elaborado: Autor, (2020)

Secado Artificial. Se basa en un secado en hornos, sin embargo, resulta más complicado debido a las dimensiones longitudinales de los tallos (Armijos J y Armijos P, 2005).

Por otro lado, en consideración con el método artificial resalta la información destacada por Hidalgo (1981), sobre la utilización de “cámaras en las cuales las cañas de bambú son sometidas por 20 minutos a temperaturas entre 120 y 150 grados centígrados” en Japón, con el fin de acelerar el proceso de secado, sin embargo, si bien resulta este proceso resulta efectivo en este aspecto, las cañas pueden presentar agrietamiento o fisuras.

Finalmente, cabe recalcar que el propósito del secado en la caña guadúa es conseguir hasta un 10% o 15% de humedad en el tallo para prevenir ataques de hongos, reducir peso, entre otros (Encalada Pinargote, 2010). Este porcentaje de humedad es fácilmente medido con la utilización de un higrómetro para madera.

Para el método artificial la NEC – GaK (2016) establece lo siguiente (Ver anexo 1, apartado 3.6.2).

Existen diversas técnicas de secado artificial, entre las cuales la NEC – GaK (2016) considera:

a. **Hornos de secado:** la energía proviene de diferentes fuentes de materia orgánica (Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016).

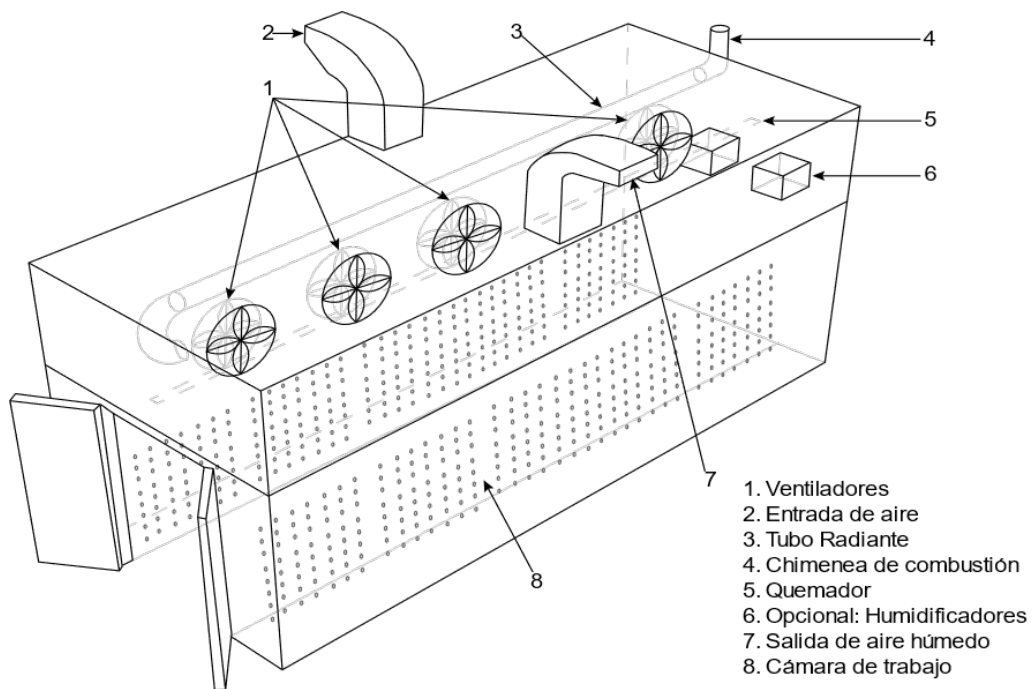


FIGURA 1.6: Horno de deshidratado.

Fuente: Powder Tronic, (2020). **Recuperado de:** <https://powdertronic.com/wp-content/uploads/2020/09/funcion.jpg>, (2020)

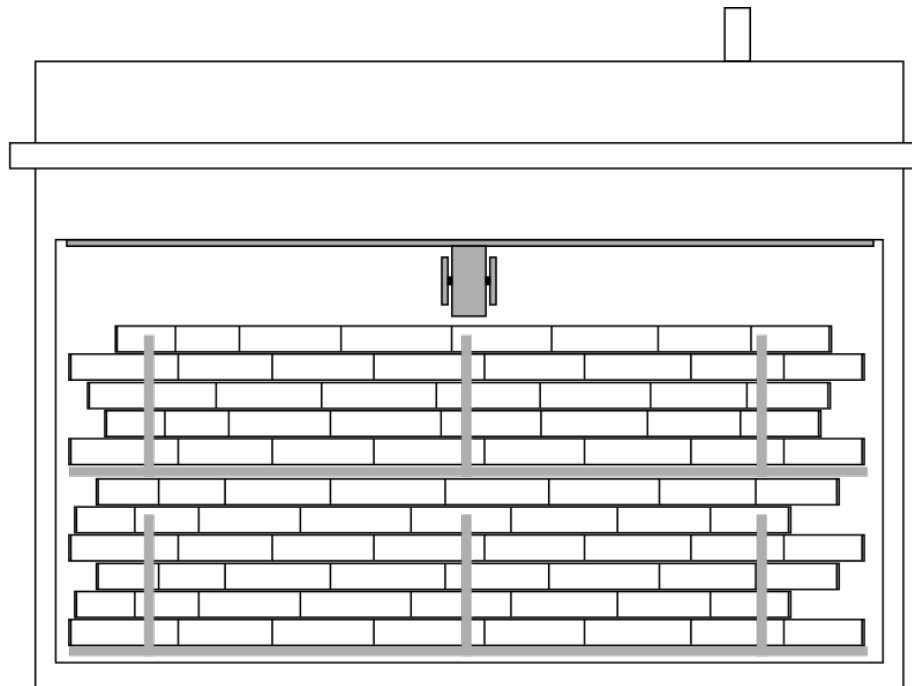


FIGURA 1.7: Secado de guadúa en horno.

Fuente: Red Internacional del Bambú y Ratán. Construir con Bambú, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

- b. **Inyección de aire caliente:** Se inyecta aire caliente en las cañas con ayuda de mangueras y ventiladores, para esto, el elemento debe estar en un área cubierta y de forma horizontal (Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016).
- c. **Secado Solar:** Se puede realizar de dos formas:
 - Secadores solares pasivos:** Mediante un colector solar (Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016).
 - Secadores solares activos:** Con ayuda de equipos mecánicos (Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016).

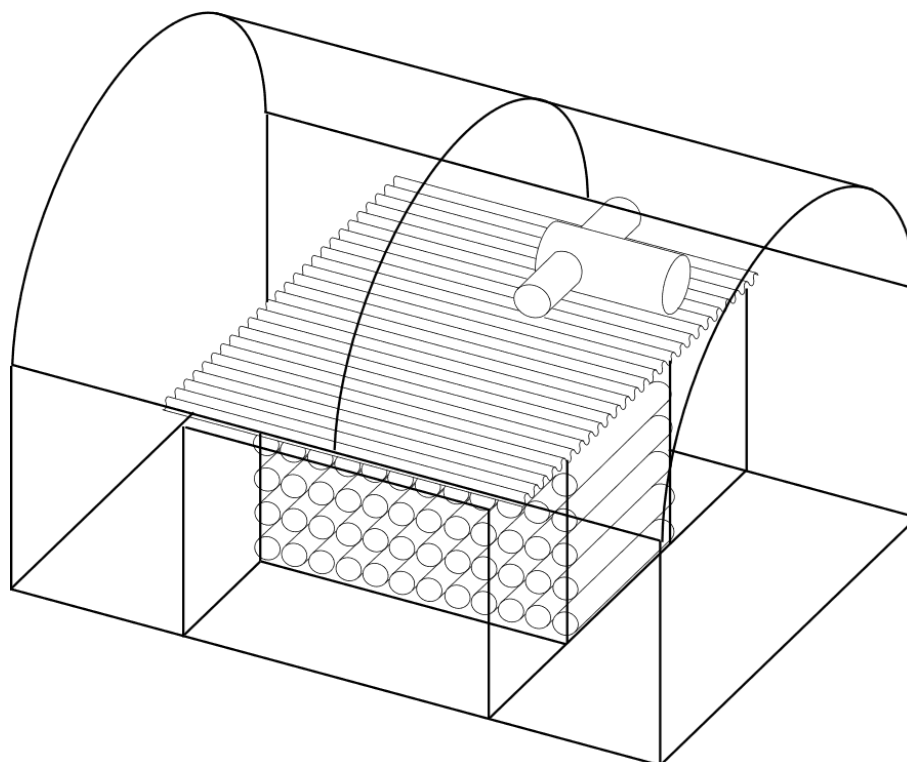


FIGURA 1.8: Cubierta plástica secador solar con fuentes asistida por gas natural.

Fuente: Optimización del aislamiento térmico de una cubierta transparente de un secador híbrido de (*Guadua angustifolia*), (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

TÉCNICAS DE CURADO O PRESERVACIÓN

Aplicar una técnica de curado a los materiales orgánicos como la caña guadúa permite garantizar un mayor tiempo útil sin que sus características mecánicas se vean afectadas por la presencia de agentes externos.

Por ello se establece que en ningún motivo se deben realizar instalaciones estructurales de caña guadúa sin la aplicación de preservantes, además, se debe considerar la efectividad de los productos a utilizar, el impacto ambiental y las recomendaciones del fabricante en cuanto al grado de toxicidad ([Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016](#)).

Existen diversos métodos utilizados para el preservación de la caña guadúa, por ejemplo:

Curado en la mata: Se deja reposar los tallos cortados de forma vertical sobre la mata de guadúa por un tiempo de cuatro a ocho semanas ([Encalada Pinargote, 2010](#)).

Este método es de los más recomendados debido a que los tallos no se manchan y conservan su color ([Hidalgo López, 1981](#)).

Sin embargo, la NEC – GaK ([2016](#)) establece en la sección 3.5.2.1 que la “Preservación por Avinagrado se puede realizar en la plantación después del corte (...) por el lapso de

tres semanas (...) sin embargo, es necesario que, a este método, se le acompañe de al menos uno de los métodos” descritos en la NEC – GaK sección 3.5.2.

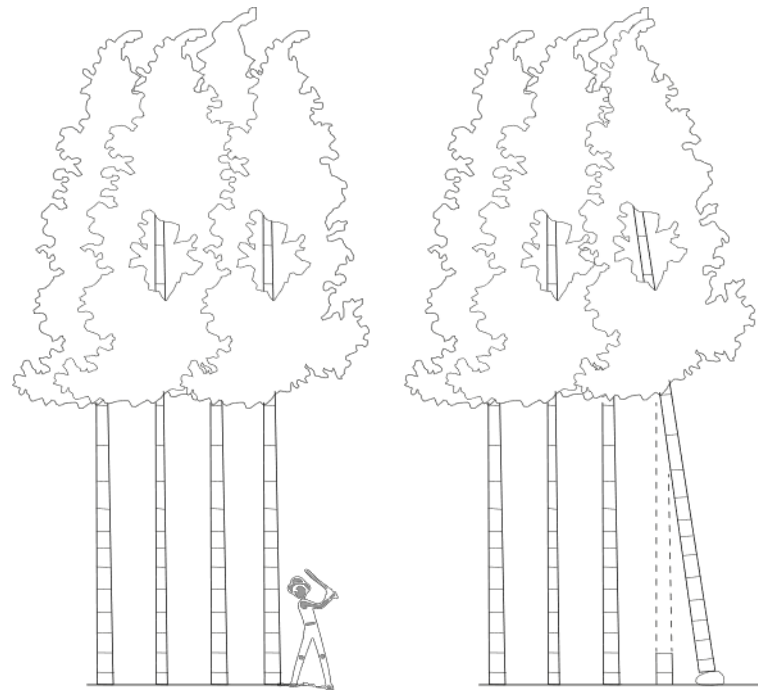


FIGURA 1.9: Curado en la mata.

Fuente: Manual de construcción con bambú, Hidalgo, (1981). **Elaboración:** Autor, (2020)

Curado por inmersión: Se sumerge el tallo completamente en agua durante cuatro semanas máximo (Encalada Pinargote, 2010).

A pesar de ser uno de los métodos más utilizados es el menos recomendable debido a que los tallos cambian de color y en caso de superar el tiempo estipulado en el agua pierden sus características mecánicas. Una variante del curado por inmersión es la utilización de agua con una solución química para la protección contra hongos e insectos (Hidalgo López, 1981).

En este contexto la NEC – GaK (2016) para la preservación por inmersión establece algunos lineamientos a cumplir en la sección 3.5.2.2 (Ver anexo 1).

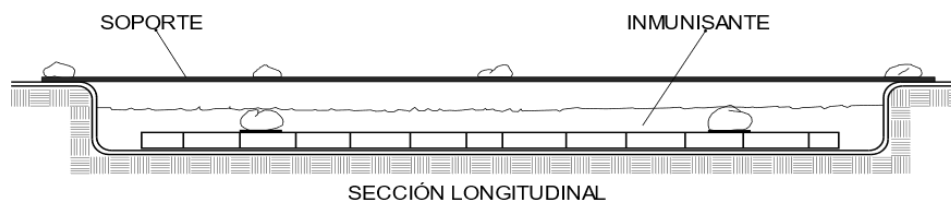


FIGURA 1.10: Curado por inmersión.

Fuente: Manual de construcción con bambú, Hidalgo (1981). **Elaboración:** Autor, (2020)

Curado por calentamiento: Se rotan los tallos constantemente sobre fuego, sin quemarlos (Encalada Pinargote, 2010).

Este método se realiza a campo abierto, para ello se colocan los tallos de la caña guadúa de forma horizontal sobre brasas ubicadas en el fondo de un agujero de aproximadamente 30 o 40cm de profundidad (Hidalgo López, 1981).

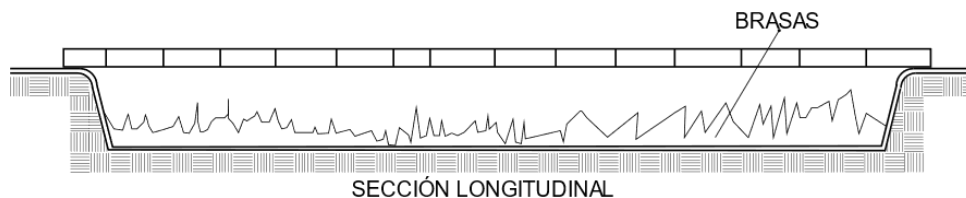


FIGURA 1.11: Curado por calentamiento.

Fuente: Manual de construcción con bambú, Hidalgo (1981). **Elaboración:** Autor, (2020)

Curado al humo: Se trata de una variación del método anterior, ya que para conseguir el ahumado del material se trabaja en el interior de una casa hasta conseguir que la caña guadua quede cubierta exteriormente de hollín (Hidalgo López, 1981).

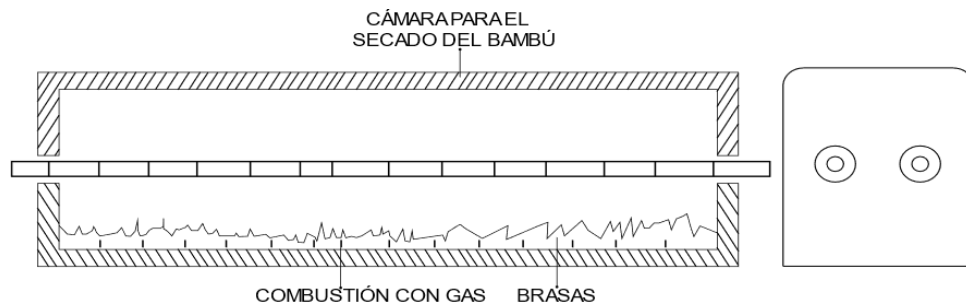


FIGURA 1.12: Curado de la caña por ahumado.

Fuente: Manual de construcción con bambú, Hidalgo (1981). **Elaboración:** Autor, (2020)

Otros métodos descritos en la NEC – GaK (2016) son:

Preservación por Presión (Boucherie): Este método requiere equipo especializado (Ver NEC – GaK sección 3.5.2.3)

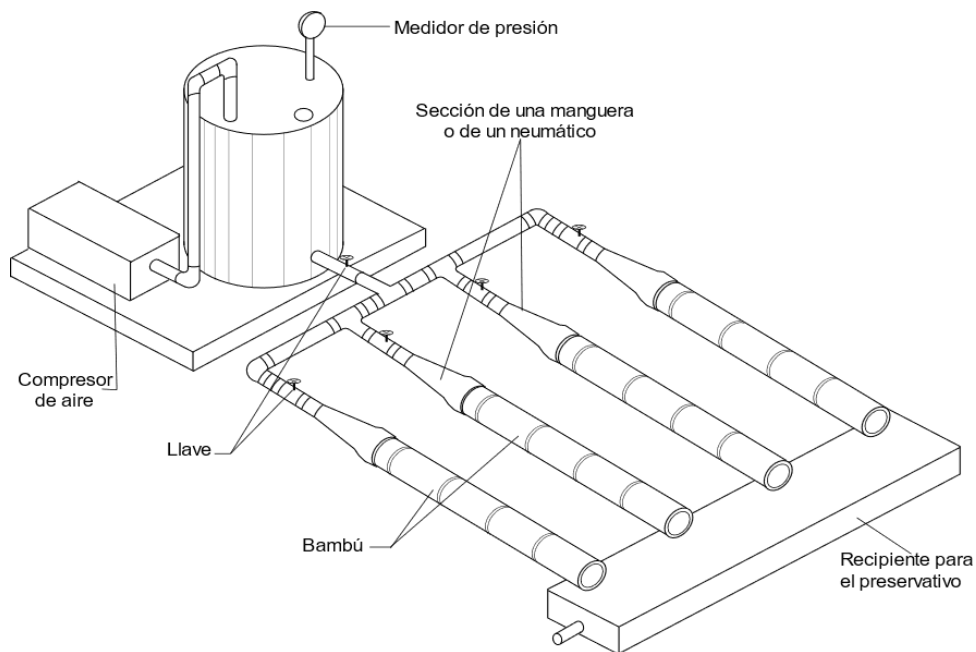


FIGURA 1.13: Preservación por Presión (Boucherie).

Fuente: Manual de construcción con bambú, Hidalgo (1981). **Elaboración:** Autor, (2020)

Preservación por Difusión Vertical: Para llevar a cabo este método los tallos no deben presentar fisuras o agujeros (Ver anexo 1 apartado 3.5.2 sección 3.5.2.4).

MANTENIMIENTO

En cuanto al acabado de las edificaciones de guadúa la NEC – GaK, (2016) establece que estos deben ser realizados “con ceras, lacas, barnices o pinturas” y los periodos de mantenimiento estarán relacionados con el “el grado de exposición solar, desgaste por fricción de la película protectora y nivel de exigencia estructural” de la construcción.

Además, con el fin de garantizar la vida útil de la construcción establece el cumplimiento de diversas actividades de mantenimiento (Ver anexo 1 apartado 5.9).

PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

Las características físico-mecánicas de la caña guadúa sobresalen debido a su relación esfuerzo/peso, permitiendo de este modo la construcción desde pequeñas viviendas de interés social a grandes edificaciones monumentales (Cabrera Andrade, 2018).

Su fuerza tensor de 28000 Kg/pulg^2 lo posiciona como uno de los materiales más fuertes para estructuras a tensión, superando así al acero cuya fuerza es de 23000 Kg/pulg^2 (Idrovo González, 2006).

De igual modo, debido a la naturaleza del material se recomienda emplear una protección por diseño, manejo cauteloso para asegurar la integridad de los tallos de guadúa, entre otras consideraciones a tener en cuenta descritas en la normativa nacional ([Ministerio de Desarrollo y Vivienda, 2016](#)).

Así mismo, se debe dar cumplimiento a las especificaciones para el diseño estructural con caña guadúa, según lo requiera el proyecto (Ver anexo 1 apartado 4.1).

1.2.5. REFERENTES INTERNACIONALES

La construcción con caña guadúa es cada vez más utilizada en la elaboración de diferentes tipos de proyecto, liberándose del estigma de pobreza con el que se ha relacionado al material. De este modo, en la actualidad se pueden observar diferentes proyectos construidos con este material.

La construcción con caña guadúa es cada vez más utilizada en la elaboración de diferentes tipos de proyecto, liberándose del estigma de pobreza con el que se ha relacionado al material. De este modo, en la actualidad se pueden observar diferentes proyectos construidos con este material.

Casa Ensamble Chacarrá

La composición tecnológica de este proyecto busca resaltar los materiales de la localidad, y dicho por sus autores, busca hacer “énfasis en la construcción de comunidad” con el fin de otorgar un espacio comunitario para “la cultura y diversidad en un barrio al que han llegado cientos de familias desplazadas por el conflicto interno del país” ([Valencia, 2016](#)).



FIGURA 1.14: Estructura Casa Ensamble Chacarrá.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/573c/9f6b/e58e/cea9/8d00/0051/slideshow/20.jpg?1463590729>



FIGURA 1.15: Estructura Casa Ensamble Chacarrá.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/573c/a06c/e58e/ce1e/1600/000f/slideshow/26.jpg?1463590992>

Ficha resumen

Tabla 1.2: FICHA RESUMEN CASA ENSAMBLE CHACARRÁ.

CASA ENSAMBLE CHACARRÁ		
Responsable	Ruta 4	
Arquitectos	Daniel Buitrago, Jorge Noreña, Julián Vásquez, Juliana López	
Área	120 m ²	
Año de proyecto	2016	
Ubicación	Pereira - Colombia	
Tipo de edificación	Pública - Casa comunal	
Aspecto Tecnológico	Cimentación	Zapatatas de hormigón en barriles de petróleo
	Estructura	Triángulos de guadúa
	Cielo raso	Esterilla de guadúa
	Cubierta	Zinc (dos aguas)
	Mampostería	Esterilla de guadúa
	Pisos	Hormigón armado
	Aspecto Formal	Composición monolítica en la que priman las líneas rectas que conforman los triángulos visibles en la composición estructura, que además conforman las fachadas laterales, y acceso, mismo que compone toda la fachada frontal y posterior del proyecto. La cubierta a su vez aprovecha la iluminación natural empleando policarbonato.
Aspecto Funcional	El proyecto se desarrolla en un solo espacio abierto - cubierto, permitiendo la convivencia de la población sin disminuir la visibilidad del espacio exterior, aprovechando de este modo la iluminación y ventilación natural	

Fuente: Valencia (2016). **Elaboración:** Autor, (2020).

Auditorio de Bambú

La composición tecnológica de este proyecto busca resaltar los materiales de la localidad, y dicho por sus autores, busca hacer “énfasis en la construcción de comunidad” con el fin de otorgar un espacio comunitario para “la cultura y diversidad en un barrio al que han llegado cientos de familias desplazadas por el conflicto interno del país” (Valencia, 2016).

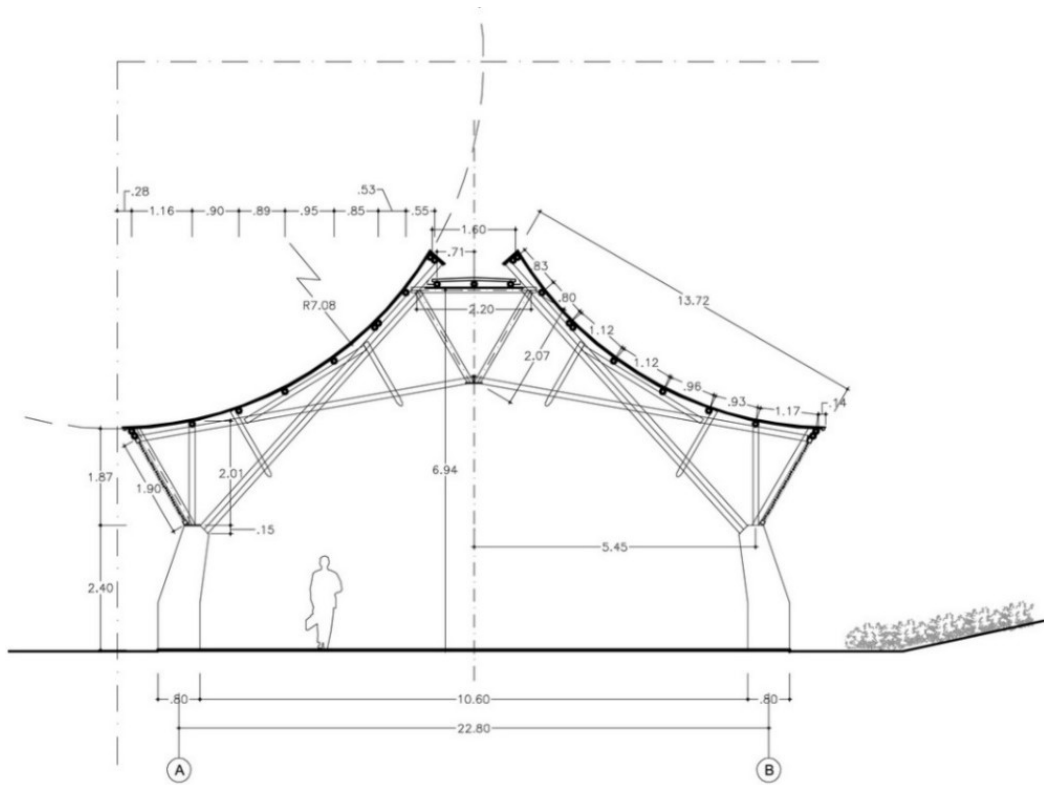


FIGURA 1.16: Sección B-B.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
https://images.adsttc.com/media/images/5fe3/c9e6/63c0/17f1/1a00/016c/slideshow/Corte_B.jpg?1608763847



FIGURA 1.17: Estructura vista - Interior Auditorio de bambú.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
https://images.adsttc.com/media/images/5fe3/cb9c/63c0/17f1/1a00/0184/slideshow/IMG_6931_compressed.jpg?1608764297



FIGURA 1.18: Cubierta Auditorio de Bambú.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
https://images.adsttc.com/media/images/5fe3/ca63/63c0/17f1/1a00/0173/slideshow/IMG_6542_compressed.jpg?1608763984



FIGURA 1.19: Auditorio de bambú, fachada frontal.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
https://images.adsttc.com/media/images/5fe3/c99c/63c0/17f1/1a00/0167/slideshow/_fi_compressed.jpg?1608763786



FIGURA 1.20: Composición estructural.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
https://images.adsttc.com/media/images/5fe3/cb36/63c0/17f1/1a00/017e/slideshow/54_compressed.jpg?1608764181

Ficha resumen

Tabla 1.3: FICHA RESUMEN AUDITORIO DE BAMBÚ.

CASA ENSAMBLE CHACARRÁ		
Responsable	Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción de la USMP	
Arquitectos	Yann Barnet – Faouzi Jabrane	
Área	336 m ²	
Año de proyecto	2015	
Ubicación	Santiago de Surco – Perú	
Tipo de edificación	Pública – Auditorio Pabellón	
Aspecto Tecnológico	Cimentación	Hormigón
	Estructura	Columnas de hormigón / Vigas de guadúa
	Cielo raso	Estructura de guadúa visible
	Cubierta	Teja asfáltica
	Mampostería	Espacio abierto – Persianas superiores de caña chancada
	Pisos	Losa de hormigón con recubrimiento cerámico
Aspecto Formal	La construcción se compone de un solo espacio abierto con una cubierta simétrica en el eje Y que aparenta una separación debido a la presencia de un tragaluz.	
Aspecto Funcional	“Está concebido como un espacio de libre acceso, constituyendo el punto de encuentro para la organización de todo tipo de eventos, charlas, o exposiciones.” (Auditorio de Bambú / Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción de la USMP, 2020)	

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

Casa Soe Ker Tie

Soe Kier Tie o casa mariposa se trata de un proyecto de vivienda social que busca incrementar la capacidad de asilo del orfanato Noh Bo, fundado por Ole Jorgen Edna en 2006. El concepto busca generar un espacio capaz de recrear la cotidianidad de la vida en condiciones normales y proveer un espacio individual que permita crear en los niños el sentido de privacidad (Casa Soe Ker Tie / TYIN Tegnestue, 2011).

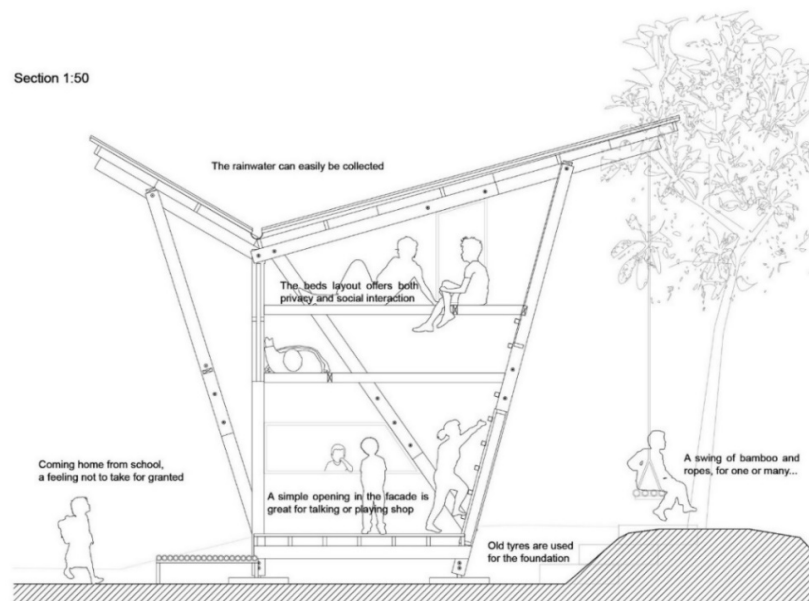


FIGURA 1.21: Sección 1:50 Casa Soe Ker Tie.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/5129/db4/b3fc/4b11/a700/7d6e/large-jpg/1299371197-021-soe.jpg?1414315974>

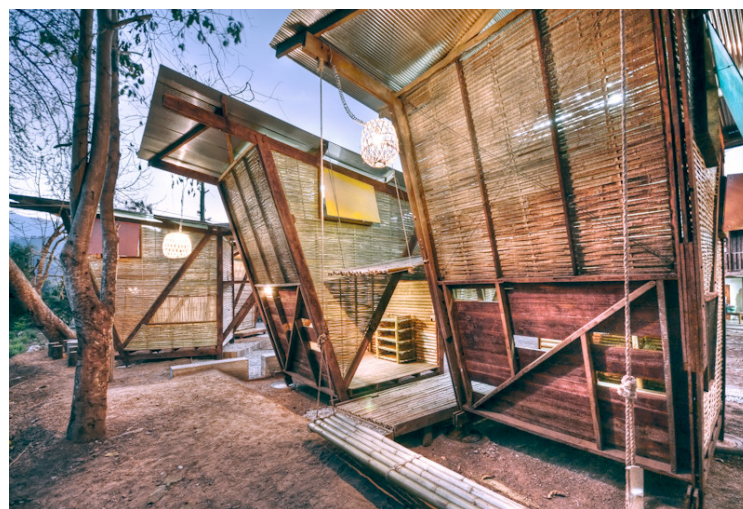


FIGURA 1.22: Casa Soe Ker Tie.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/5129/dbbd/b3fc/4b11/a700/7d67/large-jpg/1299371164-014-soe.jpg?1414315961>



FIGURA 1.23: Interior Casa Soe. Ker Tie.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/5129/dbcd/b3fc/4b11/a700/7d6a/large-jpg/1299371178-017-soe.jpg?1414315968>

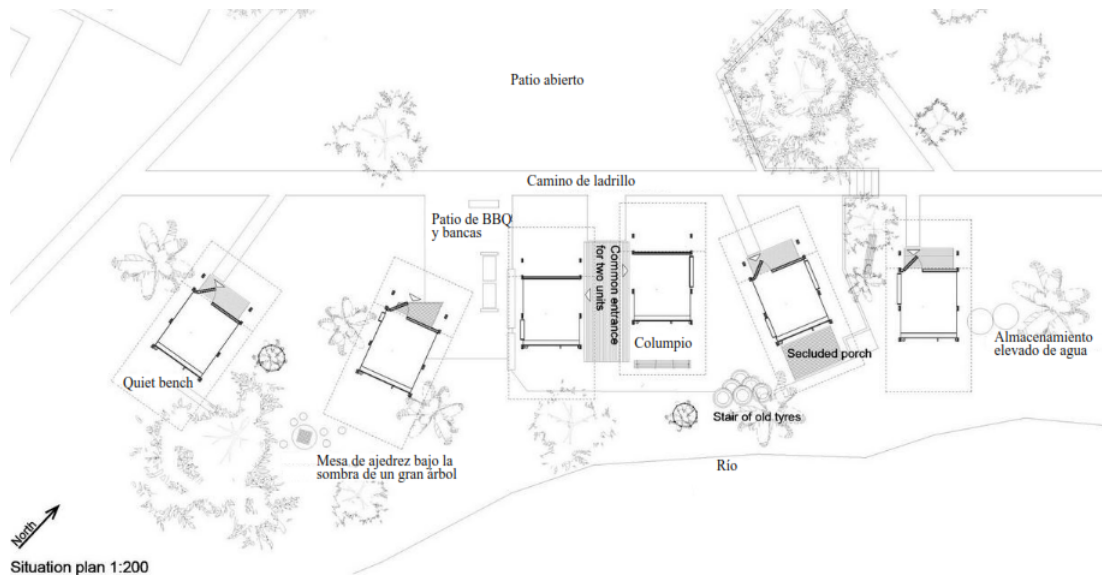


FIGURA 1.24: Emplazamiento Casa Soe Ker Tie.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/5129/dbec/b3fc/4b11/a700/7d6f/large-jpg/1299371205-022-soe.jpg?1414315977>

Ficha resumen

Tabla 1.4: FICHA RESUMEN CASA SOE KER TIE.

CASA SOE KER TIE		
Responsable	ITYIN Tegnestue	
Arquitectos	Estudiantes de arquitectura	
Área	6m ² x habitación. Total, 24m ²	
Año de proyecto	2009	
Ubicación	Noh Bo – Tailandia	
Tipo de edificación	Privada – Orfanato	
Aspecto Tecnológico	Cimentación	Hormigón fundido en neumáticos
	Estructura	Prefabricada de Madera
	Cielo raso	Estructura de madera vista
	Cubierta	Zinc
	Mampostería	Latillas de caña guadua
	Pisos	Madera
Aspecto Formal	Las líneas rectas tanto de la forma como de la materialidad constituyen las fachadas de un proyecto que se abre a la convivencia a través de la posición de cada módulo.	
Aspecto Funcional	Los módulos sirven de dormitorio a los niños del refugio y se distribuyen de tal modo que cada infante tenga su propia zona, un espacio que les permita tener cierto nivel de privacidad distribuidos en dos niveles superiores destinados al descanso.	

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

Catedral Sin Religión

El arquitecto colombiano Simón Vélez es conocido como un precursor del empleo de la caña guadúa en el sector de la construcción, rescatando y posicionando en el mercado un material tan global. A lo largo de su carrera ha diseñado edificios en 11 países y junto a la colaboración de Marcelo Villegas han diseñado nuevos sistemas de soporte estructural que les han permitido explotar la versatilidad del bambú en la construcción (Franco, José "Arquitectura en Bambú: la obra de Simón Vélez", 2013).

Este proyecto se desarrolla en una hacienda de la ciudad de Cartagena, exactamente sobre un lago artificial, por lo que el acceso a esta es a través de este.



FIGURA 1.25: Iglesia Privada.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
https://images.adsttc.com/media/images/51ae/2a47/b3fc/4b22/5b00/00b7/slideshow/5181987526_9f912a15a7_b.jpg?1431798554



FIGURA 1.26: Acceso posterior.

Fuente: ARQA – Catedral sin religión, (2020). **Recuperado de:**
<https://arqa.com/arquitectura/catedral-sin-religion.html>

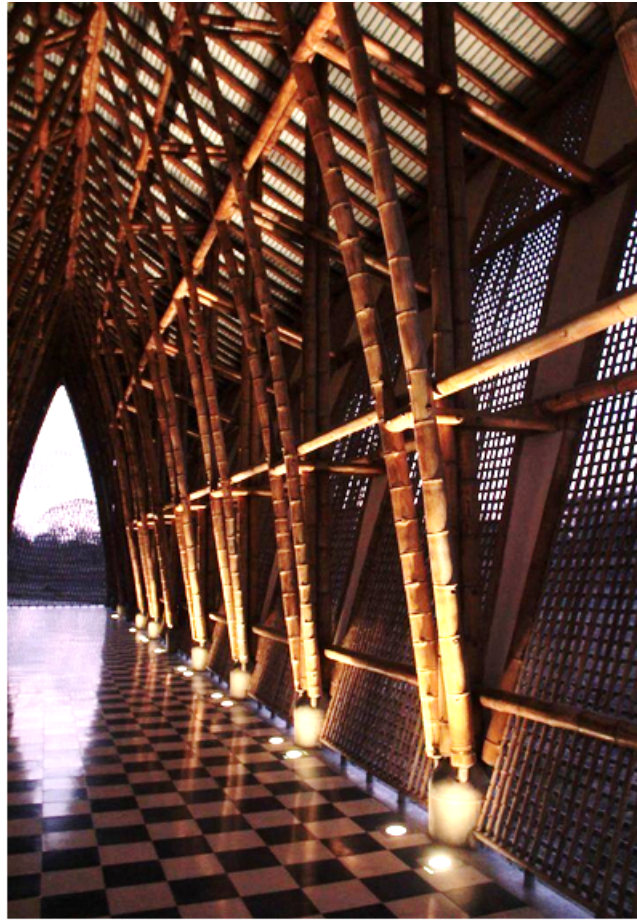


FIGURA 1.27: Estructura.

Fuente: ARQA - Catedral sin religión, (2020). **Recuperado de:**
<https://arqa.com/arquitectura/catedral-sin-religion.html>

Ficha resumen

Tabla 1.5: FICHA RESUMEN CATEDRAL SIN RELIGIÓN.

CATEDRAL SIN RELIGIÓN		
Responsable	Simón Vélez	
Arquitectos	Simón Vélez	
Área	640 m ²	
Año de proyecto	2005	
Ubicación	Cartagena – Colombia	
Tipo de edificación	Privada – Iglesia	
Aspecto Tecnológico	Cimentación	Hormigón
	Estructura	Arcos apuntados de caña guadúa sobre pilares semienterrados de hormigón
	Cielo raso	Estructura de guadúa vista
	Cubierta	Teja
	Mampostería	Latillas de caña guadua
	Pisos	Hormigón
Aspecto Formal	La estructura de la edificación de arcos apuntados cobra protagonismo en esta obra, ya que la forma de la estructura se puede visualizar tanto en la parte interna como en las fachadas posterior y frontal de la construcción en la que se remarca la presencia de dos arcos laterales al acceso principal diseñados con un entramado de latillas de guadúa. El contraste del blanco de la mampostería con la guadúa le otorgan un aspecto elegante y natural a edificación.	
Aspecto Funcional	Distribuida en un solo piso la construcción ofrece un amplio espacio cubierto con una circulación horizontal directa entre el acceso por el lago y la puerta tejida de latillas de guadúa que da hacia el terreno de emplazamiento.	

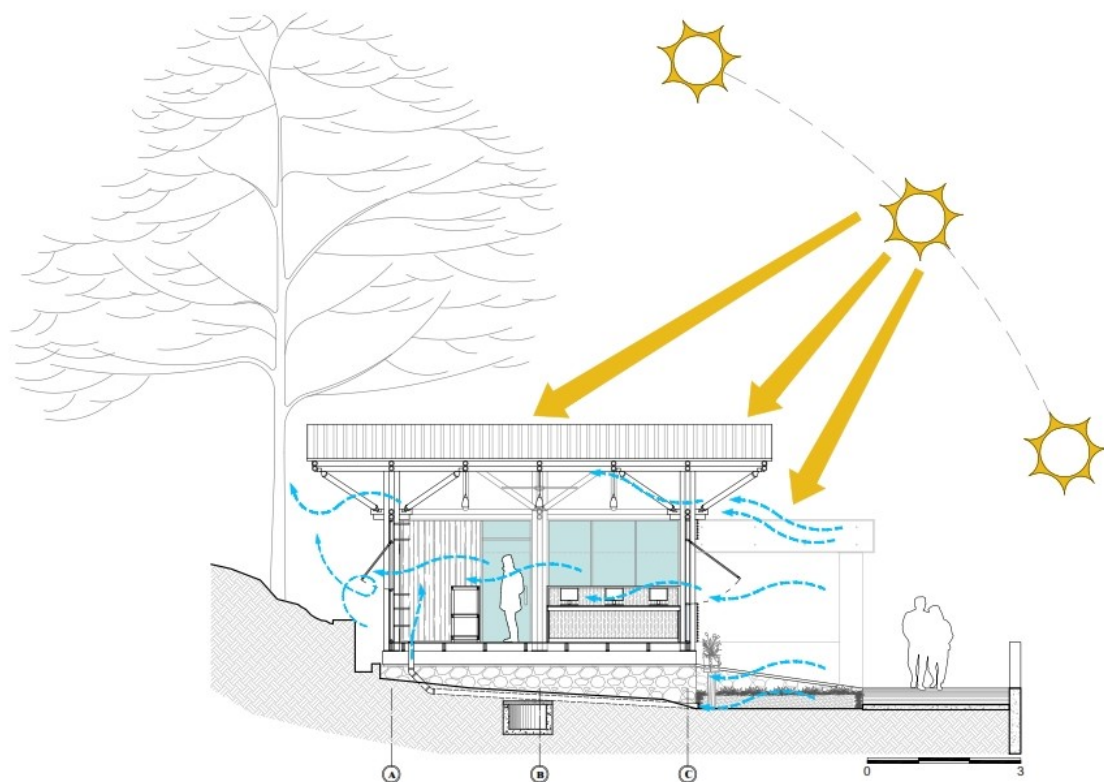
Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

1.2.6. REFERENTES NACIONALES

En Ecuador existe una larga lista de profesionales orientados a rescatar el patrimonio intangible transmitido durante generaciones entre los bambuseros de todo el país. Este material ligado a la construcción de la población de escasos recursos y al sector artesanal es cada vez más utilizado y su cultivo y producción ha evolucionado conforme la demanda crece, promoviendo la economía del país.

Centro de Documentación del Bambú

El proyecto se desarrolla adyacente a la facultad de Arquitectura y Diseño de la UCSG por lo que su connotación busca armonizar con el entorno construido mediante la “transparencia, materiales, retranqueo volumétrico y proyección visual de planos de referencia”. Además, la aplicación de estrategias de diseño pasivas permite que la edificación ofrezca un ambiente confortable, minimizando el consumo de energía eléctrica (CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DE BAMBÚ, 2020)



PROYECTO: CENTRO DE DOCUMENTACION DE BAMBU	FECHA: 2013	DISEÑO: ARQ. JORGE MORAN UBIDIA. ARQ. ROBINSON VEGA JARAMILLO.	LÁMINA: 5/6
CONTIENE: CORTE - VIENTOS - INSOLACION	ESCALA: GRAFICA		

FIGURA 1.28: Corte - Vientos - Insolación.

Fuente: Arquitectura Panamericana, (2020). **Recuperado de:** <http://www.arquitecturapanamericana.com/wp-content/gallery/centro-de-documentacion-de-bambu/CENTRO-DE-DOCUMENTACION-DE-BAMBU.-010.jpg>



FIGURA 1.29: Centro de documentación de Bambú.

Fuente: Arquitectura Panamericana, (2020). Recuperado de: <http://www.arquitecturapanamericana.com/wp-content/uploads/2016/02/CENTRO-DE-DOCUMENTACION-DE-BAMBU.-001.jpg>



FIGURA 1.30: Interior. Centro de Documentación de Bambú.

Fuente: Arquitectura Panamericana, (2020). Recuperado de: <http://www.arquitecturapanamericana.com/wp-content/gallery/centro-de-documentacion-de-bambu/CENTRO-DE-DOCUMENTACION-DE-BAMBU.-005.jpg>

Ficha resumen

Tabla 1.6: FICHA RESUMEN CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DEL BAMBÚ.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL BAMBÚ		
Responsable		
Arquitectos	Jorge Morán Ubidia, Robinson Vega Jaramillo	
Área	40 m ²	
Año de proyecto	2013	
Ubicación	Universidad Católica Santiago de	
	Guayaquil – Ecuador	
Tipo de edificación	Pública – Biblioteca	
Aspecto Tecnológico	Cimentación	“Plintos, muros de piedra y vigas de hormigón armado” (CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DE BAMBÚ, 2020)
	Estructura	“Columnas, vigas y diagonales de guadua rolliza, ancladas a la cimentación por medio de varillas de acero negro, empotradas en las columnas” (CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DE BAMBÚ, 2020)
	Cielo raso	Estructura de guadúa vista
	Cubierta	Metálica con poliuretano
	Mampostería	Guadúa
Pisos	Tableros estructurales de guadúa	
Aspecto Formal	La edificación se desarrolla en un solo volumen rectangular cubierto por grandes aleros que protegen la edificación y los materiales de las condiciones climáticas. El diseño busca armonizar con el entorno haciendo uso de “transparencia, materiales, retranqueo volumétrico y proyección visual de planos de referencia, respetando entorno y escala” (CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DE BAMBÚ, 2020)	
Aspecto Funcional	El módulo se concibe aislado del nivel del suelo para proteger los elementos de la humedad, el acceso se realiza mediante una rampa ubicada en el lateral derecho de la biblioteca que lleva a un solo nivel de la biblioteca. La iluminación durante el día aprovecha la luz natural y la ventilación es mayormente natural, haciendo uso de dos ventiladores en reversa ubicados en el techo que contribuyen a la salida del aire caliente al exterior (CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DE BAMBÚ, 2020)	

Fuente: Centro de Documentación del Bambú, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

Casa Convento

La construcción de la vivienda responde a diversas condicionantes, entre ellas el presupuesto limitado, la presencia de un bosque de guadúa en el lugar, desconocimiento de proceso constructivo de la mano de obra local y la lejanía del sitio con el arquitecto, sin embargo, mediante una coordinación adecuada y con la participación y capacitación de los usuarios de la vivienda se aprovecharon cada una de las condicionantes para encontrar un punto de equilibrio, es así que surge este proyecto de autoconstrucción, utilizando recursos locales con una técnica constructiva replicable y de bajo costo (Casa Convento / Enrique Mora Alvarado, 2014).



FIGURA 1.31: Casa Convento – Contexto exterior.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/5491/0348/e58e/ce19/3800/01c0/slideshow/foto21.jpg?1418789689>



FIGURA 1.32: Estructura de guadúa Casa Convento.

Fuente: Red Fundamentos, (2020). **Recuperado de:**
<http://www.redfundamentos.com/Uploads/Imagenes/4BD5D2E3-D146-4DED-80AC-09B9B4C1046D.jpg>



FIGURA 1.33: Casa Convento fase estructural.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/5491/02b0/e58e/cef0/e000/01a3/slideshow/construcci%C3%B3n004.jpg?1418789537>

Ficha resumen

Tabla 1.7: FICHA RESUMEN CASA CONVENTO.

CASA CONVENTO		
Responsable	Enrique Mora Alvarado	
Arquitectos	Enrique Mora Alvarado	
Área	125 m ²	
Año de proyecto	2014	
Ubicación	Chone – Manabí	
Tipo de edificación	Privada – Vivienda Unifamiliar	
Aspecto Tecnológico	Cimentación	Dados de hormigón
	Estructura	Caña guadúa
	Cielo raso	Estructura de guadúa vista
	Cubierta	Zinc
	Mampostería	Madera
	Pisos	Madera
Aspecto Formal	La construcción de una planta se extiende en el lugar como una volumetría rectangular de materialidad orgánica que busca mimetizar con el entorno al estar ubicada en el centro de un bosque húmedo de guadúa.	
Aspecto Funcional	La utilización de materiales locales permite a la población apoderarse y rescatar la identidad cultural y constructiva. La distribución de los espacios y el diseño de ventanales abatibles y ubicación de ventanas permite al usuario poder elegir el nivel de relación entre el interior y exterior, según lo requiera.	

Fuente: Plataforma arquitectura, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

Centro de Interpretación del Cacao

El proyecto surge de la colaboración entre el Taller Con Lo Que Hay 4, conformado por estudiantes de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, la oficina Ensusitio Arquitectura y la empresa chocolatera Pacari, con la idea de generar un centro comunitario en el cual la población local pueda exponer el proceso de cultivo, producción y elaboración de cacao. La obra se desarrolla en diferentes plataformas designadas a las actividades ejecutadas por la población y los materiales responden netamente a lo existente en lugar, de este modo la estructura se compone de cañas guadúas de la zona apoyadas sobre grandes rocas del sitio, los amares están elaborados con bejuco, la cubierta con paja toquilla y los pisos de chonta y chuncho (Centro de Interpretación del Cacao / Taller Con Lo Que Hay 4 + ENSUSITIO Arquitectura, 2015).

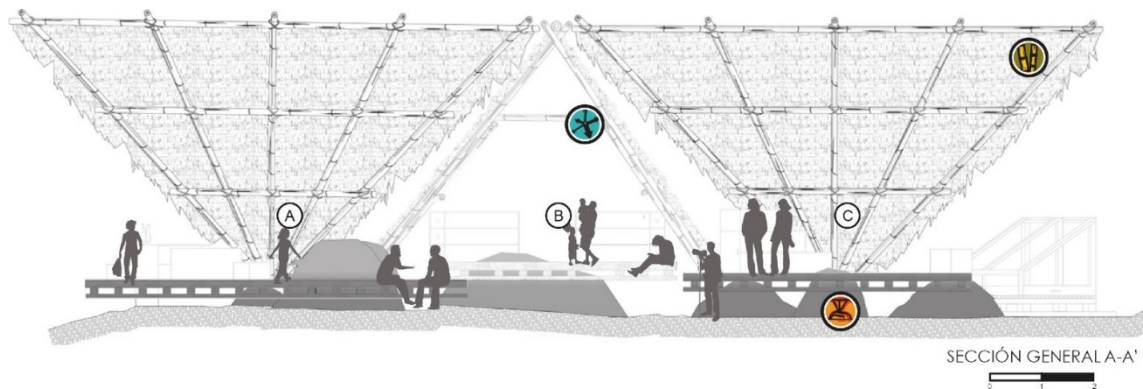


FIGURA 1.34: Sección A-A.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/5491/0348/e58e/ce19/3800/01c0/slideshow/foto21.jpg?1418789689>



FIGURA 1.35: Interior Centro de Interpretación del Cacao.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
<https://images.adsttc.com/media/images/55a0/16b7/e58e/cea1/3600/001a/slideshow/P1030036.jpg?1436554924>



FIGURA 1.36: Centro de Interpretación del Cacao.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:** https://images.adsttc.com/media/images/55a0/165a/e58e/ce1d/4a00/0014/slideshow/03_PLATAFORMA_CACAO.jpg?1436554833

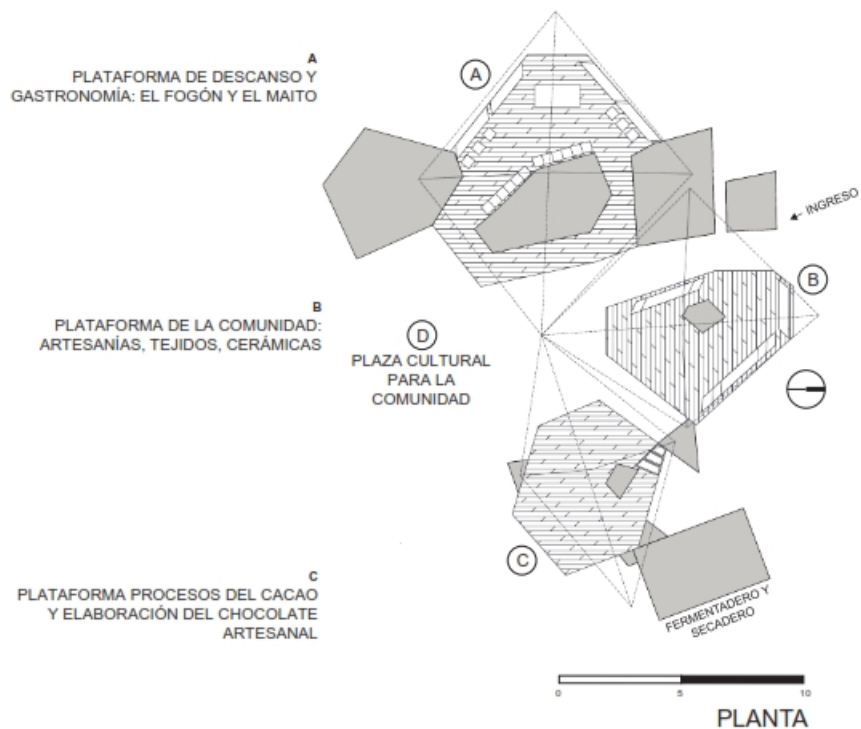


FIGURA 1.37: Emplazamiento Centro de Interpretación del Cacao.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:** <http://www.arquitecturapanamericana.com/wp-content/gallery/centro-de-interpretacion-del-cacao-de-santa-rita/CENTRO-DE-INTERPRETACION-DEL-CACAO-008.jpg>

Ficha resumen

Tabla 1.8: FICHA RESUMEN CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL CACAO.

CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL CACAO													
Responsable	ENSUSITIO Arquitectura – Taller Con Lo Que Hay 4												
Arquitectos	Enrique Villacis Tapia, Cynthiya Ayarza, Lorena Rodriguez												
Área	m^2												
Año de proyecto	2014												
Ubicación	Archidona – Napo												
Tipo de edificación	Pública – Casa comunal												
Aspecto Tecnológico	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Cimentación</td> <td>Rocas del lugar</td> </tr> <tr> <td>Estructura</td> <td>Caña guadúa</td> </tr> <tr> <td>Cielo raso</td> <td>Estructura de guadúa vista</td> </tr> <tr> <td>Cubierta</td> <td>Paja Toquilla</td> </tr> <tr> <td>Mampostería</td> <td>Espacio abierto</td> </tr> <tr> <td>Pisos</td> <td>Madera de chonta y chuncho.</td> </tr> </table>	Cimentación	Rocas del lugar	Estructura	Caña guadúa	Cielo raso	Estructura de guadúa vista	Cubierta	Paja Toquilla	Mampostería	Espacio abierto	Pisos	Madera de chonta y chuncho.
Cimentación	Rocas del lugar												
Estructura	Caña guadúa												
Cielo raso	Estructura de guadúa vista												
Cubierta	Paja Toquilla												
Mampostería	Espacio abierto												
Pisos	Madera de chonta y chuncho.												
Aspecto Formal	El Centro de Interpretación del Cacao se consolida como un espacio abierto, distribuido en tres plataformas cubiertas. De frente a construcción tiene una apariencia triangular conformada por una cubierta que se abre al espacio exterior, mientras que los laterales se conforman por triángulos inversos cerrados conformados por la cubierta de paja toquilla.												
Aspecto Funcional	Las plataformas del proyecto se clasifican según la actividad a desarrollarse en ellas, sin perder el sentido de convivencia y comunicación. De este modo la comunidad cuenta con una plataforma para dar la bienvenida a los visitantes, otra para preparar alimentos tradicionales y una para mostrar el proceso de tratamiento del cacao, ofreciendo a la población y turistas toda una experiencia arquitectónica y cultural conectada con la naturaleza.												

Fuente: Plataforma arquitectura, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

Cabañón DLPM

El encargo del cliente al arquitecto surge con una condicionante, poder observar todo el jardín desde lo alto, de este modo y aprovechando la pendiente surge un diseño con rampas que sirven de comunicación vertical entre los espacios horizontales destinados a las actividades cotidianas de la familia, generando una contraposición de líneas diagonales entre el terreno y la construcción (Cabañón DLPM / Juan Carlos Bamba + Ignacio de Teresa + Alejandro González, 2016).



FIGURA 1.38: Sección.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:** <https://images.adsttc.com/media/images/57ec/8106/e58e/ce02/a000/006b/slideshow/planos2.jpg?1475117298>



FIGURA 1.39: Estructura Cabañón DLPM.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:** http://www.arquitecturapanamericana.com/wp-content/gallery/Cabanon-DLPM/57daf0a23c3cb03-PROCESO_CABA_ON_DLPM.C.jpg



FIGURA 1.40: Interior - Cabañón DLPM.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). Recuperado de:
https://images.adsttc.com/media/images/57ec/801c/e58e/ce20/4500/00be/slideshow/12092016-_MG_5452.jpg?1475117080



FIGURA 1.41: Fachada Posterior Cabañón DLPM.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). Recuperado de:
https://images.adsttc.com/media/images/57ec/80aa/e58e/ce20/4500/00c9/slideshow/12092016-_MG_5706.jpg?1475117222



FIGURA 1.42: Fachada frontal Cabañón DLPM - Exterior.

Fuente: Plataforma Arquitectura, (2020). **Recuperado de:**
https://images.adsttc.com/media/images/57ec/80a0/e58e/ce20/4500/00c8/slideshow/12092016-_MG_5703.jpg?1475117212

Ficha resumen

Tabla 1.9: FICHA RESUMEN CABAÑÓN DLPM.

CABAÑÓN DLPM													
Responsable	Alejandro Gonzales, Ignacio de Teresa, Juan Carlos Bamba												
Arquitectos	Alejandro Gonzales, Ignacio de Teresa, Juan Carlos Bamba												
Área	411 m ²												
Año de proyecto	2016												
Ubicación	Manabí – Manabí												
Tipo de edificación	Privada – Vivienda												
Aspecto Tecnológico	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-right: 1px solid black;">Cimentación</td> <td>Hormigón</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black;">Estructura</td> <td>Caña guadúa</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black;">Cielo raso</td> <td>Estructura de guadúa vista</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black;">Cubierta</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black;">Mampostería</td> <td>Ladrillo visto - ventanales de policarbonato</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black;">Pisos</td> <td>Hormigón sobre esterillas y estructura de guadúa</td> </tr> </table>	Cimentación	Hormigón	Estructura	Caña guadúa	Cielo raso	Estructura de guadúa vista	Cubierta		Mampostería	Ladrillo visto - ventanales de policarbonato	Pisos	Hormigón sobre esterillas y estructura de guadúa
Cimentación	Hormigón												
Estructura	Caña guadúa												
Cielo raso	Estructura de guadúa vista												
Cubierta													
Mampostería	Ladrillo visto - ventanales de policarbonato												
Pisos	Hormigón sobre esterillas y estructura de guadúa												
Aspecto Formal	Las fachadas frontal y posterior de la vivienda se conforman de líneas rectas mediante rectángulos enmarcados por la presencia de la guadúa estructural, generando privacidad en el acceso con una puerta elaborada del mismo material y permitiendo la conexión del interior con el exterior mediante un gran ventanal de policarbonato que se abre paso hacia el entorno. Las fachadas laterales sobresalen en el paisaje del sitio al contraponerse a la naturalidad de la pendiente, se emplea como elemento estético la dirección de las rampas que conectan los diferentes niveles para ofrecer una contraposición al terreno.												
Aspecto Funcional	Los diferentes niveles de la edificación se encuentran estratégicamente conectados con rampas que permiten conectar los espacios de la vivienda, minimizando el uso de áreas planas, de tal modo que el usuario pueda deslizarse por todo el espacio.												

Fuente: Plataforma arquitectura, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

1.2.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La caña guadúa como material apto para la construcción presenta diversas ventajas y desventajas, entre las cuales resaltan las siguientes:

Ventajas

1. La ligereza del material contribuye a disminuir el peso a la construcción, factor muy importante a tener en cuenta en la construcción sismorresistente (Cuji Siguenza, 2016).
2. Es resistente a las fuerzas axiales gracias a las fibras exteriores (Cuji Siguenza, 2016).
3. Tiene la misma resistencia que otras especies maderables (Cuji Siguenza, 2016).
4. Su propiedad estructural le permite ser comparada con la resistencia del acero (Cuji Siguenza, 2016).
5. Se puede utilizar en diversos miembros estructurales como “cables para puentes colgantes y estructuras rígidas hasta las modernas estructuras geodésicas y laminadas (Hidalgo, 1974).
6. El tabique interno que se encuentra entre cada nudo hace que el material sea más rígido y evitan que se rompa al curvarse (Hidalgo, 1974).
7. Las fibras de las paredes permiten que el material sea cortado de forma transversal o longitudinal en cualquier dimensión (Hidalgo, 1974).
8. Puede combinarse con otros materiales de construcción (Hidalgo, 1974).

Desventajas

1. Puede deteriorarse a causa de la humedad, quedando vulnerable para insectos y termitas (Cuji Siguenza, 2016).
2. Debe ser curado y secado tras su corte para evitar el ataque de insectos (Cuji Siguenza, 2016).
3. Requiere tratamiento adecuado para prevenir la pérdida de resistencia (Cuji Siguenza, 2016).
4. Baja resistencia a fuerzas perpendiculares (Cuji Siguenza, 2016).
5. Requiere protección por diseño tanto del sol como del agua (Cuji Siguenza, 2016).
6. Debido a su naturaleza es un material inflamable, por lo que requiere ser tratado adecuadamente con sustancias o materiales ignífugos (Hidalgo, 1974).
7. Las uniones no pueden realizarse con empalmes, lo cual representa una dificultad constructiva (Hidalgo, 1974).
8. Presenta variación en su diámetro y espesor (Hidalgo, 1974).

1.3. PREFABRICADOS EN CAÑA GUADÚA

Al referirse a la construcción prefabricada se hace alusión a los elementos que por su diseño y elaboración permitan un montaje rápido y fácil en obra, permitiendo optimizar los procesos de construcción.

Según la RAE (2019) se entiende por prefabricados la construcción con elementos constructivos fabricados por partes que permitan su montaje posterior. De igual modo lo afirma Escrig (2010) quien señala que la construcción industrializada o prefabricada se basa en el diseño mecanizado de elementos y subsistemas elaborados en serie con el fin de conseguir generar un todo o parte de un edificio tras su montaje.

Por otro lado, Lumainsky (2014) señala que la prefabricación permite la elaboración de elementos en un lugar distinto al emplazamiento final de la obra, además, enfatiza en la diferencia entre prefabricación y prefabricación en arquitectura, debido a que la primera se encuentra ligada a la economía y el área de ingenieros e industriales, mientras que la segunda nace de la “arquitectura y la industria mediante la exploración de nuevos materiales y técnicas”, permitiendo la construcción tradicional fuera de sitio.

1.3.1. SISTEMATIZACIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS

La historia de la prefabricación se remonta hacia el siglo XVI con Leonardo Da Vinci, quien, al recibir el encargo para planificar nuevas ciudades en la región de Loire, diseñó diversas tipologías de edificaciones con un mínimo de elementos constructivos, mismos que se producían en una fábrica ubicada en el centro de cada ciudad (Escrig Pérez, 2010).

Posteriormente los registros ubican el uso de la prefabricación en el siglo XVIII, época de la colonización europea, en la que se empleaban prefabricados de madera para la construcción de casas, iglesias (Yael Lumainsky, 2014).

La construcción con prefabricados ha cobrado importancia actualmente debido a la rapidez en el ensamblaje entre elementos constructivos que representa, sin embargo, este sistema constructivo surge a partir de la segunda guerra mundial, como respuesta a la necesidad de reconstruir de forma rápida los daños, iniciando la prefabricación de elementos como puertas o ventanas estandarizados y modulados (Reiser Gasser, 2005).

1.3.2. SISTEMAS DE PREFABRICACIÓN

Un edificio se puede clasificar según el grado de prefabricación, es decir, entre mayor cantidad de residuos generados en obra, menor índice de prefabricación presenta (Aguiló Alonso, M., et al, 1974 citado por Escrig, (2010).

Según Salas (2006) existen cuatro niveles de construcción mediante componentes industrializados:

Sistema cerrado. Los elementos prefabricados bajo este sistema responden a las especificaciones del sistema y compatibilidad interna. El proyecto arquitectónico queda relegado a segundo plano debido a las limitaciones del sistema que requería condiciones como construcciones de bloques lineales, luces mínimas y distribución rígida.

Empleo parcial de componentes. Los elementos presentan un menor grado de rigidez de diseño ya que permite una variación mínima en cuanto a dimensiones o entidad.

Sistema tipo mecano. Se basan en un lenguaje combinatorio definido y acotado, lo que permite la combinación de elementos de diferentes productores.

Sistemas abiertos. Este sistema se basa en el diseño de juntas denominadas universales, lo que permite la utilización de elementos de diversos proveedores en diferentes tipos de obras.

De igual modo, Reiser (2005) establece que los prefabricados, según el tipo de elemento se puede clasificar de la siguiente manera:

Prefabricación liviana. Se considera liviana cuando la manipulación de los componentes no requiere equipo específico para su montaje, siendo el máximo de peso 100kg.

Prefabricados semipesados. Se basa en la construcción de muros portantes conformados por elementos en “L” de concreto armado.

Prefabricados pesados. Ejemplo de esto es la prefabricación parcial pesada, en la cual el peso de los componentes determina los requerimientos de maquinaria para montaje.

1.3.3. INDUSTRIALIZACIÓN

La industrialización de una materia responde a todo un proceso que abarca desde el cultivo hasta el producto final comercializado al consumidor, por ello, en las plantaciones de guaduales se ha de ejecutar un trabajo técnico en cada una de las fases de producción del guadual.

En Sudamérica, Colombia, Ecuador y Panamá presentan mayor presencia de guaduales en su fauna, hecho por el cual registran mayor tradición de uso, a pesar de ello, el desconocimiento generalizado de manejo, características botánicas, mecánicas y estéticas han contribuido durante décadas al desplazamiento de la guadúa como un material asociado a la pobreza y marginalidad (Tandazo Regalado y Flores Diaz, 2012).

Sin embargo, en los últimos años este material ha recobrado importancia de la mano de arquitectos e ingenieros comprometidos con la sociedad y medio ambiente, llegando a ser aceptado en importantes proyectos de carácter público y privado.

Por otro lado, para que una industrialización de la guadúa se realice en condiciones se ha mantener un seguimiento técnico en todo el proceso de cultivo, curado y secado, así como también manejar técnicas de aprovechamiento y las posibilidades que presenta cada mancha de guadúa (Tandazo Regalado y Flores Diaz, 2012).

Según Burneo (2001), citado por Encalada (2016), la mayor industrialización enfocada en el aprovechamiento de la caña guadúa se ha llevado a cabo en países de Asia como China, Filipinas e Indonesia, con el fin de mantener en constante desarrollo los sistemas constructivos con este material. La producción masiva puede ser de gran importancia para la sociedad debido a que se motiva el campo económico.

En Ecuador, miembros de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, asesorados por la Escuela Superior Politécnica del Litoral crearon el proyecto “Planta Piloto de Investigación, Producción, y Transferencia Tecnológica en Uso de Ecomateriales Innovadores para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo” en la que el principal material de investigación es la guadúa. La motivación de incursionar en el campo investigativo de tableros prefabricados con ecomateriales por parte del Arq. Morán Ubidia parte del hecho de querer trabajar y motivar la utilización de materiales ecológicos y económicos propios de una región o localidad (Encalada Nuñez, 2016).

Es así que los ecomateriales se posicionan como una alternativa constructiva en la que se han disminuido los costos de producción, contaminación y energía incorporada en la producción, siendo esta última primordial para catalogar un material como ecológico. De los elementos obtenidos en esta planta de investigación han surgido cuatro ejemplares: (Altamirano & Cueva, 2011).

Ecubam. Los tableros Ecubam toman su nombre de “Ecuador y Bambú” y están conformados por tres capas de caña picada o esterilla. La esterilla pasa por un proceso de secado y una vez lista se colocan las diferentes capas encoladas a modo de traba y sometidas a presión. El producto final son tableros rígidos y resistentes, considerado una madera dura, cuyo formato de 1.22m x 2.44m y espesor de 2 a 3.5cm conforman un solo objeto que puede ser utilizado en pisos, tabiques, puertas, muebles, componentes estructurales.



FIGURA 1.43: Tablero Ecubam.

Fuente: Plataforma Altamirano & Cueva, (2011).

Plasbam. Se trata de medias cañas aplastadas longitudinalmente, el objeto es conseguir que no se separen. Se conforma de dos piezas encoladas presionadas en una prensa caliente para conseguir el tablero, este puede utilizarse en pisos, paredes, puertas y elementos estructurales. Las dimensiones del tablero son 1.22m x 2.44m y espesor de 2 a

3.5cm (Encalada Nuñez, 2016).

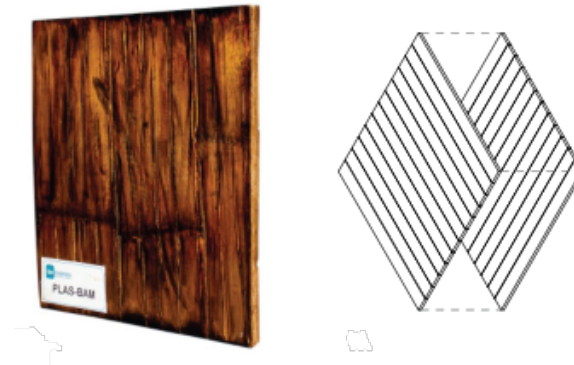


FIGURA 1.44: Tableros Plasbam.

Fuente: Plataforma Altamirano & Cueva, (2011).

Esterbam. Se trata de un tablero ligero conformado por cintas entretrejidas de 0.1 mm de espesor por 10mm de ancho que conforman una estera. Al igual que los elementos antes descritos, las piezas se encolan y se prensan para formar el elemento. El esterbam se realiza en un formato de 1.22m x 2.44m con espesor de 1 a 1.5cm, puede utilizarse para cielos rasos, puertas, muebles, paneles decorativos y elementos estructurales.

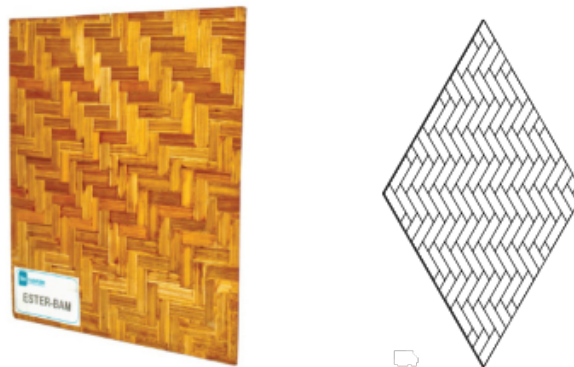


FIGURA 1.45: Esterbam.

Fuente: Plataforma Altamirano & Cueva, (2011).

Tripbam. Se trata del producto resultante de la cara inferior o tripa de la caña que se aplasta hasta conseguir un tablero ligero de 1.22m x 2.44m con espesor de 1 a 1.5cm. Debido a su composición su uso se limita a cielos rasos, recubrimiento de muebles, tableros decorativos y puede llegar a ser parte de capas intermedias de los tableros descritos anteriormente.

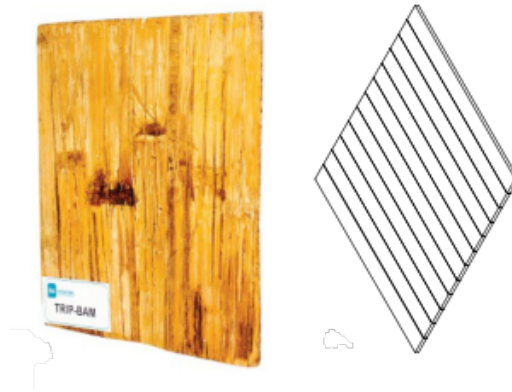


FIGURA 1.46: Tableros Tripbam.

Fuente: Plataforma Altamirano & Cueva, (2011).

Los tableros generados en la investigación liderada por el Arq. Jorge Morán Ubidia marcan un punto innovador en cuanto a los elementos que se pueden obtener empleando como materia prima la caña guadúa, permitiendo idear sistemas combinados de bajo impacto ambiental y económico que a su vez representen un alto nivel estético y valor cultural.

1.3.4. CONSTRUCCIÓN MODULAR

El principio de la construcción modular se basa en una “unidad fundamental de medida del sistema modular que controla las dimensiones de los elementos y espacios en una edificación (...) además de una unidad de medida, es un coeficiente numérico, debido a que el resto de dimensiones deberán ser múltiples de éste” (Altamirano & Cueva, 2011).

Para determinar un módulo básico se tienen en cuenta diversas condicionantes, entre ellas las “las medidas del cuerpo humanos, el uso de la edificación, los materiales existentes y el mobiliario” a usar (Altamirano & Cueva, 2011).

Por otro lado, según Encalada (2016) se consideran construcciones modular las que han sido diseñadas y planificadas desde el inicio del proyecto siguiendo las características que define la construcción modular, las cuales establecen los siguiente:

- “Realización de estructuras mayores en ambientes controlados, diferentes a la localización final de la obra.
- Construcción con menor humedad.
- Flexibilidad de montaje.
- Facilidad de armado.
- Economía en tiempos de ejecución, que se traduce a economía monetaria.

- Fácil reemplazo de las partes.
- Posibilidad de crecimiento.
- Transporte a obra acorde a un plan de logística y montaje.”

Por otro lado, Encalada (2016) entre las ventajas de la construcción industrializada resaltan:

- Ahorro de tiempo, esto debido a la producción fuera de obra.
- No es necesario contratar mano de obra especializada.
- Según Roper Rago (2013) citado por Encalada (2016) la construcción modular puede llegar a representar un 20 % de ahorro con respecto a la construcción tradicional.
- Ahorro de recursos al aplicar sistemas ecosostenibles.
- Mínimo porcentaje de desperdicios y control y reciclado de los mismos.
- Versatilidad constructiva y de ampliación ya que permite acoplar nuevos módulos.

Las ventajas del sistema modular permiten el aprovechamiento óptimo de los recursos y materiales puestos en obra desde la etapa de planificación. La factibilidad de este sistema combinado con los ecomateriales o derivados de la caña guadúa contribuyen a la ejecución de obras de menor impacto económico y alto nivel de confort, pudiendo generar propuestas de viviendas en condiciones óptimas de habitabilidad.

2.1. ANÁLISIS DE SITIO

2.1.1. ANTECEDENTES

El cantón Yantzaza es el cuarto cantón creado en la provincia de Zamora Chinchipe, su nombre es de origen Shuar y se compone de dos palabras:

“Yantsa = Luciérnaga”

“Entsa = Quebrada o río de las luciérnagas”

Posteriormente y con la castellanización del término la palabra evolucionó hasta convertirse en la palabra que se conoce en la actualidad: Yantzaza, conocida como El Valle de las Luciérnagas (GAD de Yantzaza, s.f.).

El territorio sobre el cual surgió el cantón perteneció a los jíbaros Martín Ayuy, Carlos Shacay y Andrés Inkoswy (Inkasuy), el área estaba dividida entre estos tres guerreros que ocupaban las zonas para la casería. El traspaso de las tierras de la comunidad shuar a los colonos fue un tema estratégico, más que monetario, ya que los nativos al desconocer el valor de la moneda cambiaron sus tierras por cosas que les llamaban la atención como “escopetas, espejos, vestidos” entre otros (GAD de Yantzaza, s.f.).

Uno de los principales atractivos económicos del cantón Yantzaza es la presencia del oro, mineral que ha sido explotado desde los primeros colonos, quienes resguardados en las riberas del río Zamora construyeron sus chozas de “palma, pindo y guadua” para habitar los días de trabajo, ya que, debido a la concepción natural de la zona, esta era solo una zona de explotación y los lugares para gastar los beneficios económicos eran “Loja o Cuenca” (GAD de Yantzaza, s.f.).

En los años 50 llega a Yantzaza, con tan solo 12 años de edad, siendo huérfano y oriundo de la provincia del Azuay, Jacinto Quezada quien se convierte en el primer habitante colonizador. Posteriormente, con la participación de los mineros José Arcentales, Sabino Romero y Celso Torres en 1953 se establece el barrio de Yantzaza (GAD de Yantzaza, s.f.).

Entre 1956 y 1957 el incremento de la población era notorio, sin embargo, la población construía sus viviendas de forma agrupada, esto con el fin de mantenerse unidos ante el ataque de serpientes o tigres de la zona (GAD de Yantzaza, s.f.).

En 1961, con ayuda de Monseñor Jorge Mosquera, se construyó la primera escuela de Yantzaza en la que la educación era Municipal y se enseñaba a nueve niños colonos y dos shuaras. En 1963 pasó a ser una institución fiscal, adoptando el nombre “General Rumiñahui” nombre que conserva hasta la actualidad (GAD de Yantzaza, s.f.).

Conforme pasaba el tiempo la población seguía aumentando, debido a ello y mediante mingas dirigidas por el señor Jacinto Quezada se realizó la apertura de la primera calle. En 1965, el equipo caminero de Obras Públicas realiza la carretera y algunas transversales (GAD de Yantzaza, s.f.).

El 30 de octubre de 1968, con Registro Oficial del 19 de noviembre del mismo año, Yantzaza obtuvo la categoría de parroquia (GAD de Yantzaza, s.f.).

Posteriormente y tras una preparación de al menos cinco años, el 26 de febrero de 1981 se creó el Registro Oficial de la cantonización de Yantzaza (GAD de Yantzaza, s.f.).

2.2. UBICACIÓN

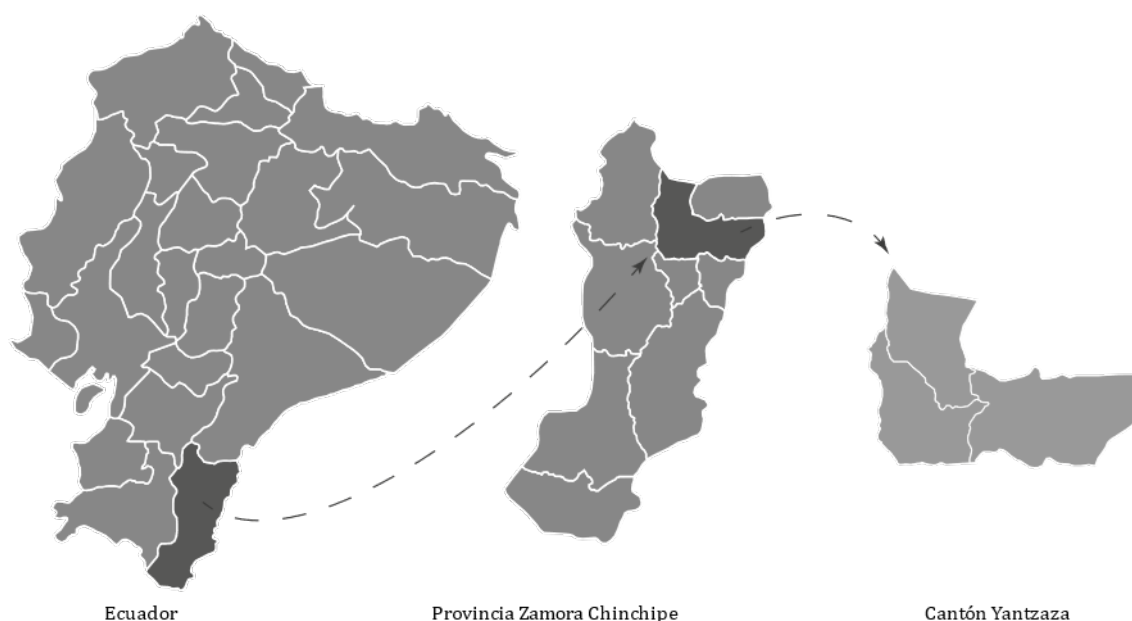


FIGURA 2.1: Ubicación Yantzaza.

Fuente: Google Maps, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

El cantón Yantzaza, cuya cabecera cantonal es la parroquia Yantzaza, se encuentra ubicado en la Región Amazónica de Ecuador, en la provincia de Zamora Chinchipe. El

sitio se localiza a 3°50'15" sur y 78°45'15" oeste, con una altura de 783 m.s.n.m. (Ochoa G. y Valarezo García, 2014).

2.3. CLIMA

Según Ochoa & Valarezo (2014), el clima de Yantzaza se caracteriza por ser un clima tropical húmedo.

En cuanto a la temperatura, para el cantón Yantzaza no existen datos específicos, sin embargo, el PDOT (2015) establece que el clima de Zamora Chinchipe es muy variado debido a los diferentes pisos altitudinales y climáticos, siendo 28°C la temperatura promedio de la provincia.

Con el fin de definir y obtener datos actualizados sobre la temperatura promedio del cantón se recurre al uso de fuentes de información alternas como la base de datos de Meteoblue y Weatherspark, de las cuales se obtiene lo siguiente:

2.3.1. TEMPERATURAS MEDIAS Y PRECIPITACIONES

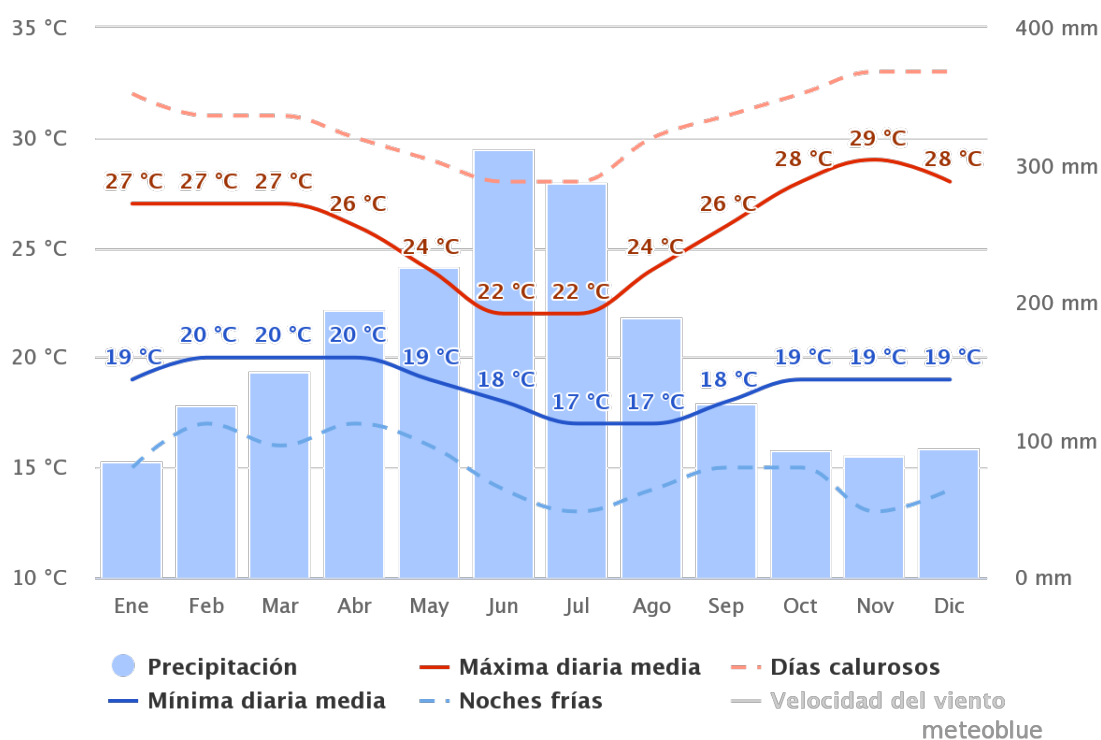


FIGURA 2.2: Temperaturas medias y precipitaciones.

Fuente: www.meteoblue.com, (2020). **Recuperado de:** https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/yantzaza_ecuador_3650053

Los datos reflejados en el gráfico obtenido de Meteoblue establece un promedio de temperatura alta entre los 22^oC y los 29^oC, mientras que la mínima oscila entre los 17^oC y los 20^oC.

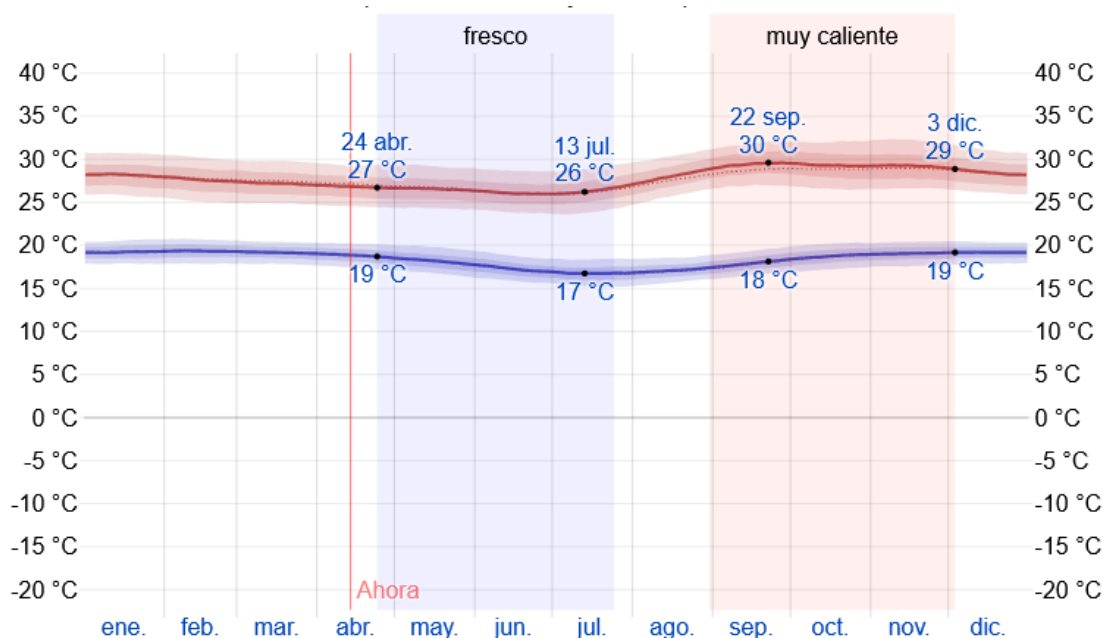


FIGURA 2.3: Temperatura máxima y mínima promedio.

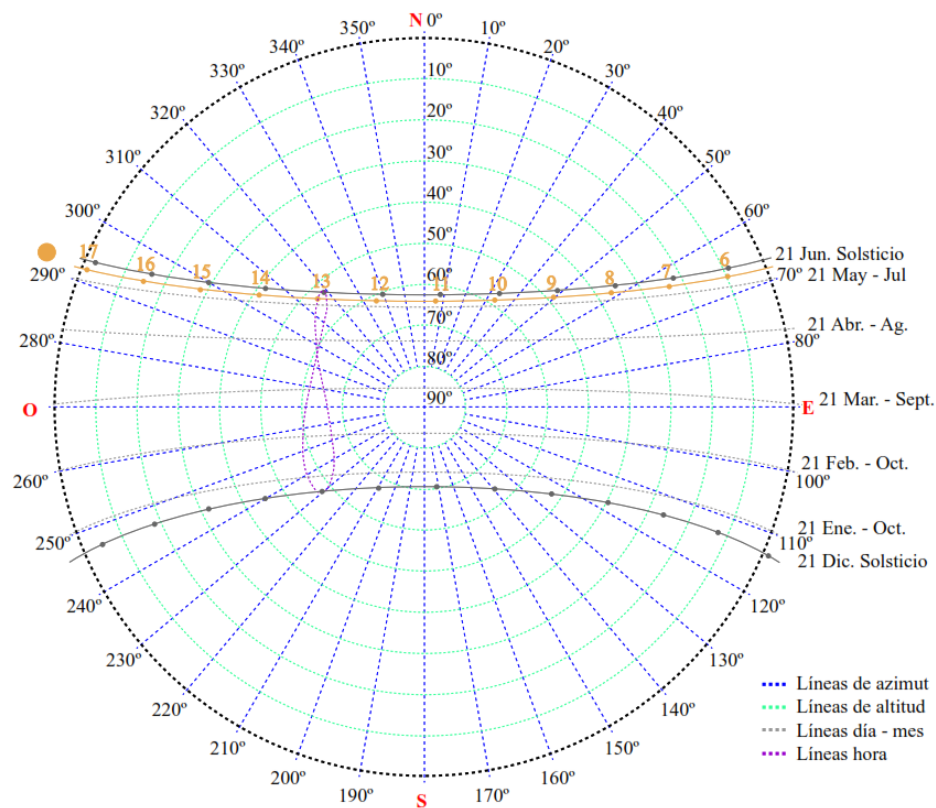
Fuente: www.weatherspark.com, (2020). **Recuperado de:** <https://es.weatherspark.com/y/20008/Clima-promedio-en-Yantzaza-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>

2.3.2. TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PROMEDIO

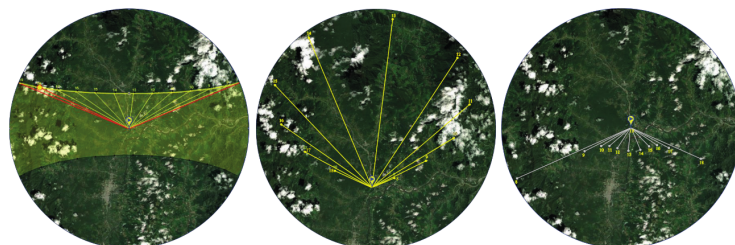
Los datos obtenidos en el gráfico de Weatherspark evidencian que la temperatura promedio alta del cantón Yantzaza oscila entre los 27^oC y los 30^oC, mientras que la temperatura promedio baja se encuentra entre los 17^oC y los 19^oC.

Una vez se han analizados los datos obtenidos en las dos plataformas mencionadas anteriormente se puede definir que considerando los requerimientos de cultivo de la caña guadúa, el cantón Yantzaza cuenta con el rango de temperatura promedio idóneo para el cultivo de guaduales destinados a la construcción.

2.4. SOLEAMIENTO



La imagen 2.4 corresponde a la estereográfica solar de latitud $3^{\circ}50'15''$ y longitud $78^{\circ}45'15''$, ubicación en la cual se encuentra el Cantón Yantzaza. En esta se pueden observar las líneas de día – mes, en los cuales se resalta los solsticios de invierno y verano, así como las líneas de azimut y altitud que permiten identificar la posición solar.



En la imagen 2.5 se puede observar el comportamiento solar con respecto a la ubicación del cantón Yantzaza. Mediante este análisis se puede determinar que las fachadas ubicadas en la orientación este, norte y oeste recibirán una incidencia solar e iluminación directa debido a que los rayos solares se dispersan desde el Este, Noreste, Norte, Noroeste y Oeste, mientras que las fachadas orientadas hacia el sur tienen una iluminación directa con incidencia de sombra, proyectándose esta en dirección Sureste, Sur y Suroeste.

2.5. VIENTOS

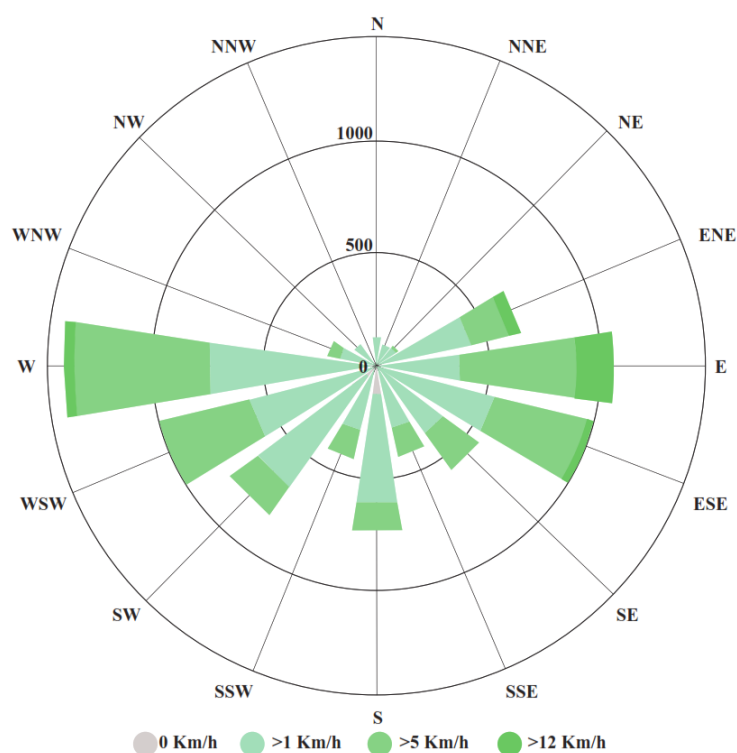


FIGURA 2.6: Rosa de los vientos.

Fuente: www.meteoblue.com, (2020). **Recuperado de:**
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/yantzaza_ecuador_3650053
 p

En la rosa de los vientos del cantón Yantzaza se puede observar que estos tienen una mayor predominancia de circulación en sentido oeste – este, seguidos de los vientos en sentido este – oeste. Por otro lado, existen vientos en sentido suroeste – noreste y sureste – noroeste.

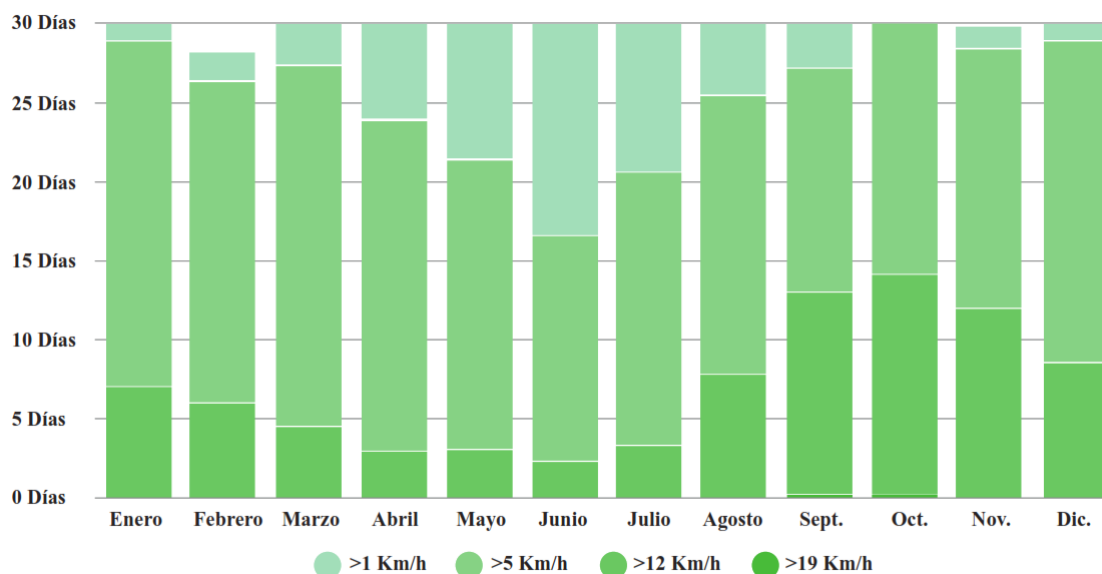


FIGURA 2.7: Velocidad de los vientos.

Fuente: www.meteoblue.com, (2020). **Recuperado de:** https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/yantzaza_ecuador_3650053

La velocidad de los vientos, expresados en días por mes, evidencian una mayor predominancia de vientos mayores a los 5 Km/h, seguidos de los vientos mayores a 12 Km/h y en menor porcentaje los vientos mayores a 1 Km/h y los vientos mayores a 19 Km/h en pequeña presencia durante los meses de septiembre y octubre.

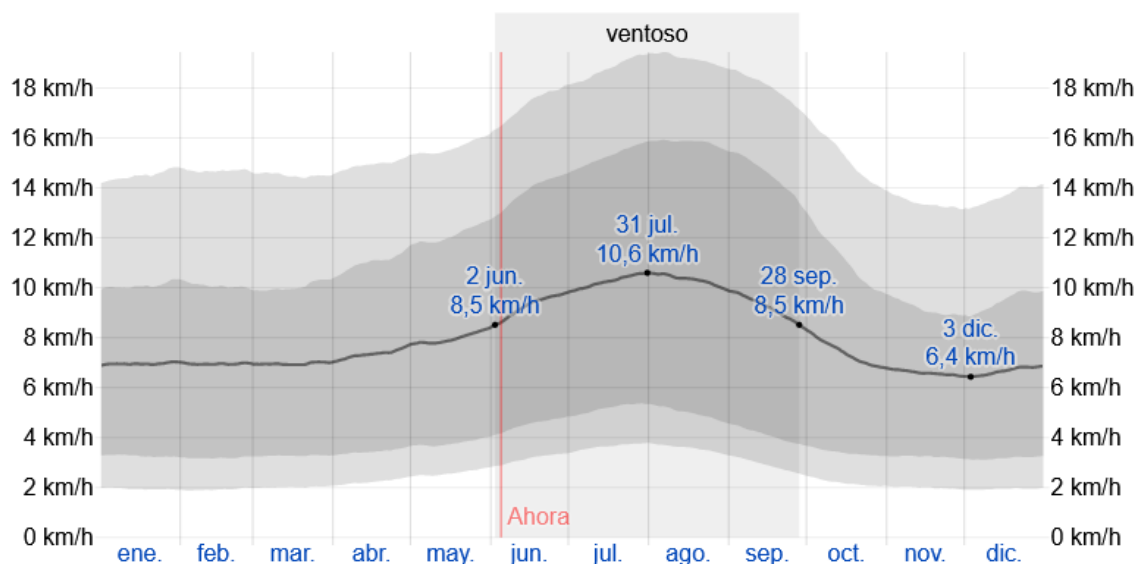


FIGURA 2.8: Velocidad promedio del viento.

Fuente: www.weatherspark.com, (2020). **Recuperado de:** <https://es.weatherspark.com/y/20008/Clima-promedio-en-Yantzaza-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

De igual modo, en el gráfico obtenido de Weatherspark se puede observar el promedio de la velocidad de los vientos en el Cantón Yantzaza, observándose una predominancia de los vientos menores a los 14 Km/h en los meses de octubre a mayo y un incremento de velocidad en los meses de junio a septiembre, llegando a superar los 18 Km/h.

2.6. ENTORNO NATURAL

2.6.1. ESPECIES FORESTALES

Debido a la ubicación geográfica del sitio de análisis, existe un sin número de especies vegetales de diversos tamaños, usos y características botánicas, sin embargo, siguiendo el carácter técnico del estudio se ha tenido en cuenta las especies forestales madereras utilizadas en la construcción.

Bella María

Tabla 2.1: DESCRIPCIÓN ESPECIE BELLA MARÍA.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Bella María	Vochysia guianensis Aubl.	Vochysiaceae	Amazonía. Crece entre los 0 y 800 msnm. Provincias: Sucumbíos, Zamora Chinchipe, entre otras.	Muebles Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).

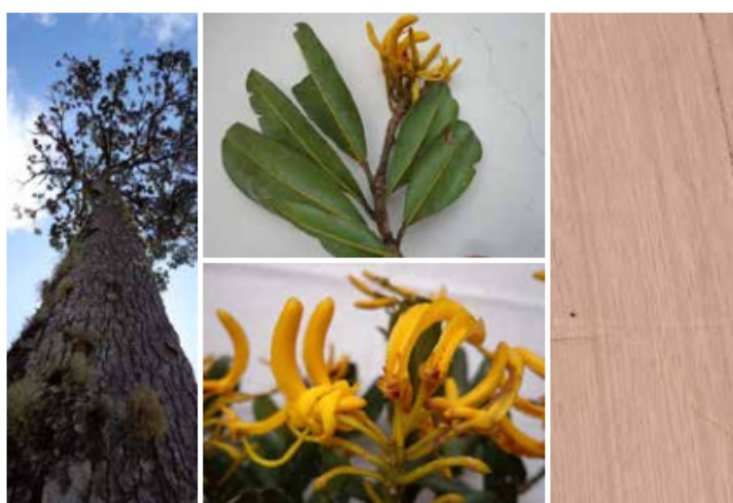


FIGURA 2.9: Bella María.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Cacho

Tabla 2.2: DESCRIPCIÓN CACHO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Cacho	Pouteria torta (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	Costa y Amazonía. Crece entre los 0 a 1000 msnm. Provincias: Zamora Chinchi, Los Ríos, entre otros.	Muebles Vigas de techos Encofrados.

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.10: Cacho.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Canelo

Tabla 2.3: DESCRIPCIÓN CANELO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Canelo	Endlicheria sericea Ness	Lauraceae	Amazonía y Andino. Crece entre 0 a 2500 msnm. Provincias: Carchi, Esmeraldas, Zamora Chinchipe, entre otros.	Muebles Encofrados.

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.11: Canelo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Cedrillo

Tabla 2.4: DESCRIPCIÓN CEDRILLO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Cedrillo	Cabralea canjerana	Meliaceae	Árbol nativo Andino y Amazonía. Crece entre 0 y 2000 msnm. Provincias: Napo, Pastaza, Chinchipe.	Muebles Sustituta del cedro

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.12: Cedrillo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Cedro

Tabla 2.5: DESCRIPCIÓN CEDRO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Cedro	Cedrela fissilis Vell.	Meliaceae	Amazonía. Crece entre 0 y 500 msnm. Provincias de Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.	Muebles Puertas Ventanas Contramarcos Chapas decorativas Artesanías

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.13: Cedro.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Cedro Amargo

Tabla 2.6: DESCRIPCIÓN CEDRO AMARGO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Cedro Amargo	Simarouba amara	Simaroubaceae	Árbol nativo. Crece entre los 200 y 1200 msnm. Provincias: Bolívar, Carchi, El Oro, Esmeraldas, Los Ríos, Zamora Chinchipe, entre otros.	Muebles Estructuras Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.14: Cedro Amargo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Copal

Tabla 2.7: DESCRIPCIÓN COPAL.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Copal	Dacryodes peruviana	Burseraceae	Amazonía y Andino. Crece entre los 0 y 1500 msnm Provincias: Morona, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe.	Muebles Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.15: Copal.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Copal Rosado

Tabla 2.8: DESCRIPCIÓN COPAL ROSADO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Copal Rosado	Protium macrophyllum	Burseraceae	Bosque tropical húmedo. Crece entre 0 y 800 msnm. Provincias: Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Napo y Sucumbíos.	Muebles Puertas Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.16: Copal Rosado.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Fruta de oso

Tabla 2.9: DESCRIPCIÓN FRUTA DE OSO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Fruta de oso	Eschweilera	Lecythidaceae	Árbol nativo de bosques húmedos. Crece entre los 200 y 1000 msnm. Provincias de Zamora Chinchipe, Morona Santiago y Pastaza	Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.17: Fruta de Oso.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Guadúa

Tabla 2.10: DESCRIPCIÓN GUADÚA.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Guadúa	Guadúa Angustifolia Kunth	Poaceae	Costa, Sierra y Oriente. Crece entre los 0 a 2600 msnm. Provincias como El Oro, Guayas, Pichincha, Manabí, entre otros.	Andamios Encofrados Construcción

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).

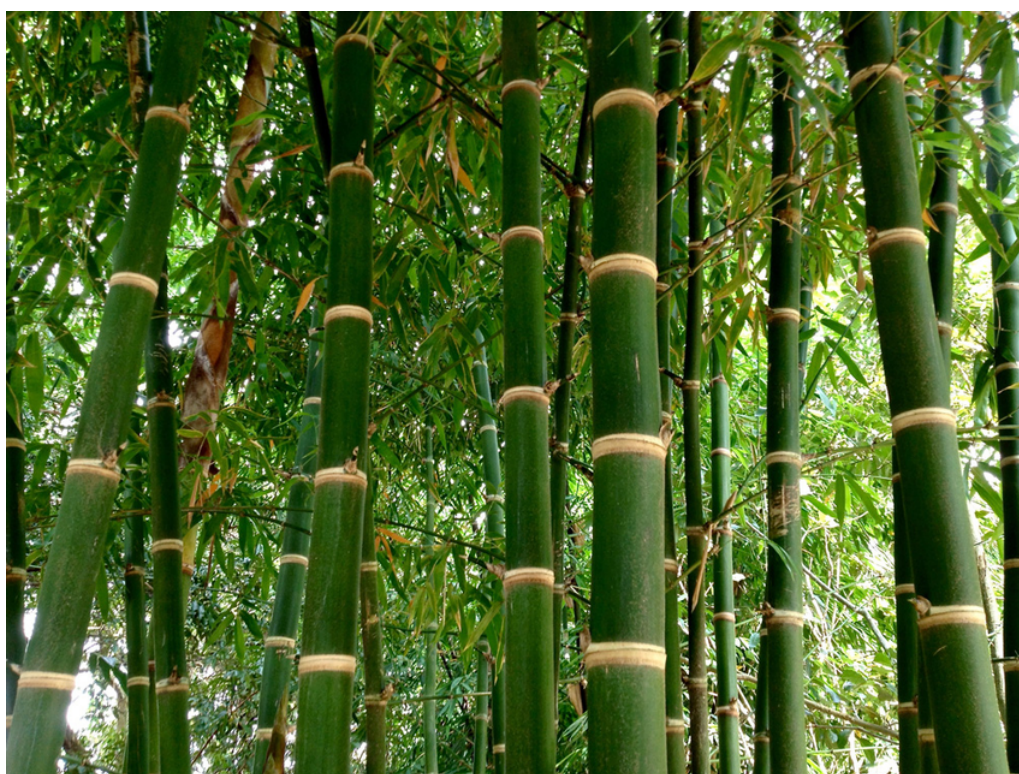


FIGURA 2.18: Guadúa.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Jigua

Tabla 2.11: DESCRIPCIÓN JIGUA.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Jigua	Ocotea	Lauraceae	Bosques húmedo tropical y pie montano. Crece entre los 400 y 1500 msnm. Provincias: Morona Santiago y Zamora Chinchipe.	Encofrados Muebles

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.19: Jigua.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Mata Palo

Tabla 2.12: DESCRIPCIÓN MATA PALO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Mata Palo	Pourouma bicolor Mart	Cecropiaceae	Costa, Andino y Amazonía. Crece entre los 0 y 2000 msnm. Provincias: Esmeraldas, Imbabura, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, entre otras.	Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.20: Mata Palo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Moral Bobo

Tabla 2.13: DESCRIPCIÓN MORAL BOBO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Moral Bobo	Clarisia racemosa	Moraceae	Costa y Andino. Crece entre los 500 y 1500 msnm. Provincias: Azuay, Bolívar, Cotopaxi, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, entre otros.	Vigas Soleras Columnas Cerchas Pisos Revestimiento Parquet

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.21: Moral Bobo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Pachaco

Tabla 2.14: DESCRIPCIÓN PACHACO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Pachaco	Schizolobium parahyba	Fabaceae	Costa, Andino y Amazonía. Crece entre 0 y 900 msnm. Provincias: Esmeraldas, Los Ríos, Morona Santiago, Napo, Pastaza y Zamora Chinchipe, entre otros.	Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.22: Pachaco.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Payanchillo

Tabla 2.15: DESCRIPCIÓN PAYANCHILLO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Payanchillo	Aniba muca	Lauraceae	Árbol nativo andino Crece entre los 1500 a 2000 msnm. Provincias: Loja y Zamora Chinchipe.	Muebles finos Cielos rasos

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.23: Payanchillo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Pituca

Tabla 2.16: DESCRIPCIÓN PITUCA.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Pituca	Clarisia racemosa	Moraceae	Costa, Andes y Amazonía. Crece entre los 0 y 1500 msnm. Provincias: Esmeraldas, Los Ríos, Morona Santiago, Pastaza, Pichincha, Zamora Chinchipe, entre otros.	Estructuras Vigas Pilares

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.24: Pituca.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Romerillo fino

Tabla 2.17: DESCRIPCIÓN ROMERILLO FINO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Romerillo fino	Prumnopitys montana	Podocarpaceae	Crece entre los 1500 a 4000 msnm. Provincias: Zamora Chinchipe, Cañar, Azuay y Loja.	Muebles de calidad Parquet Duela de pisos.

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.25: Romerillo fino.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Romerillo Mollón

Tabla 2.18: DESCRIPCIÓN ROMERILLO MOLLÓN.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Romerillo Mollón	Retrophyllum rospigliosii	Podocarpaceae	Amazonía. Crece entre los 500 y 1000 msnm. Provincias: Napo, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.	Muebles Construcción

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.26: Romerillo Mollón.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Romerillo Olivo

Tabla 2.19: DESCRIPCIÓN ROMERILLO OLIVO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Romerillo Olivo	Podocarpus oleifolius	Podocarpaceae	Nativo de los Andes. Crece entre los 2000 y 3500 msnm. Provincias: Azuay, Imbabura, Loja, Bolívar y Zamora Chinchipe.	Muebles Pisos Estructuras

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.27: Romerillo Olivo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Sangre Buena

Tabla 2.20: DESCRIPCIÓN SANGRE BUENA.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Sangre buena	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H. Gentry	Myristicaceae	Nativo de la Amazonía. Crece entre 0 a 1000 msnm. Provincias de Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe.	Muebles Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.28: Sangre Buena.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Sacha Romerillo

Tabla 2.21: DESCRIPCIÓN SACHA ROMERILLO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Sacha Romerillo	Albizia	Fabaceae	Crece entre los 200 y 1400 msnm Provincias: Zamora Chinchipe y Morona Santiago	Muebles finos Estructuras de muebles.

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.29: Sacha Romerillo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Sambo

Tabla 2.22: DESCRIPCIÓN SAMBO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Sambo	Pachira cf. insignis	Malvaceae	Crece entre los 0 a 1000 msnm Provincias: Napo, Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.	Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.30: Sambo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Tachuelo

Tabla 2.23: DESCRIPCIÓN TACHUELO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Tachuelo	Zanthoxylum riedelianum	Rutaceae	Nativo de la Costa y Amazonía. Crece entre los 0 a 500 msnm. Provincias: Bolívar, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Napo, Pastaza y Zamora Chinchipe, entre otros.	Vigas Encofrados Puertas Muebles

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.31: Tachuelo.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Yanza

Tabla 2.24: DESCRIPCIÓN YANZAO.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Yanza	Guarea kunthiana A. Juss	Meliaceae	Nativo de la Costa y Amazonía. Crece entre los 0 a 1000 msnm. Provincias: Azuay, Bolívar, Carchi, Los Ríos, Napo, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, entre otros.	Muebles Encofrados

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.32: Yanza.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Yumbingue

Tabla 2.25: DESCRIPCIÓN YUMBINGUE.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Yumbingue	Terminalia amazonia	Combretaceae	Nativo de la Costa y Amazonía. Crece en provincias como: Esmeraldas, Morona Santiago, o Zamora Chinchipe, entre los 0 a 500 msnm.	Muebles

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.33: Yumbingue.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Zeique

Tabla 2.26: DESCRIPCIÓN ZEIQUE.

Nombre	N. Científico	Familia	Zona geográfica	Uso
Zeique	Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke	Fabaceae	Árbol nativo de la Amazonía, se desarrolla en la provincias de Morona Santiago, Napo, Pastaza, Sucumbíos, Zamora Chinchipe, entre los 0 a 1000 msnm	Muebles Vigas Ventanas Cajas

Fuente: Jorgensen y León Yáñez, 1999 citado por Aguirre – Mendoza, Loja, Solano & Aguirre, (2015). **Elaboración:** Autor, (2020).



FIGURA 2.34: Zeique.

Fuente: Especies forestales más aprovechadas del sur del Ecuador, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020)

Mediante la recopilación bibliográfica se ha podido obtener información de al menos veinte y seis ejemplares madereros disponibles en la flora de la provincia de Zamora Chinchipe. Estas especies son utilizadas en la construcción, los usos varían según la resistencia de cada uno y se emplean desde la fabricación de andamios artesanales, construcción de estructuras para viviendas, cubiertas, elaboración de carpintería y acabados.

2.6.2. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

Entre los requerimientos de cultivo de la caña guadúa se encuentran los pisos altitudinales, ya que estos deben estar entre los 0 msnm hasta los 2600 msnm. Según datos de PDOT (2015), Yantzaza presenta una gran variedad de relieves topográficos en su extensión territorial, estos se encuentran desde los 800 msnm en la parte nororiental siguiendo la orilla del río Zamora, hasta los 3200 msnm en la Cordillera de Sadal ubicada en la zona noroccidental, sin embargo, este último piso altitudinal representa 531 ha, es decir, el 1 % del territorio.

Tabla 2.27: PISOS ALTITUDINALES.

Piso Altitudinal	Rango de altura	Área (ha)	%
Premontano	700 - 1500	62166	61
Montano Bajo	1500 - 1900	27847	27
Montano	1900 - 2800	1207,7	11
Montano Alto	2800 - 3600	531	1
Total			100

Fuente: IEE según PDOT, (2015). Elaboración: Autor, (2020).

La distribución de estos pisos altitudinales se puede observar de mejor manera en la imagen 76, en la cual se evidencia la predominancia del piso Premontano y en menor cantidad el Montano Bajo.

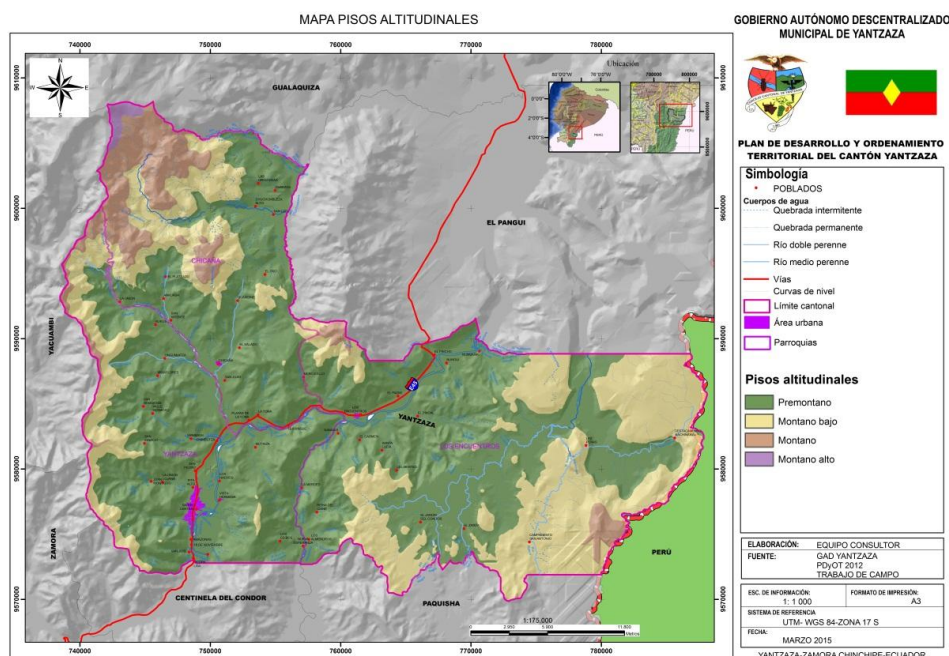


FIGURA 2.35: Pisos altitudinales.

Fuente y Elaboración: IGM. Recuperado de: PDOT Yantzaza, (2015)

Finalmente, teniendo en cuenta los requerimientos presentados anteriormente y las características topográficas del lugar, se establece que la provincia de Zamora Chinchipe y por ende el Cantón Yantzaza, presentan las condiciones climáticas y relieve idóneos para la producción y explotación de la caña guadúa.

2.7. ENTORNO CONSTRUIDO

2.7.1. ORDENANZA LOCAL

La ordenanza local vigente sirve de guía reguladora para establecer los lineamientos a cumplir en la construcción, uso y ocupación del suelo. Es importante resaltar ciertos aspectos puntuales a cumplir con la propuesta de diseño en la cual se demuestre la aplicación del sistema constructivo.

El PDOT (2019) del cantón Yantzaza establece que para que una construcción sea catalogada como unidad de vivienda debe tener como mínimo sala de estar, un dormitorio, cocina, cuarto de baño y área de servicio.

Además, el área mínima para cada ambiente es:

Tabla 2.28: ÁREA MÍNIMA POR AMBIENTE.

Área mínima por ambiente		
Ambiente	Área mínima	Lado mínimo
Sala de estar	7,30 m ²	2,70m
Comedor	7,30 m ²	2,70m
Cocina	4,50 m ²	1,50m
Baños	2,50 m ²	1,20m
Área de servicio	2,25 m ²	1,50m
Área de secado	3 m ²	1,50m
Dormitorio	8,10 m ²	2,70 m

Fuente: IEE según PDOT, (2020). **Elaboración:** Autor, (2020).

Otras condicionantes establecidas en el PDOT (2020) a tener en cuenta son las siguientes:

- La altura mínima de los espacios habitables será de 2.55m
- Para las ventanas de iluminación se considera el 15 % del área total del espacio y las de ventilación el 5 %.
- Las escaleras tendrán un ancho de 1m con huella de 28cm y contrahuella de 18cm.
- Los pasamanos deben tener una altura de 0.85m.

- Las puertas deben tener una altura mínima de 2m y un ancho mínimo de 0.90m para el acceso principal, 0.80m para dormitorios, salas y comedores, 0.85m para cocinas y áreas de servicio y 0.70m para baños
- Los dormitorios deben tener un closet de 0.72 m^2 mínimo con un ancho mínimo de 0.60m.
- El área mínima de la ducha es de 0.65m² con un lado mínimo de 0.80m
- La separación entre las piezas sanitarias debe ser de 10cm; la separación entre la pared lateral y las piezas debe ser 15cm y la separación entre la pieza sanitaria y la pared frontal debe ser de mínimo 65cm.

2.7.2. LA VIVIENDA EN YANTZAZA

En el cantón Yantzaza se puede evidenciar viviendas de diversas características externas e internas, todo depende de la zona en la que esta se encuentre y el poder adquisitivo del usuario. Las edificaciones ubicadas en el centro del cantón y los centros parroquiales tienen una tendencia generalmente combinada de uso administrativo, comercio, hospedaje turístico y vivienda y cuentan en su mayoría con todos los servicios básicos. Por otro lado, aquellas que se encuentran hacia los barrios periféricos del centro tienen una tendencia orientada a la vivienda, pequeñas tiendas de comestibles y generalmente no cuentan con todos los servicios básicos.

Con el fin de conocer a mayor profundidad las condiciones de las viviendas del cantón Yantzaza se obtiene información de las bases de datos oficiales del estado, sin embargo, para complementar dichos datos se plantea la aplicación de una encuesta.

La siguiente encuesta está enfocada en recabar información actual y real sobre las condiciones de vivienda del cantón Yantzaza en función de la tenencia de la vivienda, labor que desempeña los usuarios, composición espacial, tipología, número de personas y familias que habitan en una misma vivienda, horas de ocupación y características tecnológicas. Estos datos permiten analizar condiciones de habitabilidad de la población, favoreciendo la identificación de ejes a considerar en el planteamiento de una propuesta enfocada en responder sus necesidades. De este modo, datos como el desempeño laboral o número de integrantes por familia establecen ejes a considerar en el planteamiento de la composición espacial, mientras que características como la tenencia de la vivienda y número de familias por vivienda establecen la necesidad de generar una alternativa constructiva enfocada en otorgar un espacio digno de habitabilidad a la población con miras hacia la mitigación de hacinamiento.

Por otro lado, las características tecnológicas, así como el número de pisos, permiten identificar la preferencia constructiva de la población, lo que facilita abstraer y combinar materiales constructivos utilizados en la zona con el sistema constructivo planteado.

A continuación se detalla la encuesta aplicada para obtener lo anteriormente descrito:

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA DEL CANTÓN YANTZAZA

La presente encuesta tiene como objetivo obtener información sobre las características de la vivienda del cantón Yantzaza, con el fin de utilizar la misma para fines académicos.

Agradecemos su honestidad en cada una de las preguntas y su participación.

1. Parroquia a la que pertenece

Yantzaza Los Encuentros Chicaña

2. La tenencia de su vivienda es:

Propia Alquilada Prestada

3. ¿Cuál es su ocupación laboral?

4. ¿Dónde desempeña sus actividades laborales?

5. Seleccione las actividades que realiza con mayor frecuencia en su vivienda

Actividades básicas (Descansar, comer, dormir)

Reuniones familiares

Trabajar

Crianza de animales domésticos

6. Marque los espacios con los que cuenta su vivienda

Sala Dormitorio Simple

Cocina Baño social

Comedor Baño completo

Cocina-comedor un solo ambiente Inodoro

Sala-comedor un solo ambiente Inodoro y ducha

Sala-comed.-coc. Un solo ambiente Lavandería

Sala-comed.-coc.-dorm. Un solo ambiente Patio

Dormitorio master (con baño privado) Garaje

7. ¿Cuántos dormitorios, incluido el dormitorio master, tiene su vivienda?

0 1 2 3 4 5

8. ¿Cuántos baños completos tiene su vivienda?

0 1 2 3 4 5

9. Aproximadamente, su vivienda tiene un área de:

Menos de 50 m² 101 a 150 m²

50 a 100 m² Más de 150 m²

10. ¿Cuántos pisos tiene su vivienda?

1 2 3 4 5

11. La tipología de vivienda es:

Vivienda Unifamiliar

Vivienda Multifamiliar Departamento

Mini departamento

Habitación individual

12. ¿Cuántas familias habitan en la vivienda?

13. ¿Cuántas personas habitan en su vivienda?

14. ¿Cuántas horas al día permanece en la vivienda la persona que más tiempo pasa ahí?

2 – 4 horas Todo el día

4 – 6 horas Sólo en la noche

6 – 8 horas

15. ¿Cuál es la materialidad de su vivienda?

Estructura

Estructura de hormigón Estructura de madera con pilotes

Estructura de madera Estructura mixta madera/cemento

Paredes

Paredes de ladrillo Paredes de madera

Paredes de bloque Paredes de caña guadúa

Pisos

Pisos de cemento Pisos de madera

Pisos de cemento con recubrimiento Pisos de tierra

Cubierta

Terraza accesible de hormigón Techo de Eternit, teja Toledo o zinc

Terraza accesible con cubierta Teja artesanal

Terraza no accesible Cubierta de paja

16. Marque los servicios básicos con los que cuenta su vivienda

Alumbrado público

Internet Agua entubada de vertiente natural

Red de telefonía móvil Red de energía eléctrica

Red de telefonía fija Red de alcantarillado

Red de agua potable Recolección de basura

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Esta encuesta tiene como finalidad recabar información sobre la población, las características de la vivienda y servicios.

Además, para definir el tamaño de la muestra se aplica la fórmula estadística para calcular el tamaño de la muestra con una población finita:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

En donde:

N = Tamaño de la población o universo (4261 viviendas)

Z= Nivel de confianza (95 % = 1.96)

p= Probabilidad de éxito o proporción esperada (0,5)

q= Probabilidad de fracaso (1 - p = 0,5)

e= Precisión (error máximo admisible en términos de proporción; 5 %)

Cabe recalcar que para el presente estudio se toma en cuenta como tamaño de población o universo el número de viviendas debido a la orientación de la investigación. Es así que despejando la formula se obtiene:

$$n = \frac{4261 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times (4261 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} \quad n = \frac{4092.26}{11.61} = 352.47 \approx 353 \text{ encuestas.}$$

Finalmente, tras desarrollar el cálculo se obtiene que el número de encuestas a aplicar es de 353 encuestas, mismas que se desarrollaran en las viviendas de las tres parroquias del cantón Yantzaza.

2.7.3. CARACTERÍSTICAS ESPACIALES DE LA VIVIENDA

Según datos del Sistema Nacional de Información, basados en el Censo 2010, en el cantón existen 4261 viviendas particulares ocupadas, sin embargo, únicamente 2585 hogares de los 4340 hogares del cantón habitan en viviendas propias (SNI, 2010).

Además, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010) a nivel provincial, en Zamora Chinchipe la tipología de la vivienda y evolución de uso se puede clasificar del siguiente modo:

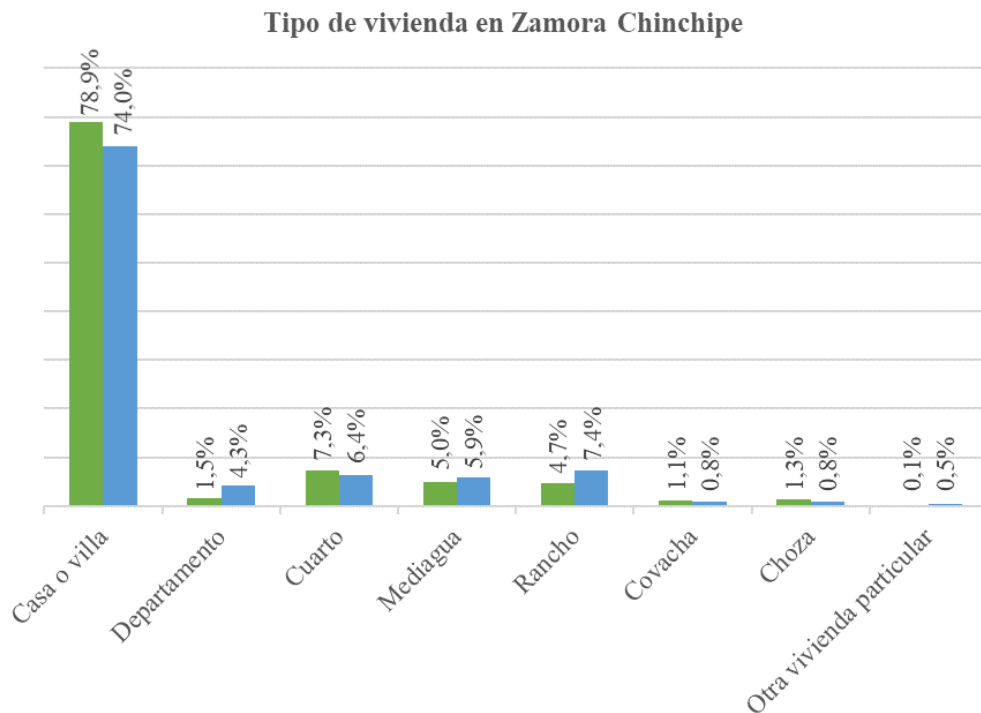


FIGURA 2.36: Tipo de vivienda en la provincia Zamora Chinchipe. .

Fuente: INEC, (2010). **Elaboración:** Autor, (2020).

Datos que se pueden evidenciar a nivel cantonal mediante un muestreo de 353 viviendas en los que se ha aplicado una encuesta orientada a recabar información respecto a diversas características de la vivienda y ocupación de la población.

En primera instancia se establece identificar la parroquia a la que pertenecen, con el fin de recabar información relacionada a las tres parroquias del cantón. Posteriormente se establecen datos como la tenencia de la vivienda, ocupación laboral, lugar de trabajo y horas de permanencia en la vivienda, datos que permiten conocer el diario vivir de la población local y su capacidad adquisitiva.

De este modo, al aplicar la encuesta sobre las características de la vivienda del cantón Yantzaza se obtienen los siguientes resultados:

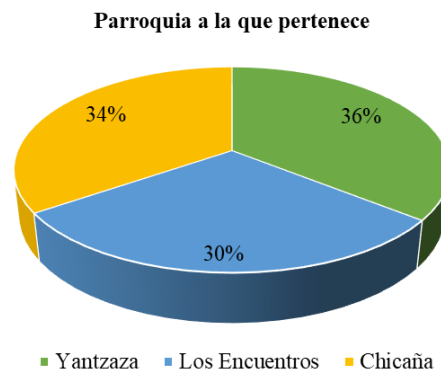


FIGURA 2.37: Parroquia a la que pertenece.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

De las 353 encuestas aplicadas en el cantón se obtuvo que el 36 % de la población pertenece a la cabecera cantonal, es decir, a la parroquia de Yantzaza, el 34 % a la parroquia de Chicaña y el 30 % a la parroquia Los Encuentros, obteniendo de este modo datos diversos que permitan identificar la realidad en todas las áreas del cantón.

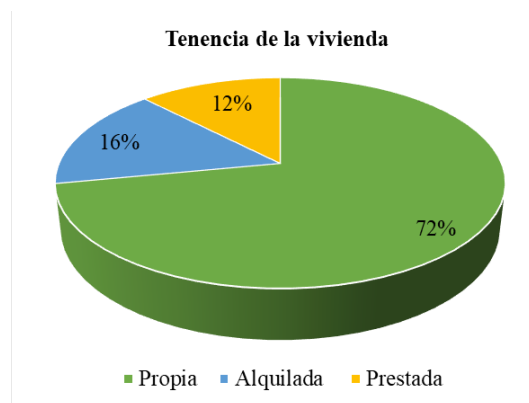


FIGURA 2.38: Tenencia de la vivienda.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En cuanto a la tenencia de la vivienda, el 72 % de la población ha expresado ser propietaria de su vivienda, mientras que un 16 % vive como arrendador y un 12 % de la población reside en una vivienda prestada.

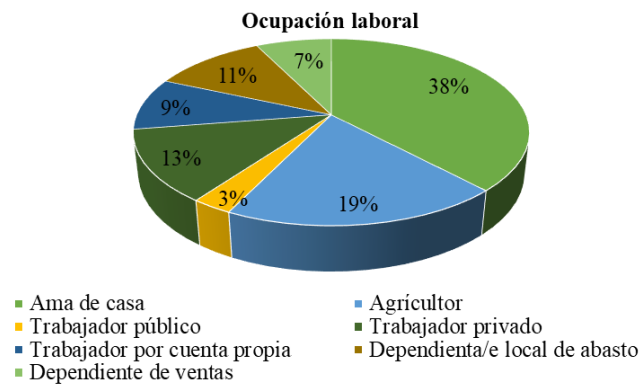


FIGURA 2.39: Ocupación laboral.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Con respecto a la ocupación laboral de la población encuestada se ha identificado que el 38 % son amas de casa; el 19 % se dedica a las labores de agricultura, ya sea en el domicilio o en fincas; el 13 % se desempeña como trabajador para empresas privadas; el 11 % trabaja como dependiente/e en locales de abastos (tiendas de comestibles ubicadas en las viviendas); el 9 % se dedica a trabajar por cuenta propia; el 7 % se desempeña como dependiente/e de ventas y el 3 % trabaja en el sector público.

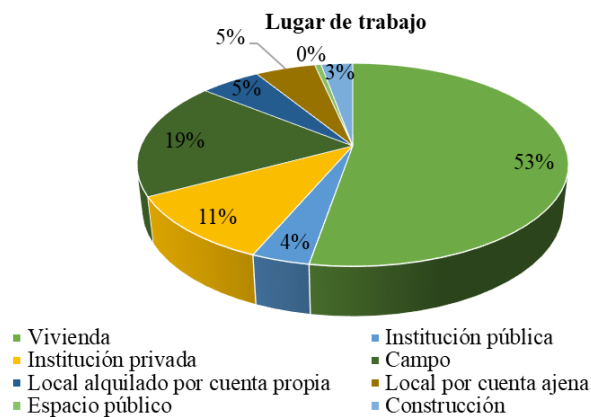


FIGURA 2.40: Lugar en el que desempeña sus actividades laborales.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Haciendo referencia por el lugar de trabajo el 53 % de los encuestados identificaron como lugar de trabajo su vivienda; el 19 % trabaja en el campo; el 11 % en instituciones privadas; un 5 % en locales alquilados por cuenta propia; otro 5 % en locales por cuenta ajena; un 4 % en institución pública; otro 3 % en construcción y menos del 1 % en el espacio público (puesto ambulante).

Una vez se ha identificado los apartados anteriores se plantea identificar las actividades realizadas frecuentemente en la vivienda y horas de permanencia de la persona que mayor tiempo se encuentra en el domicilio, con el fin de identificar las falencias predominantes

en las edificaciones del cantón y definir espacios específicos necesarios para el desarrollo cotidiano en condiciones óptimas, sin comprometer la calidad de vida en otras áreas de la vivienda. De este modo se obtienen los siguiente datos:

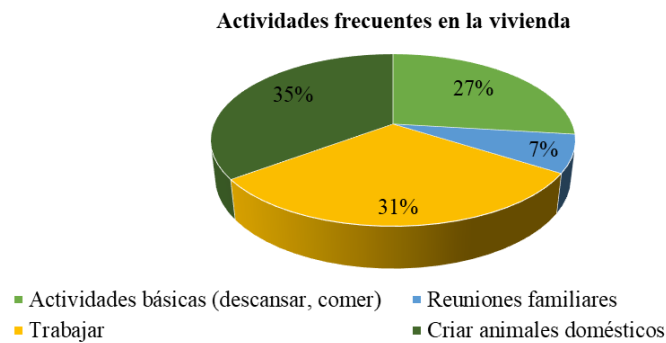


FIGURA 2.41: Actividades frecuentes en la vivienda.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Al preguntar sobre las actividades frecuentes se establece que el 35 % de la población se dedica a la crianza de animales domésticos; el 31 % de la población utiliza el espacio de la vivienda para trabajar; el 27 % de la población realiza actividades básicas y el 7 % realiza a menudo reuniones familiares.

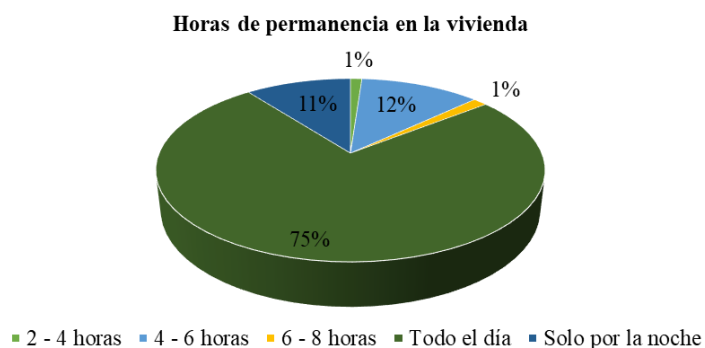


FIGURA 2.42: Horas de permanencia en la vivienda.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Por otro lado, identificar el número de horas de permanencia en las viviendas permite definir posibles espacios necesarios para desarrollar actividades diarias específicas. Es así que se pudo identificar que el 75 % de la población permanece en la vivienda durante todo el día, porcentaje relacionado a la ocupación laboral de la población y presencia de estudiantes, el 11 % acude a la vivienda únicamente por la noche a descansar, el 12 % permanece por un periodo de 4 a 6 horas y el 1 % por un lapso de 2 a 4 horas.

Una vez se han identificado las interrogantes anterior se realiza un definen los espacios actuales con los que cuenta la vivienda, con el fin de abstraer información sobre la calidad

de vida de la población. Es así que se obtienen los siguientes resultados, definidos por tipo de espacio o ambiente:

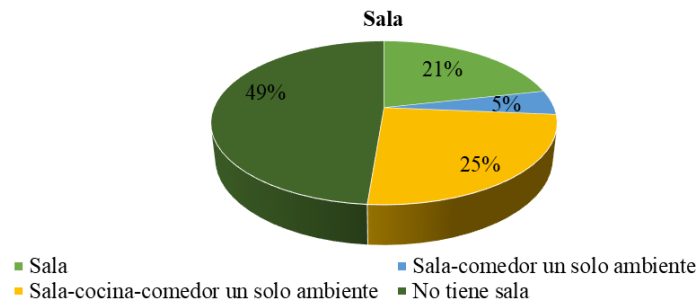


FIGURA 2.43: Sala.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En lo referente a los espacios se puede establecer que únicamente el 21 % de la población tiene un espacio dedicado a la sala; el 25 % cuenta con un ambiente compartido para sala, comedor y cocina; el 5 % cuenta con sala y comedor en espacio común y el 49 % de la población no tiene un espacio de sala en su vivienda.

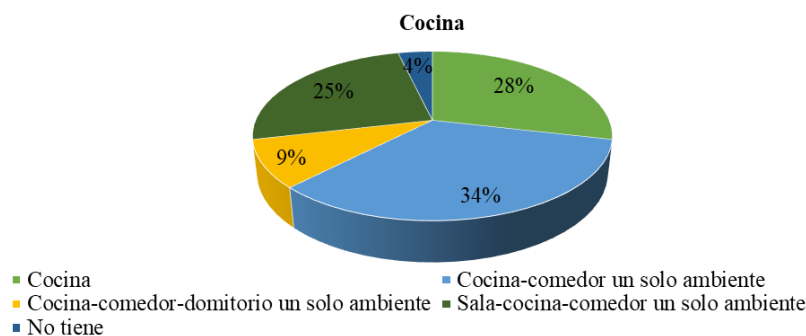


FIGURA 2.44: Cocina.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En lo que respecta a la cocina se establece que el 28 % cuenta con un ambiente propiamente de cocina, el 34 % comparte cocina y comedor en una sola área, el 25 % tiene sala, comedor y cocina en un solo espacio, mientras que el 9 % tiene cocina, comedor y dormitorio en un solo ambiente y el 4 % de la población no tiene cocina.

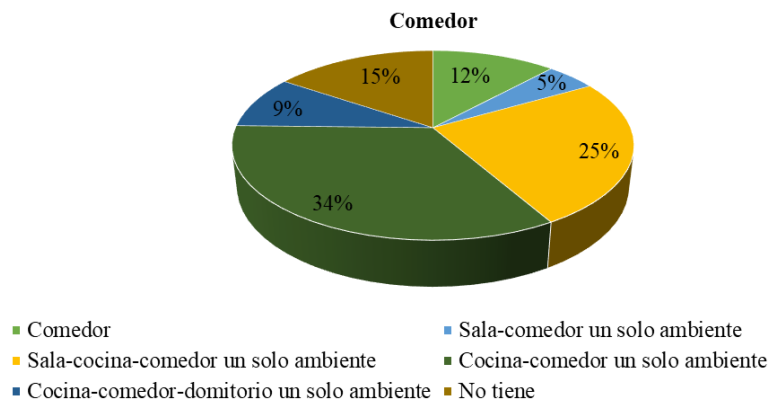


FIGURA 2.45: Comedor.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

De las viviendas encuestadas, el 12 % cuentan con zona exclusiva de comedor, el 34 % comparte el espacio entre cocina y comedor, el 25 % tiene combinado sala, cocina y comedor, el 5 % comparte sala – comedor en una sola área, el 9 % tiene en un solo ambiente cocina, comedor y dormitorio y el 15 % no tiene un comedor en su vivienda.

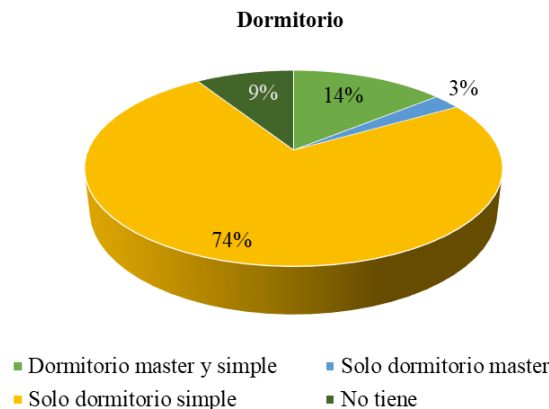


FIGURA 2.46: Dormitorios.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En cuanto a los dormitorios, se pudo identificar que el 74 % de las viviendas cuentan únicamente con dormitorios simples, mientras que el 14 % cuenta con un dormitorio master y al menos un dormitorio simple, el 3 % cuenta exclusivamente con dormitorio master y el 9 % no tiene un espacio destinado a dormitorio.

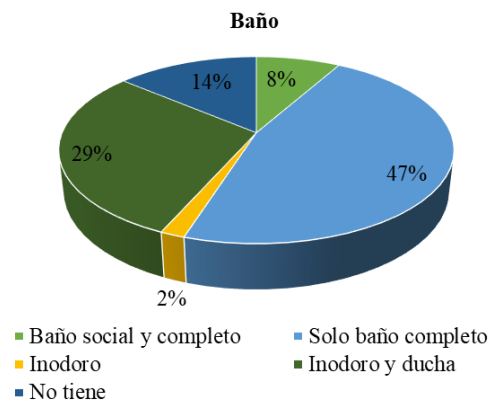


FIGURA 2.47: Baño.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

De igual modo, se establece que en cuanto a los baños existe una predominancia de las viviendas que cuentan solo con un baño completo del 47 % y solo un 8 % cuenta con baño social y baño completo, mientras que el 29 % cuenta con un inodoro y ducha, el 2 % cuenta únicamente con inodoro y 14 % no tiene acceso a un baño, porcentaje que representa a las viviendas de la zona rural, alejada de los centros parroquiales, del cantón.

En este punto es importante señalar que los habitantes cuyas viviendas no cuentan con las instalaciones de inodoro o ducha, optan por realizar su aseo personal en la lavandería y en ciertos casos acuden a las instalaciones de vecinos, quienes por la cercanía o parentesco les permiten acceder a las mismas ya que estas se encuentran fuera de las viviendas.

En cuanto a instalaciones complementarias con las que cuentan las viviendas del cantón, se han establecido las siguientes:

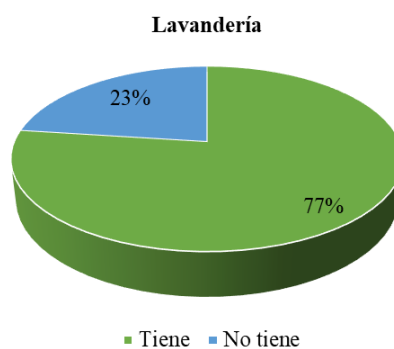


FIGURA 2.48: Lavandería.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En cuanto a lavandería se puede definir que el 77 % de las viviendas cuenta con lavandería, mientras que el 23 % no cuentan con esta zona.

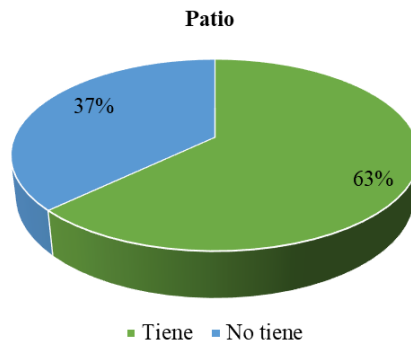


FIGURA 2.49: Patio.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Así mismo, el 63 % de las viviendas tienen patio, mientras que el 37 % no lo tiene.

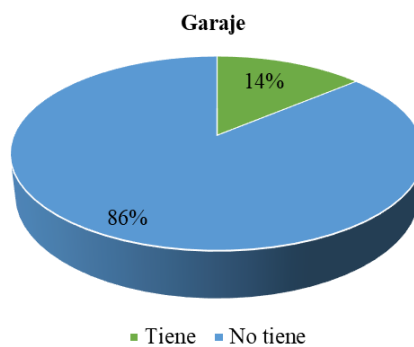


FIGURA 2.50: Garaje.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Por otro lado, en cuanto un espacio destinado a garaje se establece que el 14 % de las viviendas cuentan con este espacio, mientras que el 86 % no lo tienen.

Por último, se establece el área aproximada que ocupa cada una de las viviendas y número de pisos, ya que esta es una condicionante útil para poder establecer un rango medio orientativo de diseño al momento de realizar futuras propuestas, obteniendo como resultado que:

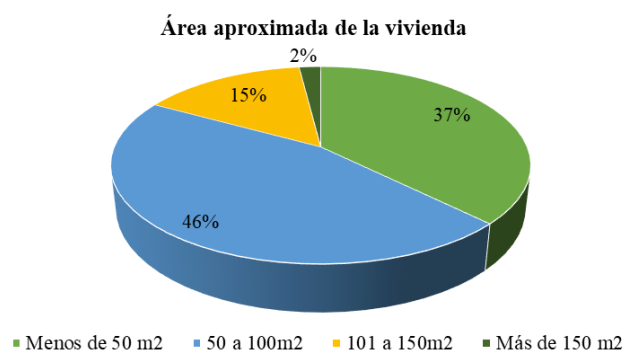


FIGURA 2.51: Área aproximada de la vivienda.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

El 46 % de las viviendas tienen un área de construcción aproximada de 50 m² a 100 m², el 37 % está comprendida en menos de 50 m², mientras que el 15 % se encuentra en un rango de 101 m² a 150 m² y el 2 % tiene aproximadamente más de 150 m².

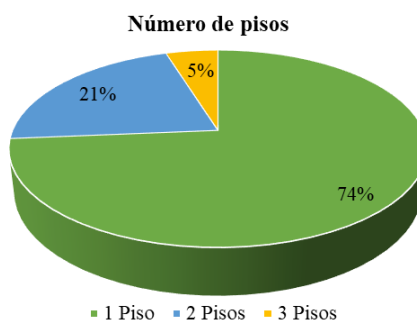


FIGURA 2.52: Número de pisos.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Por último, mediante la información recolectada se obtuvo que el 74 % de las viviendas corresponden a edificaciones de 1 piso, el 21 % a edificaciones de 2 pisos y el 5 % a edificaciones de 3 pisos. Esta cifra se debe a que en las parroquias rurales del cantón existe una evidente predominancia de viviendas de una sola planta.

2.7.4. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA VIVIENDA

Las viviendas del cantón Yantzaza en su mayoría, acogiendo la innovación constructiva contemporánea, son de estructura de hormigón armado, paredes de ladrillo o bloque y losas de hormigón accesible y cubierta de Eternit o teja Toledo. Estas características se encuentran fácilmente reflejadas sobre todo en el centro urbano y alrededores más cercanos, sin embargo, en el área rural se puede observar una contraposición material, económica y cualitativa.



FIGURA 2.53: Viviendas del área urbana del cantón Yantzaza.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Las viviendas del área rural se caracterizan en su mayoría por estructura y paredes de madera, mientras que las cubiertas pueden ser de teja artesanal o cubiertas de Eternit o zinc. Si bien es posible encontrar viviendas con estructura de hormigón armado, estas no cuentan con las condiciones cualitativas idóneas para su habitabilidad, poniendo en riesgo el bienestar físico y psicológico de los usuarios.



FIGURA 2.54: Viviendas del área rural del cantón Yantzaza.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Con el fin de obtener datos reales sobre los materiales constructivos utilizados en el cantón se realiza interrogantes que permitan identificar la composición material de las viviendas de la zona, obteniendo los siguientes resultados:

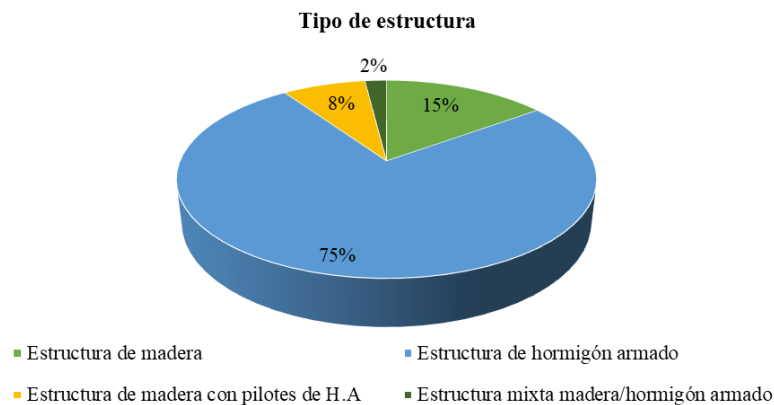


FIGURA 2.55: Tipo de estructura.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Según los datos obtenidos sobre el tipo de estructura de las viviendas, el 75% de los encuestados habitan viviendas con estructura de hormigón, mientras que el 15% de las viviendas son de estructura de madera y el 8% tiene una estructura de madera sobre pilotes de hormigón. En el caso del 2% de viviendas que comparten estructura de madera y hormigón, responden a viviendas con ampliaciones posteriores a su construcción o que han sido reforzadas por la edad de la construcción.

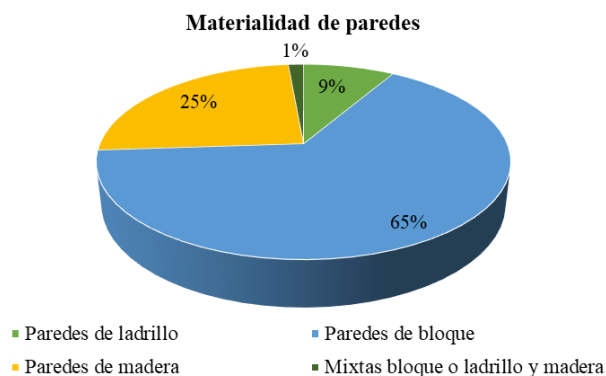


FIGURA 2.56: Materialidad de las paredes.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Con respecto a la materialidad de las paredes, el 65% de las viviendas se compone de paredes de bloque, mientras que el 25% tienen paredes de madera, el 9% paredes de ladrillo y el 1% de las viviendas se conforman de paredes de bloque o ladrillo con madera, evidenciándose de este modo que el bloque es el material predominante para las paredes.

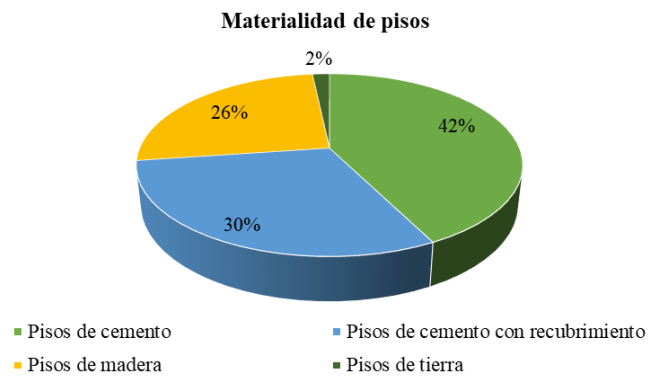


FIGURA 2.57: Materialidad de pisos.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Con respecto a la materialidad de los pisos, el 42 % de las viviendas tienen pisos de cemento, el 30 % tienen pisos de cemento con recubrimiento, es decir, cuentan con cerámica o porcelanato como acabo final. Por otro lado, el 2 % de las viviendas encuestadas tiene pisos de tierra y el 26 % de las viviendas tienen pisos de madera.

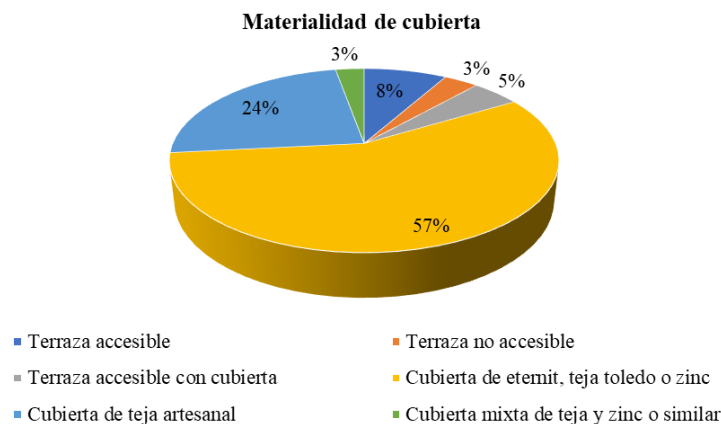


FIGURA 2.58: Materialidad de cubierta.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En cuanto a la materialidad de la cubierta, en el gráfico se puede observar que el 57 % de las cubiertas son de Eternit, teja Toledo o zinc, el 24 % de las viviendas tienen teja artesanal, el 8 % corresponden a terrazas accesibles, el 5 % corresponde a cubiertas mixtas de teja y zinc o material similar, y el 6 % corresponde a terrazas accesibles con cubierta y Terrazas no accesibles, 3 % cada uno.

Los datos de las encuestas realizadas demuestran que existe una predominancia de las viviendas de construcción con estructura de hormigón armado y mampostería de bloque, sin embargo, estas presentan espacios inacabados, instalaciones deficientes y espacios insuficientes, esto debido al costo de mano de obra, costo de materiales y principalmente al

poder adquisitivo y solvencia económica de la población.

Otro aspecto a tener en cuenta son los datos presentados por el Sistema Nacional de Información, en los cuales existe un porcentaje representativo del déficit cualitativo, cuantitativo y hacinamiento en el cantón, por lo tanto, se consideran cuestiones relacionadas al tipo de vivienda, número de familias, número de personas que residen por vivienda y algunos espacios principales con el fin de validar estos datos. De este modo, mediante la aplicación de la encuesta a la población del área de estudio se puede evidenciar que tal como indican los datos de las fuentes oficiales de información, existe una falencia en las viviendas del cantón, esto se observa en algunas connotaciones como las siguientes:

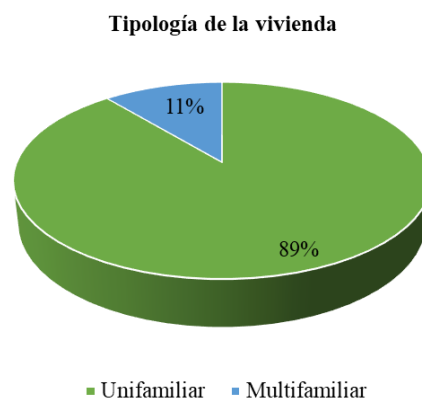


FIGURA 2.59: Tipología de la vivienda.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Establecer la tipología de la vivienda nos permite identificar con información real la preferencia que tiene la población en cuanto a la selección de unidad habitacional. Es así que se puede establecer que el 89 % de los habitantes reside en viviendas unifamiliares, mientras que solo el 11 % lo hace en viviendas multifamiliares.

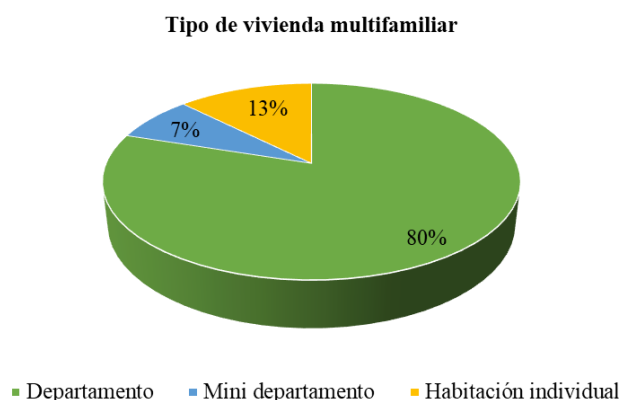


FIGURA 2.60: Tipo de vivienda multifamiliar.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Como se puede observar en el gráfico anterior, el 11 % corresponden a viviendas multi-familiares, de las cuales el 80 % se clasifican como departamentos, el 13 % como habitación individual y el 7 % como minidepartamento.

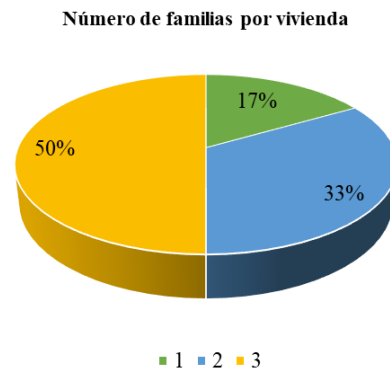


FIGURA 2.61: Número de familias por vivienda.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En cuanto al número de familias por vivienda, existe un alto índice de tres familias por vivienda, esto es el 50 % de las viviendas encuestadas, mientras que en el 33 % habitan dos familias y solo el 17 % de las viviendas son ocupadas por una sola familia.

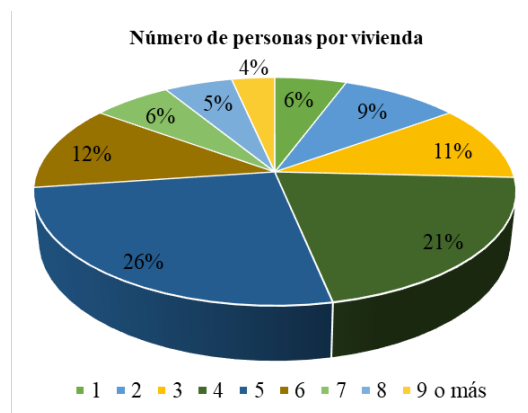


FIGURA 2.62: Número de personas por vivienda.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Por otro lado, en el número de personas que reside por unidad habitacional se obtuvo que en el 26 % de las viviendas conviven 5 personas, el 21 % viven 4 personas, en el 12 % de las viviendas viven 6 personas y en el 11 % de las viviendas residen 3 personas. En porcentajes inferiores como el 9%, 5 % y 4 % quedan las viviendas en las cuales residen familias de 2, 8 y 9 (o más) personas, respectivamente. En el caso de viviendas con 1 y 7 personas se estableció una similitud del 6 % en ambos casos.

De este modo, se puede establecer una correlación entre número de familias y número de personas por vivienda con el número de espacios específicos como dormitorios y baños

con los que cuentan las viviendas con el fin de ejemplificar de manera generalizada la falencia más predominante en cuanto a la composición espacial de las construcciones.

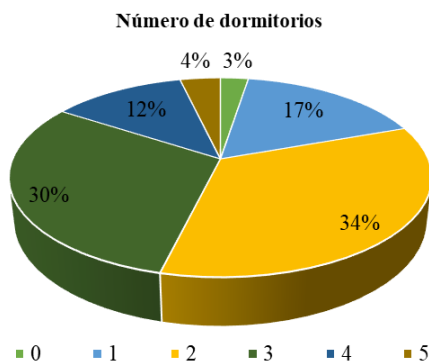


FIGURA 2.63: Número de dormitorios.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Por lo tanto, en cuanto al número de dormitorios, se puede establecer que el predominan las viviendas de 2 dormitorios con el 34 %, seguido de las viviendas de 3 dormitorios con el 30 %, en tercer lugar, se encuentran las viviendas de 1 dormitorio con el 17 %, mientras que las construcciones con 4, 5 y 0 dormitorios tienen un porcentaje del 12 %, 4 % y 3 % respectivamente.

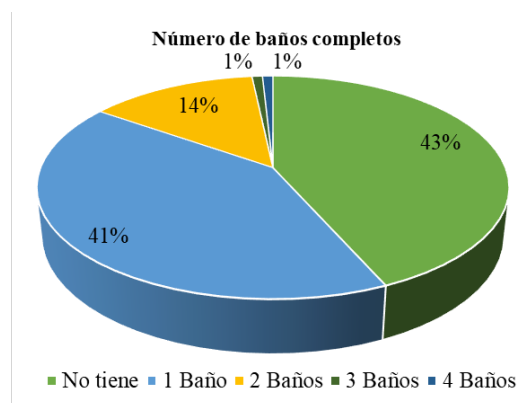


FIGURA 2.64: Número de baños completos.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Con respecto al número de baños completos con los que cuentan las viviendas se obtuvo que el 43 % de los encuestados no tienen un baño completo, el 41 % tiene al menos uno, el 14 % tiene dos baños completos y en algunos casos existe viviendas con 3 y 4 baños completos, lo que representa en conjunto el 2 % de las construcciones encuestadas.

Finalmente, se consideró los servicios básicos como complemento al buen vivir de la población en general, por ello se identifica el porcentaje de infraestructura existente en torno a las viviendas.

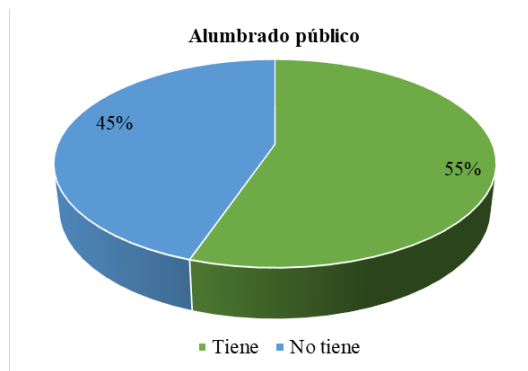


FIGURA 2.65: Alumbrado público.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

De este modo se obtiene que el 55 % de las viviendas encuestadas cuenta por alumbrado público en la zona que reside.

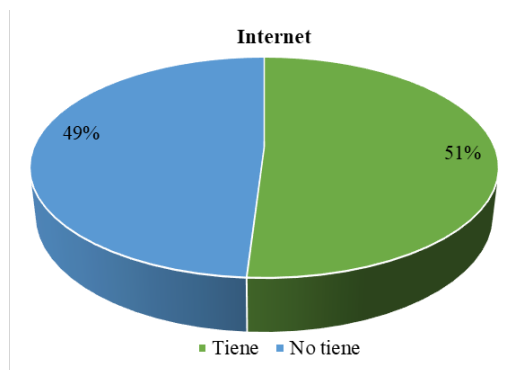


FIGURA 2.66: Internet.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En cuanto al servicio de internet, se establece que el 51 % cuenta con conexión en su vivienda, mientras que el 40 % no cuenta con acceso a este servicio.

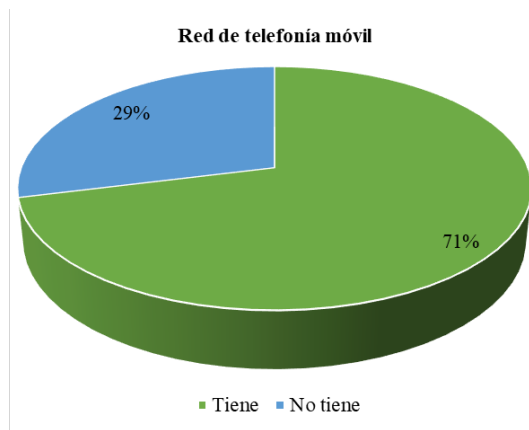


FIGURA 2.67: Red de telefonía móvil.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En cuanto al servicio de red de telefonía móvil, un 71 % de la población expresó contar con el servicio, mientras que el 29 % no tiene, generalmente debido a la distancia.

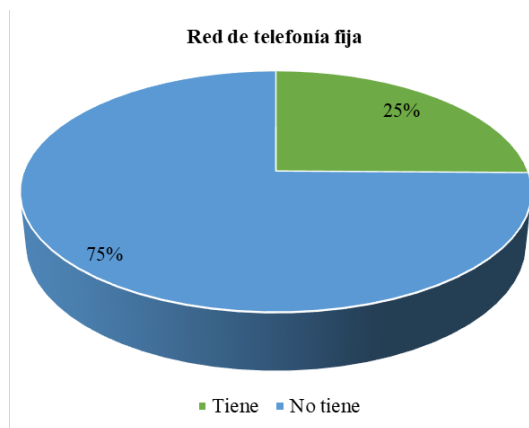


FIGURA 2.68: Red de telefonía fija.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Así mismo, se puede establecer que el 75 % de la población no cuenta con red de telefonía fija, por lo que se evidencia que solo el 25 % de la población tiene este servicio.

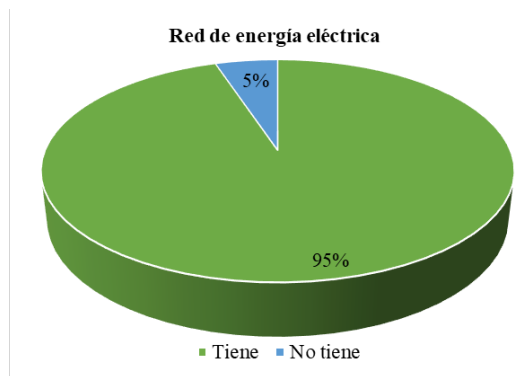


FIGURA 2.69: Red de energía eléctrica.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

En lo referente al servicio de energía eléctrica el 95 % de la población encuestada afirma contar con electricidad en sus viviendas, mientras que el 5 % no tiene acceso a la mismo.

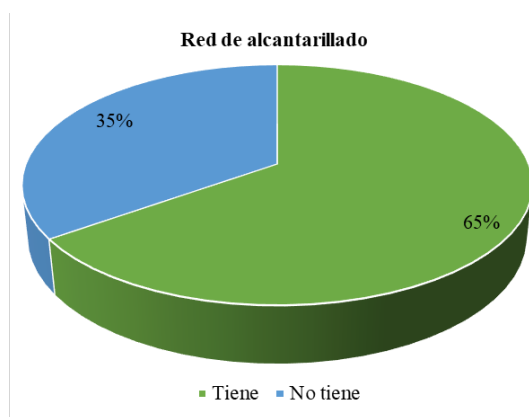


FIGURA 2.70: Red de alcantarillado.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Por otro lado, en lo que respecta al alcantarillado, el 65 % de la población tiene acceso a la red de alcantarillo, mientras que el 35 % de las viviendas no cuenta con este servicio.

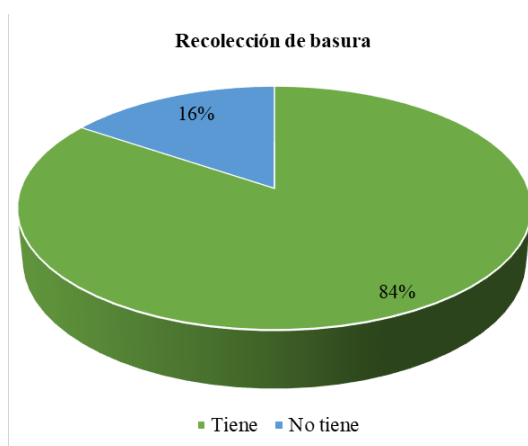


FIGURA 2.71: Recolección de basura.

Fuente y Elaboración: Autor, (2020).

Finalmente se identifica el porcentaje de servicio de recolección de residuos, pudiendo establecer que 84 % cuenta con este servicios y el 16 % no tiene.

En este sentido es evidente la realidad en cuanto a la calidad de vida de la población del cantón, si bien existe una predominancia de viviendas que tienen acceso a las redes de servicios básicos, también existe un alto porcentaje de edificaciones que no cuentan con todos los espacios mínimos para una buena calidad de vida.

2.8. CARACTERÍSTICAS CULTURALES Y SOCIALES

La población del cantón Yantzaza se caracteriza por una diversificación étnica y cultural conformada por shuaras, saraguros, afrodescendientes e hispanos.

Entre las características culturas y sociales que resaltan entre la población del Valle de las Luciérnagas se encuentran celebración de festividades, caminatas por senderos naturales como la ruta de los Guayacanes o el disfrute de los paraderos turísticos y hosterías.

Algunas de las festividades que reúnen a toda la población del cantón, es la celebración de cantonización que se realiza desde el 20 hasta el 26 de febrero, en estas festividades se denota la pluriculturalidad del cantón con la elección de las Reinas Hispana, Saraguro y Shuar. Paralelamente se desarrollan la Feria Agropecuaria, en la cual también se elige una Reina y la Feria Comercial, Artesanal, Industrial y Turísticas, noches de danzas, juegos deportivos y la celebración de la Noche Juvenil, actualmente conocida como Yantzaza Fest (EcuRed, s.f.)

Otras festividades del cantón son los carnavales celebrados en Chicaña, la fiesta de la Santísima Virgen del Carmen celebrada el 16 de julio, la Parroquialización de Los Encuentros (4 de febrero), la Parroquialización de Chicaña (6 de febrero) (EcuRed, s.f.).

De igual modo resalta la gastronomía local, cuyos platos típicos son las ancas de rana,

la tilapia frita y los ayampacos, por ende, existe una relación directa con la producción local de criaderos de rana comestible y la piscicultura, además de la producción de ganado bovino, porcino y especies agrícolas como “plátano, yuca, café, cacao, entre otros” (La Hora, 2019).

3.1. DISEÑO DE PROPUESTA

El diseño de la propuesta se sustenta en la construcción de un elemento prefabricado que tanto por sus características geométricas y dimensiones permitan la fácil manipulación por parte del personal técnico o por el usuario, además, se propone un elemento que sea versátil con el diseño estético y la construcción de viviendas modular.

Las bondades constructivas de la caña guadúa permiten su utilización en estado puro y con variaciones, es decir, en su forma rolliza natural para la composición de elementos estructurales o a su vez subproductos como la caña picada o esterillas y latillas.



FIGURA 3.1: Variaciones caña guadúa.

Fuente: Construir con Guadua. Manual de construcción, (2020). **Elaboración:** Autor,(2020).

Una vez se han definido las posibilidades de la caña guadua se establecen expectativas y lineamientos a tener en cuenta en la propuesta, por lo cual se establece que el diseño debe cumplir lo siguiente:

- Debe ser modular.

- Debe permitir la versatilidad de diseño en conjunto.
- Facilidad de transporte, manejo y ensamble.

De este modo, se plantea la utilización de la caña rolliza como materia prima para construcción de una estructura de barras entramada para los niveles de piso y entrepiso y una estructura triangular de cuchillos (cerchas) para el soporte de la cubierta.

En lo referente a la mampostería, se establece como punto de partida la utilización de la caña guadúa para el diseño de un elemento prefabricado, modular y liviano que cumpla con el espesor mínimo de paredes externas especificado en la NEC – GaK, es decir, $e=1.5\text{cm}$.

Por otro lado, teniendo en cuenta la forma rolliza de la caña guadúa se plantea la elaboración de un perfil de madera que contribuya, principalmente, a la sujeción los elementos que conforman la mampostería con la estructura.

De igual, es importante tener en cuenta que, al tratarse de un material orgánico, se deben cumplir las condiciones de protección por diseño que requiere, como:

1. La construcción debe estar aislada del nivel del suelo para protegerla de la escorrentía.
2. Los aleros de cubierta deben ser lo suficientemente amplios como para proteger la vivienda de las condiciones climáticas
3. Los extremos de los culmos deben ser sellados con materiales como hormigón u otro, según las especificaciones de la NEC-GaK.
4. Los ambientes que constituyen áreas húmedas deben contar con protección específica tanto en pisos como paredes.

3.1.1. CONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL MODELO

La configuración estructural propuesta parte de una distribución en malla distribuida en cuatro ejes horizontales y cuatro ejes verticales, como se puede observar a continuación.

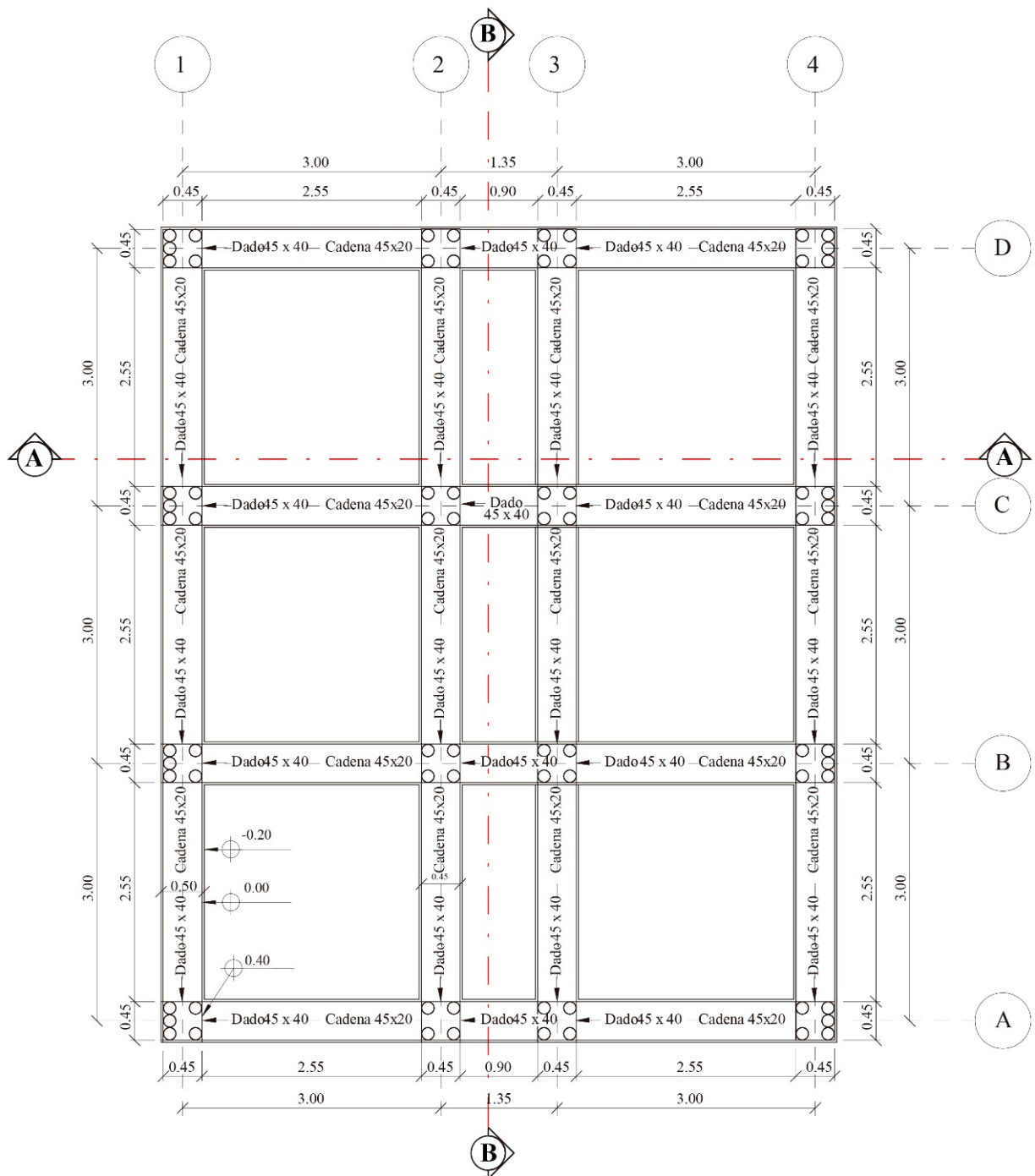


FIGURA 3.2: Planta de cimentación.

Elaboración: Autor,(2020).

Las columnas esquineras y laterales se encuentran conformadas por cinco culmos principales de caña guadúa sujetos mediante varillas de anclaje hacia el sobrecimiento de hormigón, y cuatro culmos secundarios. Por otro lado, las columnas centrales están conformadas por cuatro culmos principales y cinco secundarios.

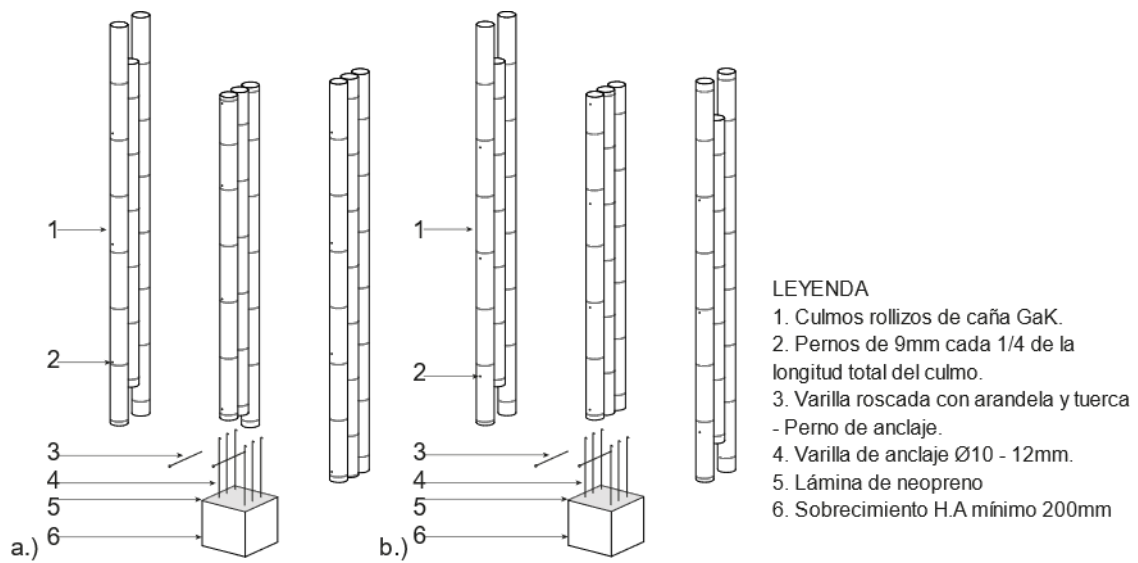


FIGURA 3.3: Armado de columna.

Elaboración: Autor,(2020).

En el armado de columna los culmos se sujetan en grupos de tres cañas guadías mediante varillas roscadas de 9mm cada $\frac{1}{4}$ de la longitud total del culmo, estas varillas se aseguran empleando arandelas y tuercas en cada extremo. De igual modo, la NEC-GaK establece el siguiente detalle constructivo para la unión de culmos paralelos con pernos.

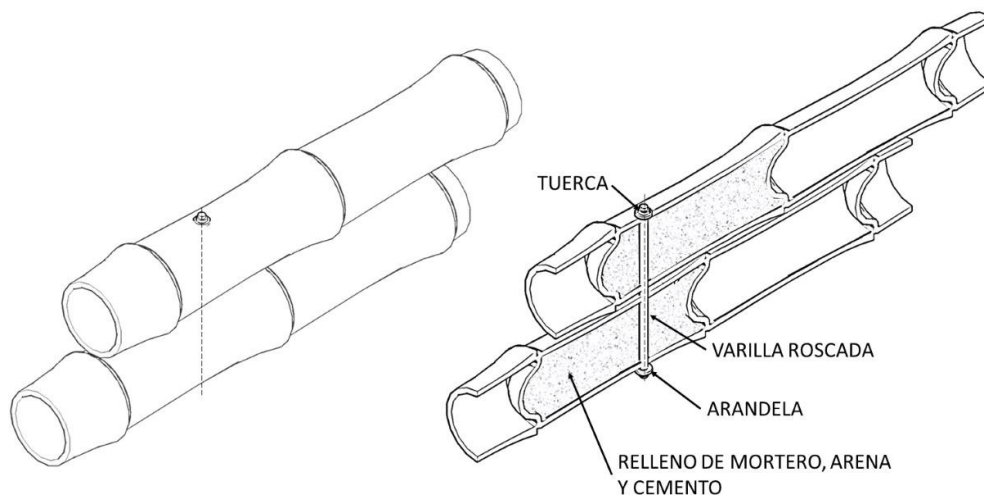


FIGURA 3.4: Detalle de unión de culmos paralelos.

Fuente: NEC-GaK,(2020).

Como se puede observar en el detalle constructivo, cada entrenudo perforado debe ser relleno por mortero, arena y cemento, esto con el fin de evitar la acción cortante del perno, además, los nudos de las cañas guadías deben estar alternados para que las uniones se traslapen.

Por otro lado, es importante recalcar que debido a las dimensiones longitudinales la caña guadúa permite obtener culmos de grandes longitudes, sin embargo, en caso de ser requerido un incremento en esta, se realizará la unión longitudinal de dos cañas guadúas según las especificaciones establecidas en la NEC-GaK (Ver anexo I, sección 5.7.2.1), de entre las cuales resalta la unión longitudinal con pieza de madera, esto debido a que se puede incorporar madera de la zona de estudio y de comercialización local.

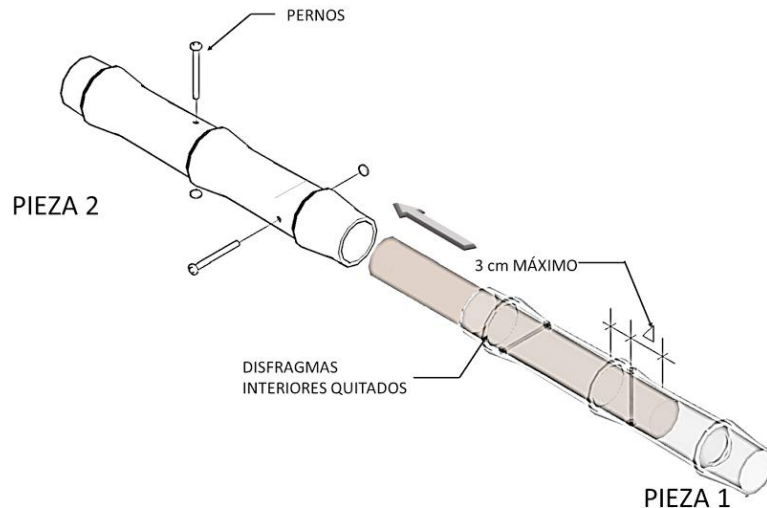


FIGURA 3.5: Uniones longitudinales con pieza de madera.

Fuente: NEC-GaK,(2020).

La unión mediante longitudinal con pieza de madera se consigue mediante la perforación del diafragma interno de la caña guadúa, esto permite ingresar la pieza de madera y posteriormente asegurarla con pernos roscados con tuercas y arandelas. De igual modo, es importante conservar una distancia máximas de 3cm de separación entre los extremos de la pieza de madera y el perno, así como colocar dos pernos perpendiculares entre sí por pieza de caña guadúa.

En el caso del armado de las vigas se emplea el sistema especificado en los detalles de las uniones longitudinales y uniones paralelas, según requiera el diseño del proyecto.

Una vez se ha definido la configuración y armado estructural se realiza el diseño de armado de los elementos que conforman la mampostería.

En primer lugar, se realiza un primer prototipo conformado por cuatro capas de esterilla de caña guadúa en el núcleo central y tres capas en las pestañas laterales que configuran el punto de unión entre los paneles, alternando las fibras del material marcadas por las líneas de corte.

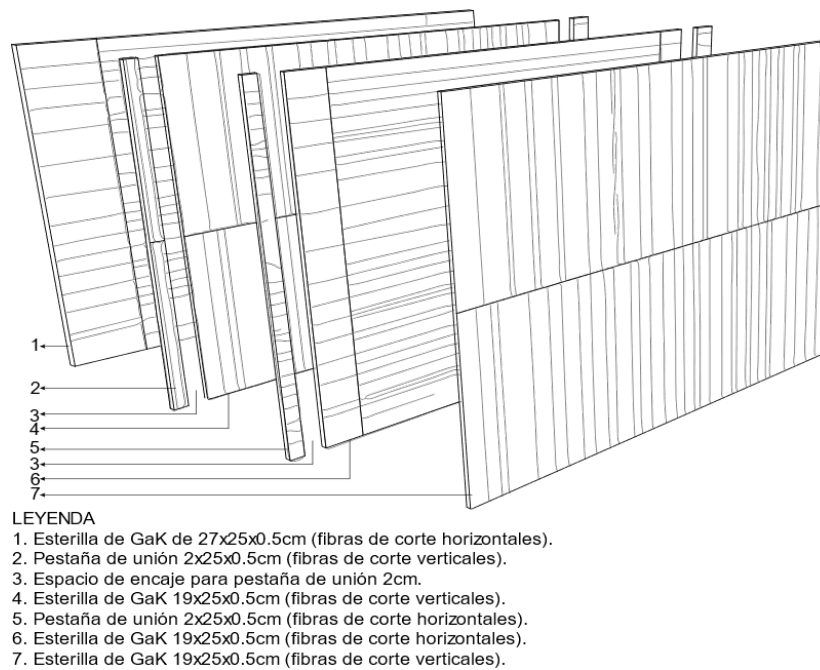


FIGURA 3.6: Axonometría armado prototipo 1.

Elaboración: Autor,(2020).

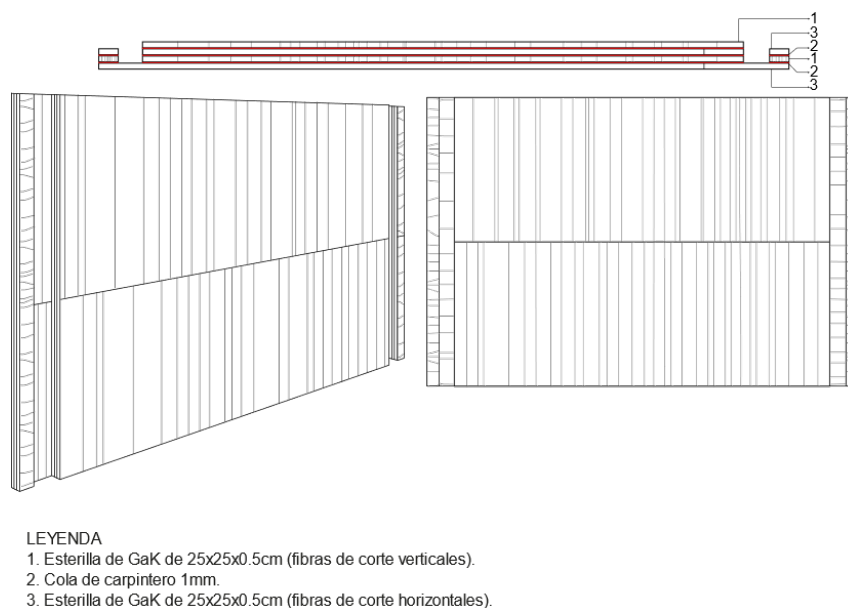


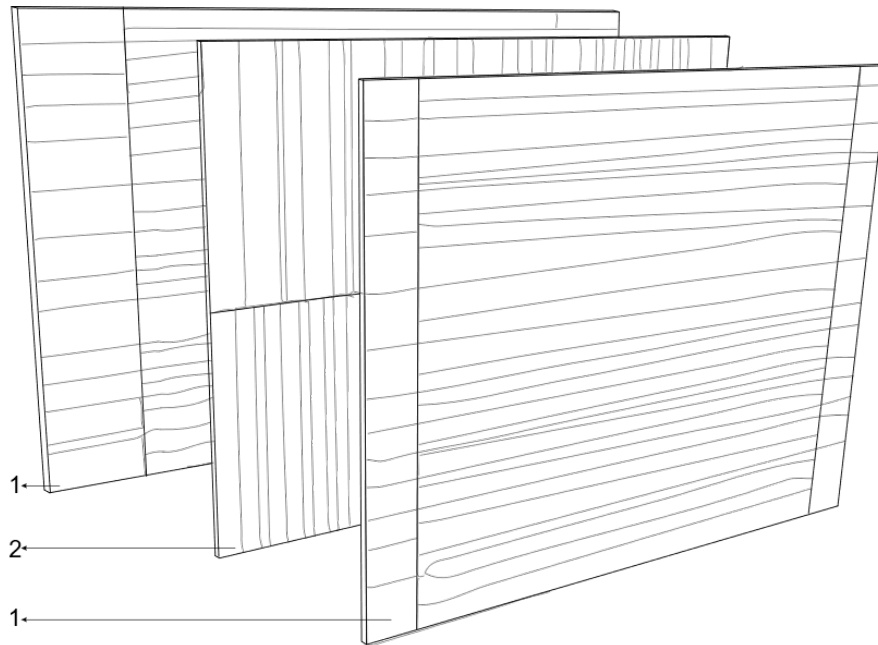
FIGURA 3.7: Prototipo 1.

Elaboración: Autor,(2020).

El primer prototipo está conformado por cuatro capas de esterilla de GaK, las cuales se colocan con las fibras de corte de manera alternada para conseguir una mayor rigidez en el panel final. Estas capas son adheridas con cola de carpintero y el diseño final permite el crecimiento horizontal mediante la unión lateral de varios paneles, sin embargo, al

ser necesario rotar los elementos para generar en acoplamiento en la unión se pierde la homogeneidad estética en cuanto a la dirección de las fibras de corte.

En un segundo prototipo se establece la necesidad de generar una diseño de unión que permita el crecimiento dimensional de forma horizontal y vertical, para ello se realiza la adhesión de tres capas de esterilla de caña guadúa, alternando las fibras del material, colocando de forma horizontal las capas externas y de forma vertical la capa intermedia.



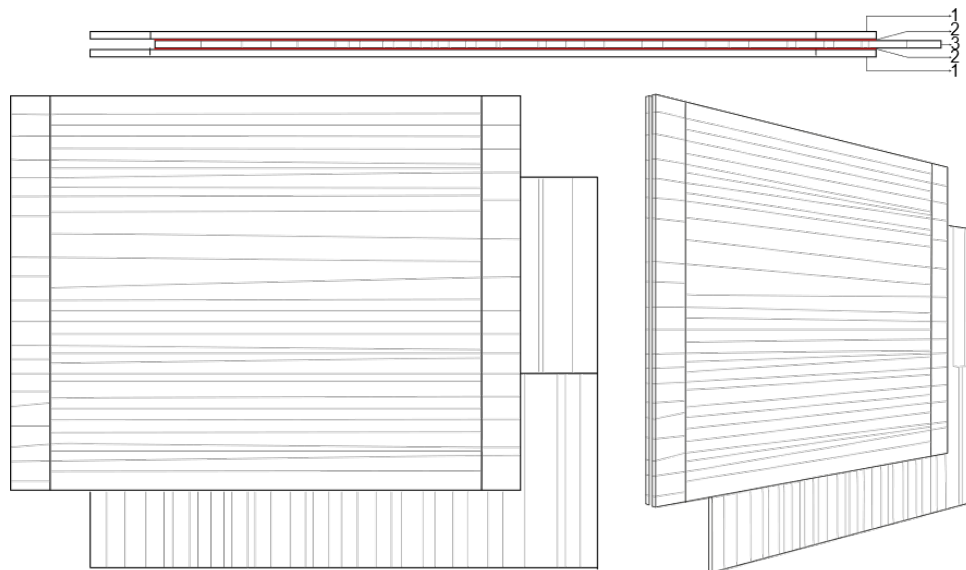
LEYENDA

1. Esterilla de GaK de 25x25x0.5cm (fibras de corte horizontales).
2. Cola de carpintero 1mm.
3. Esterilla de GaK de 25x25x0.5cm (fibras de corte verticales).

FIGURA 3.8: Axonometría armada prototipo 2.

Elaboración: Autor,(2020).

Para solventar los requerimientos establecidos anteriormente, se diseña un panel capaz de auto sujetarse y generar un crecimiento vertical y horizontal al unir varios paneles, para ello se realiza un desplazamiento de la capa intermedia 2cm hacia el lateral y 2cm hacia arriba o abajo indistintamente, ya que al rotar el elemento no varía su función.



LEYENDA

1. Esterilla de GaK de 25x25x0.5cm (fibras de corte horizontales).
2. Cola de carpintero 1mm.
3. Esterilla de GaK de 25x25x0.5cm (fibras de corte verticales).

FIGURA 3.9: Prototipo 2.

Elaboración: Autor,(2020).

Este elemento resuelve el aspecto constructivo y otorga una mejor estética visual, ya que debido a la configuración y distribución de las capas se obtiene una apariencia armónica en la composición global.

Una vez se han analizado los atributos de los prototipos planteados se elige el prototipo dos para la aplicación en la propuesta, debido a la versatilidad que este ofrece.

Para la modulación de este elemento es importante tener en cuenta la distribución y configuración estructural, de este modo se conoce que la mampostería debe cubrir una longitud libre de 2.55m entre columnas, por ello se analizan las posibilidades dimensionales para obtener piezas completas, disminuyendo de este modo el desperdicio excesivo de material.

De igual modo, considerando la versatilidad de diseño que se busca, se define la construcción de paneles pequeños conformados por capas de 25 x 25cm y $e=1.5\text{cm}$ (27x27cm considerando el desplazamiento de la capa intermedia), ya que estos disminuyen la rigidez estética.

Teniendo en cuenta la configuración estructural es importante resolver las uniones y anclajes de mampostería con pisos y columnas. Para dar solución a este aspecto se realiza el diseño de dos perfiles de madera que permiten el anclaje de la mampostería con los elementos estructurales.

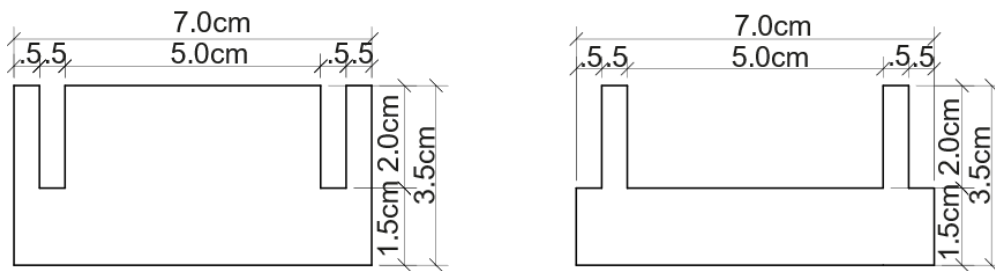


FIGURA 3.10: Perfiles de anclaje mampostería - elementos estructurales.

Elaboración: Autor,(2020).

Este tipo de perfiles se adhiere a los elementos estructurales mediante pernos de anclajes de 9mm cada 60 cm, asegurándose que los extremos sean empernados, esto para evitar el desplazamiento, siguiendo el sistema de anclaje de culmos paralelos de este modo se incorporan los paneles que conforman la mampostería.

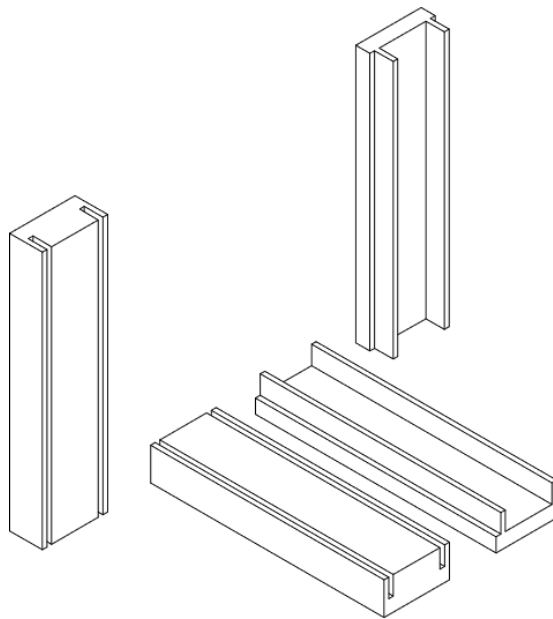


FIGURA 3.11: Axonometría perfiles de anclaje.

Elaboración: Autor,(2020).

Cabe recalcar que los perfiles se encuentran diseñados de tal modo que el sistema de auto sujeción de los paneles se cumpla en las uniones perfil-panel. Además, cumplen con varias funciones, entre ellas permiten generar una cámara de aire que contribuye al confort térmico de la vivienda, facilita el tránsito de las instalaciones eléctricas y sanitarias y permite generar aberturas en la mampostería para puertas y ventanas, pudiendo emplearse el mismo perfil como marco de dichos vanos.

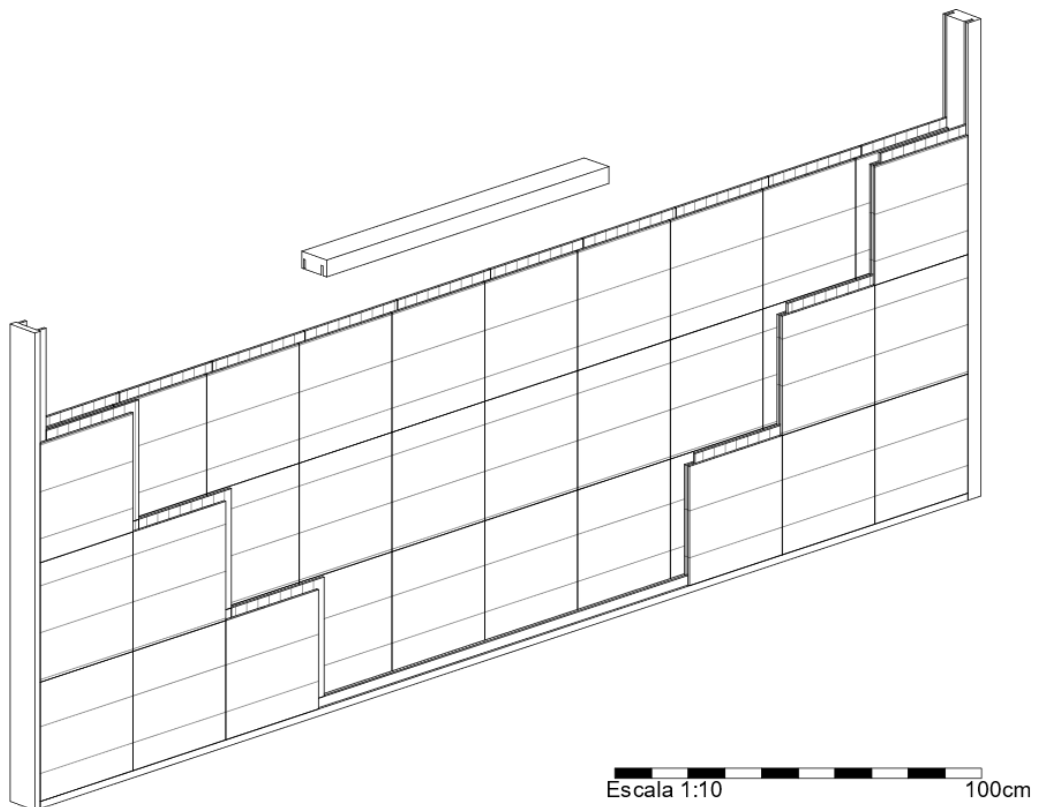


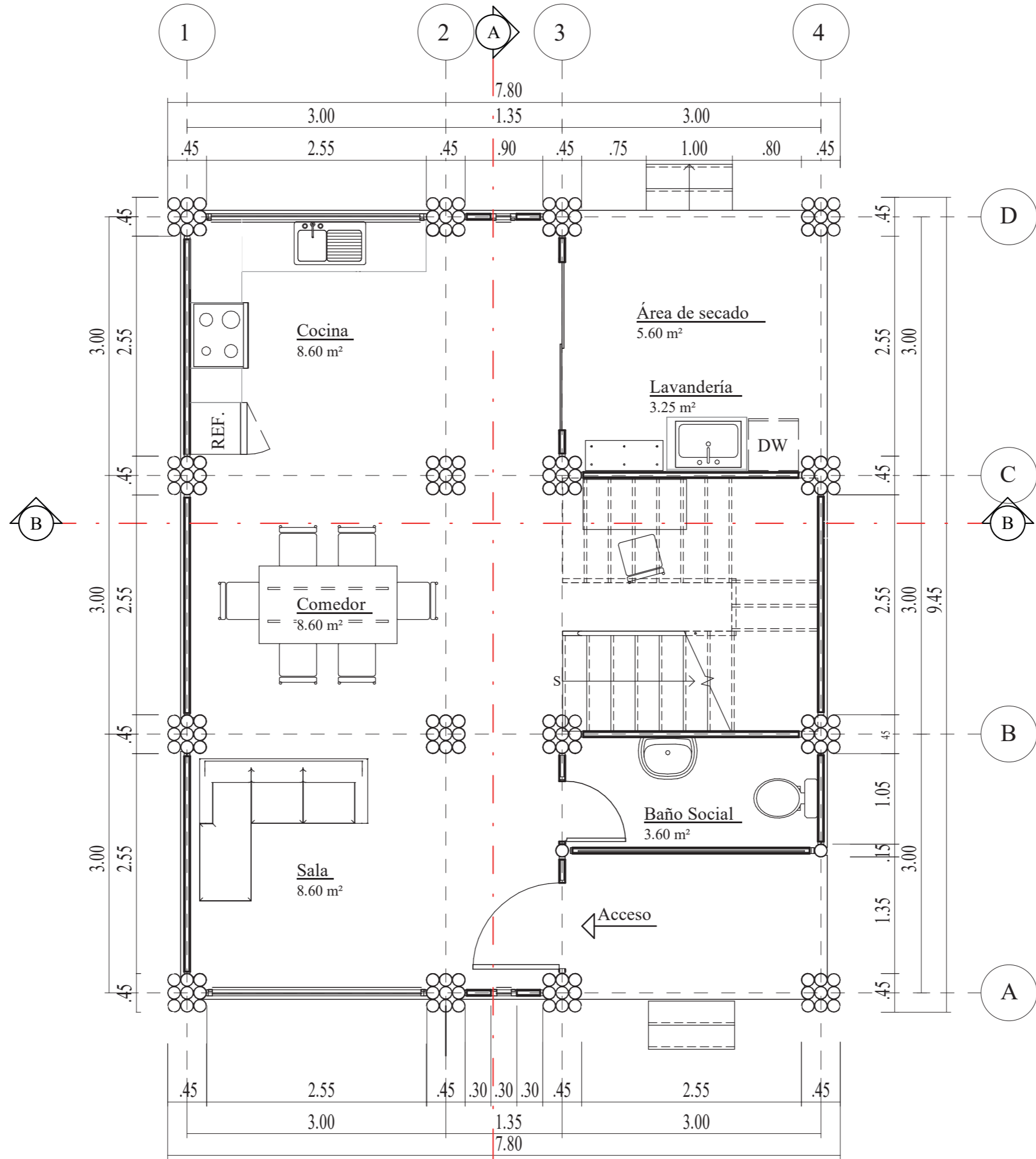
FIGURA 3.12: Utilización de perfiles.

Elaboración: Autor,(2020).

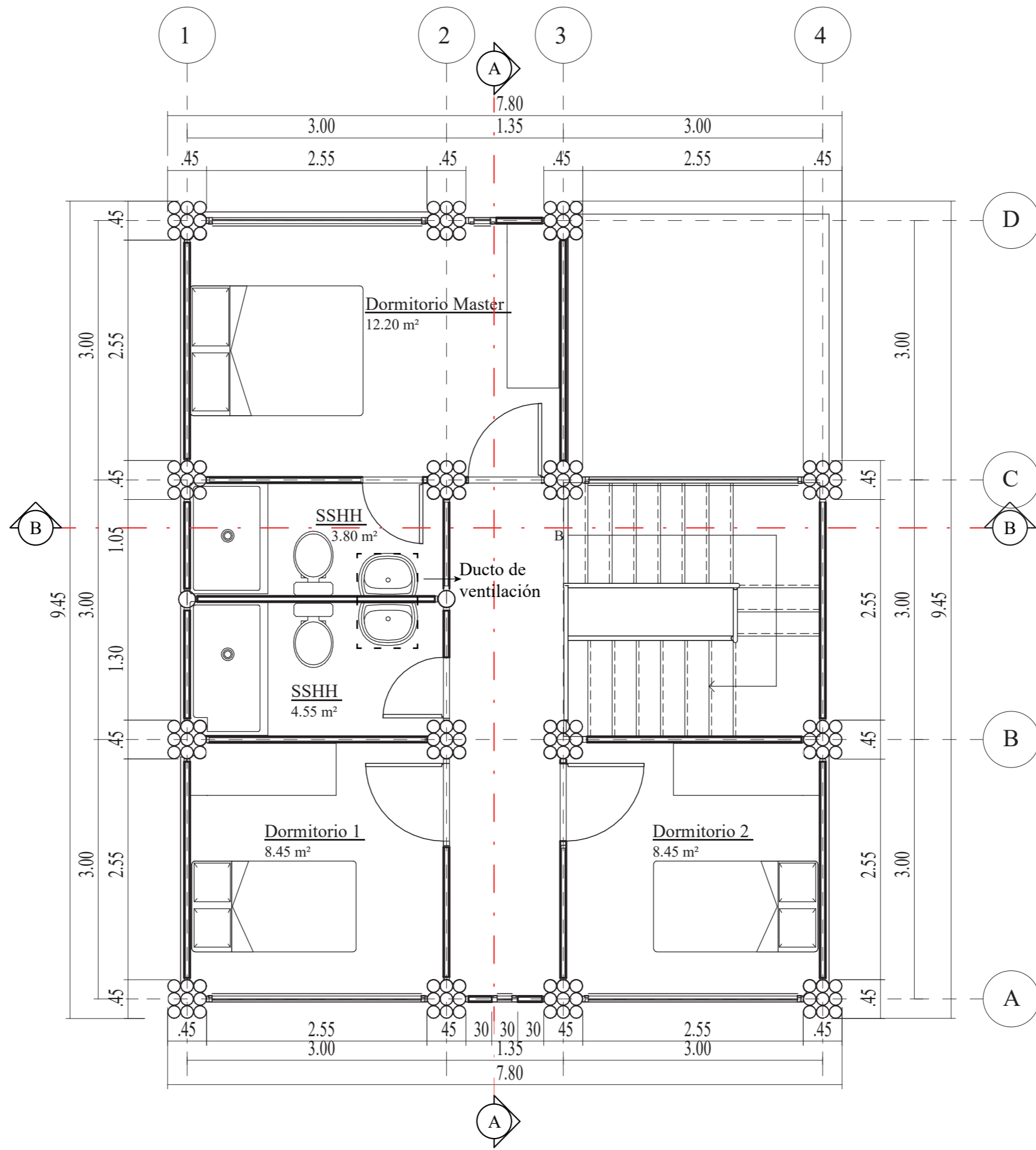
Finalmente, en la imagen 3.12 se puede observar el funcionamiento del armado de una mampostería compuesta por paneles de caña guadúa y la sujeción a los perfiles de madera.

3.1.2. APLICACIÓN VIRTUAL DEL MODELO

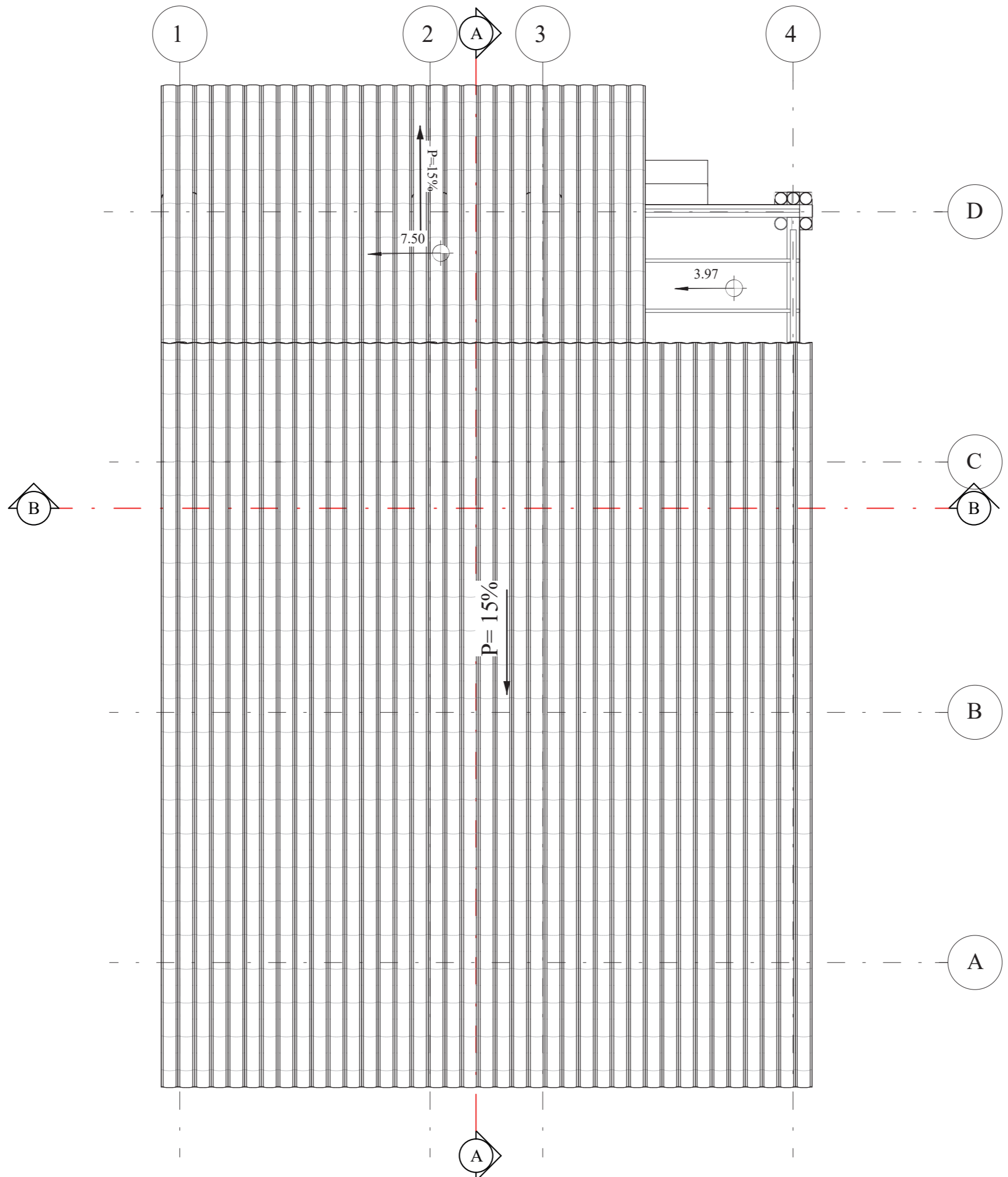
Es importante recalcar que el modelo presentado en este apartado corresponde a un ejemplo de lo que se puede obtener mediante la aplicación del sistema constructivo propuesto y la versatilidad de diseño que este ofrece en conjunto, por ende, no constituye un modelo de vivienda tipo, sin embargo, dadas las condiciones climáticas y características de la caña guadúa se deben cumplir las características principales de protección por diseño.



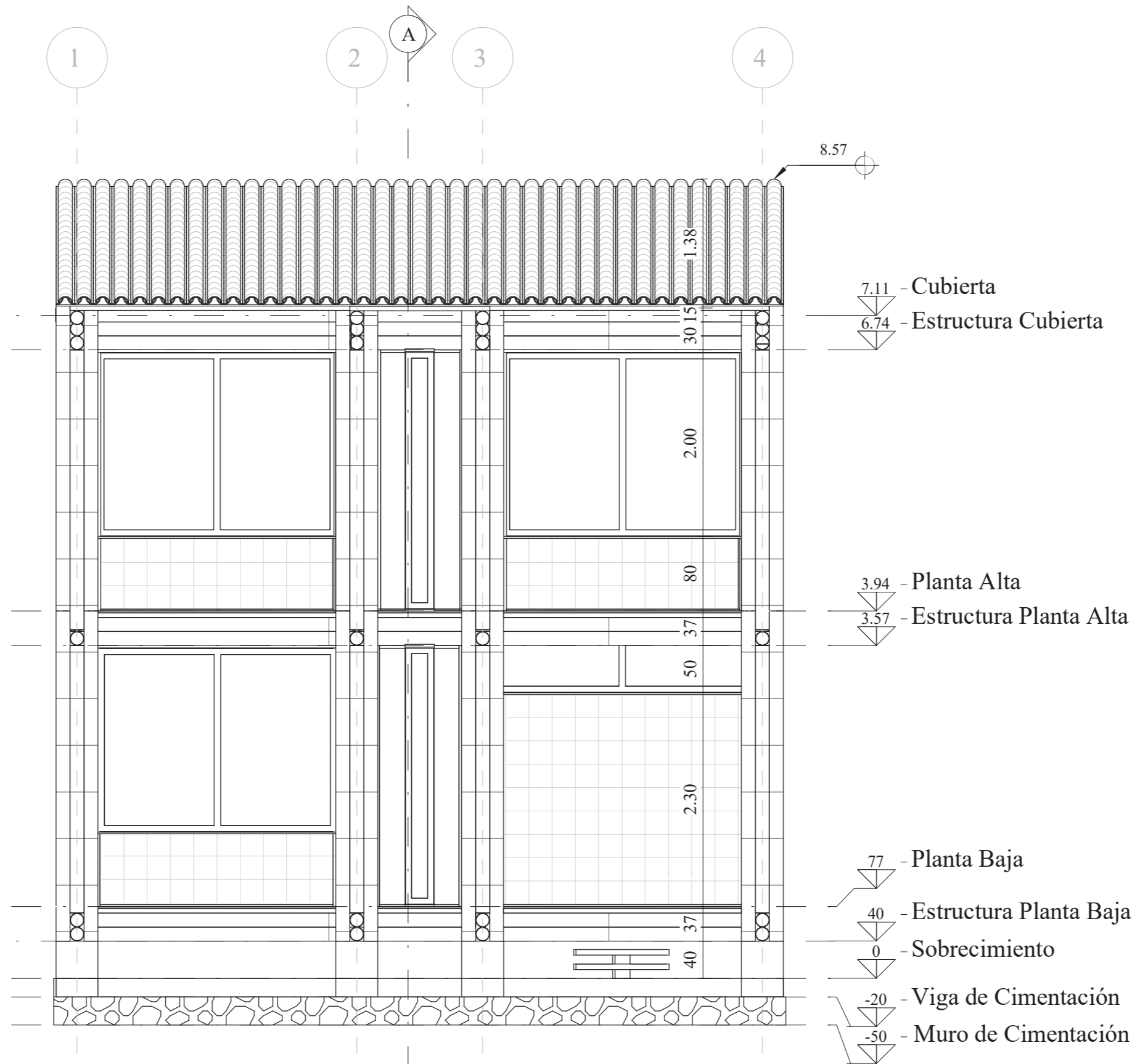
PLANTA BAJA
ESCALA 1:50



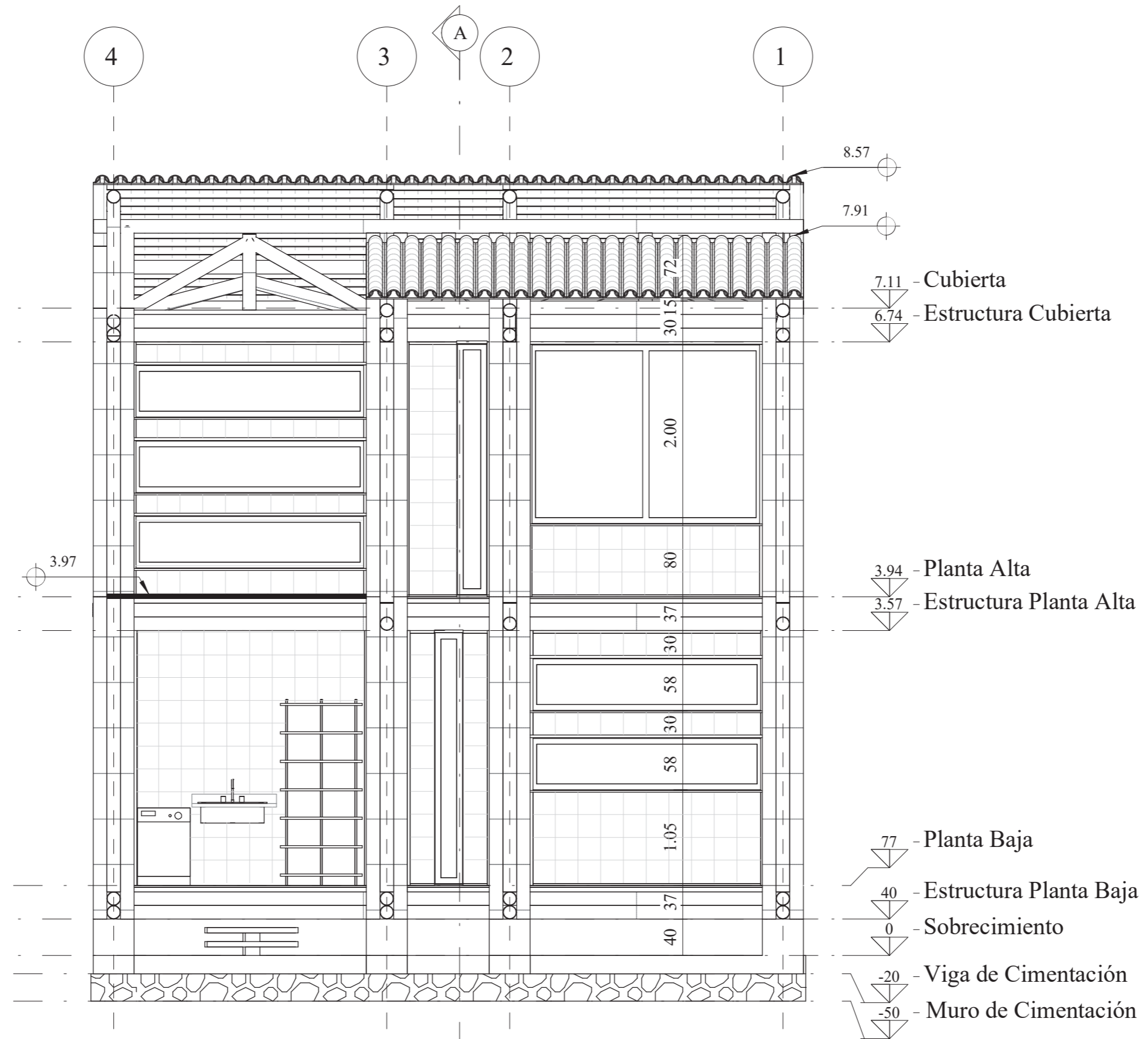
PLANTA ALTA
ESCALA 1:50



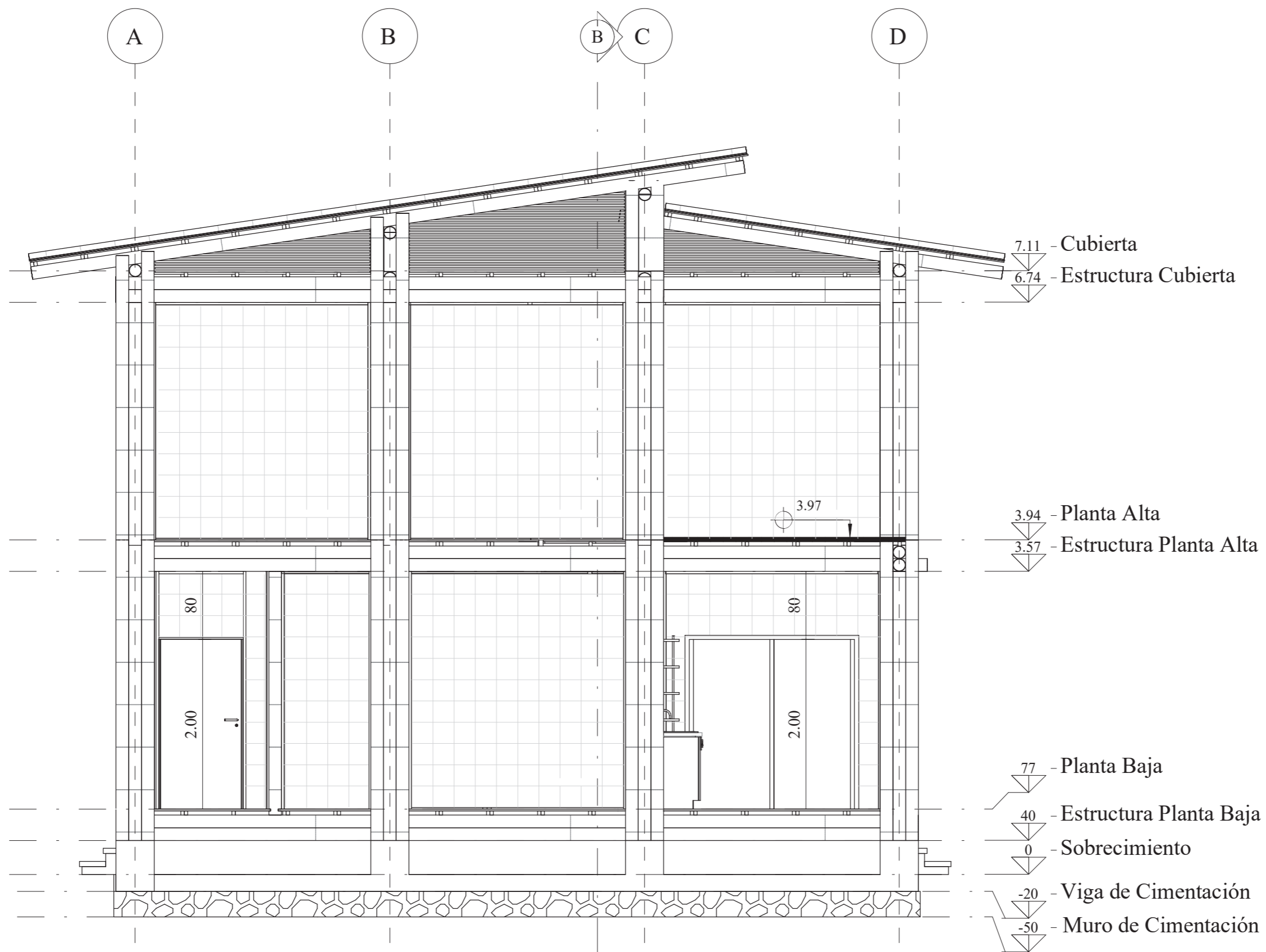
PLANTA DE CUBIERTAS
ESCALA 1:50



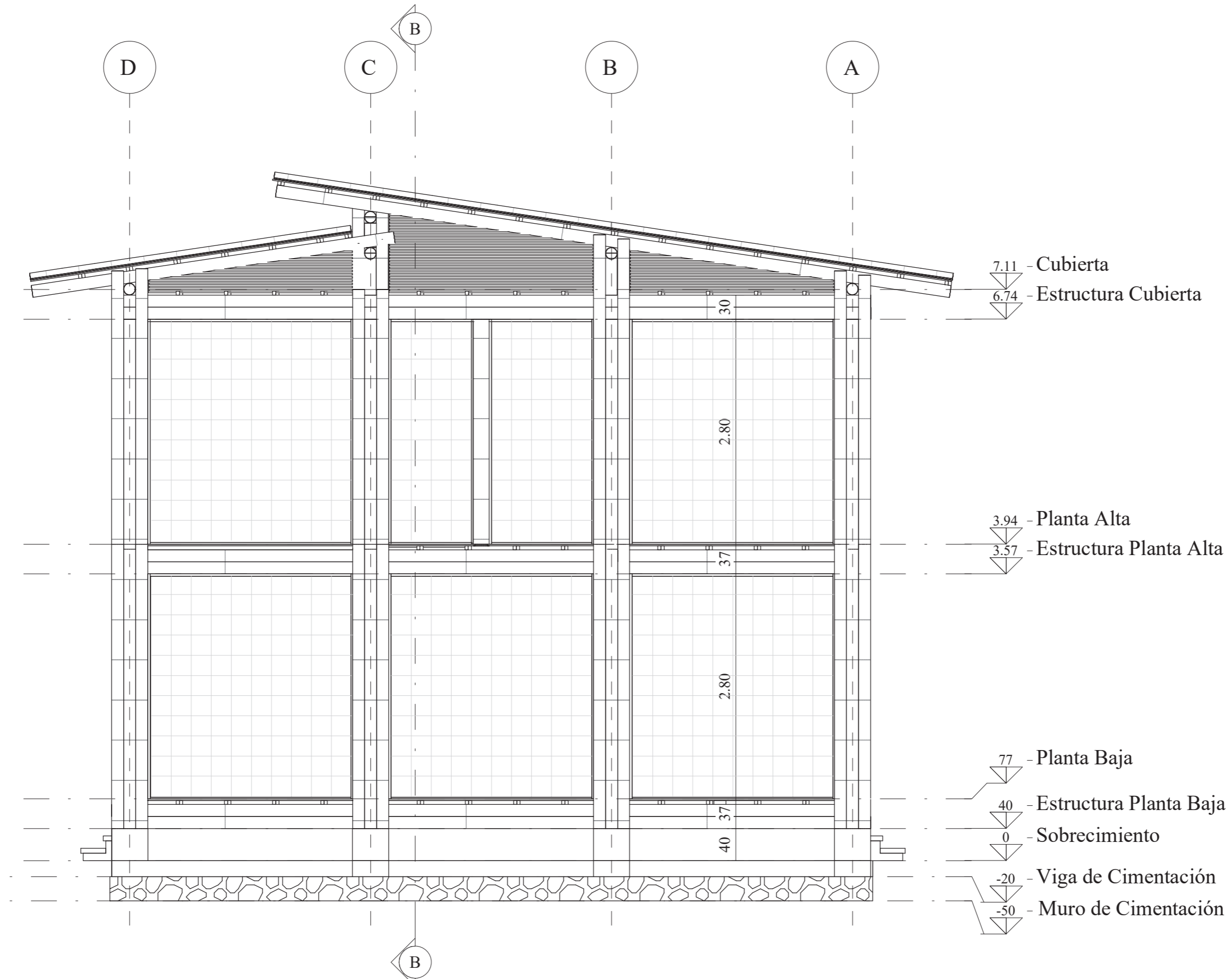
ELEVACIÓN FRONTAL
ESCALA 1:50



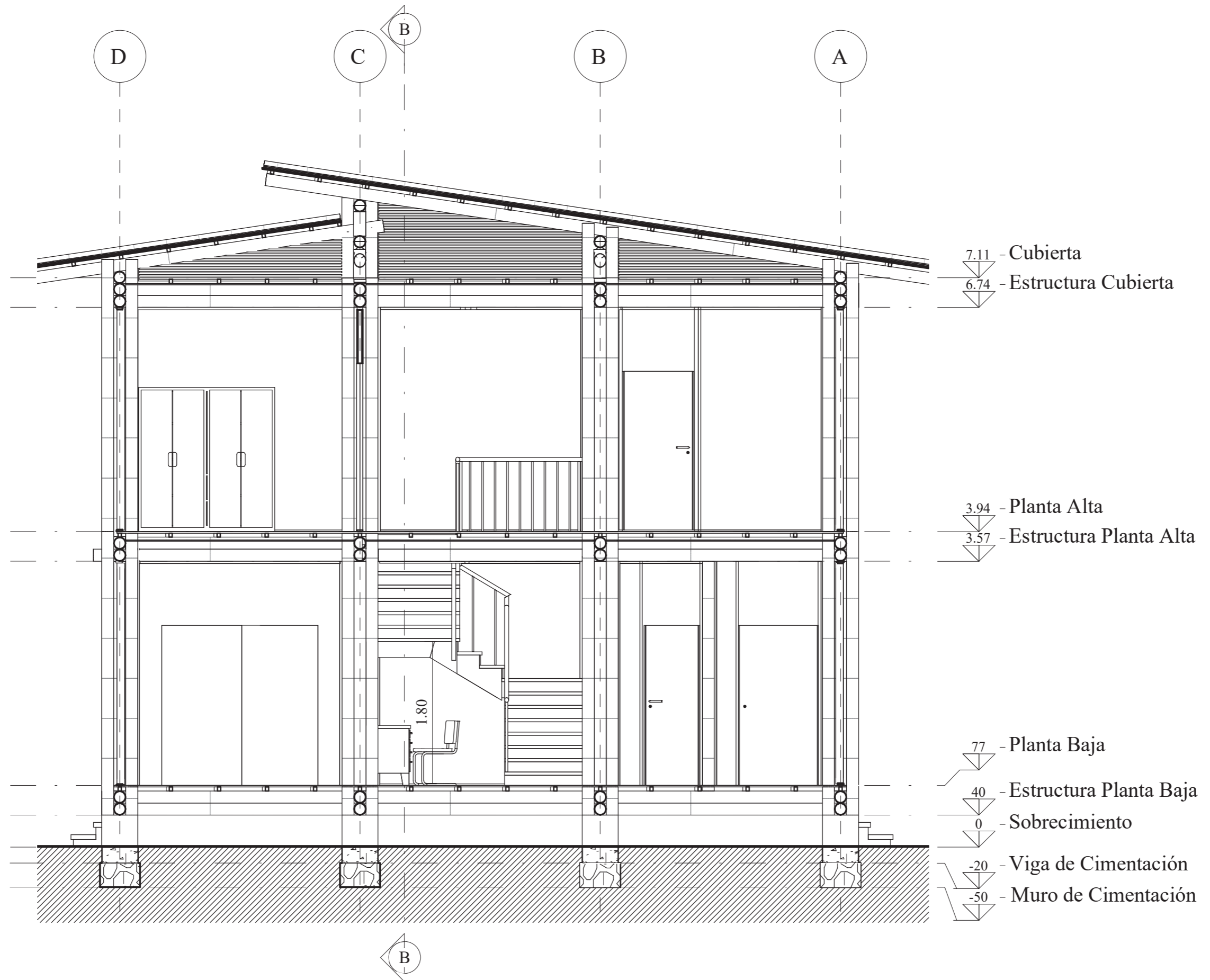
ELEVACIÓN POSTERIOR
 ESCALA 1:50



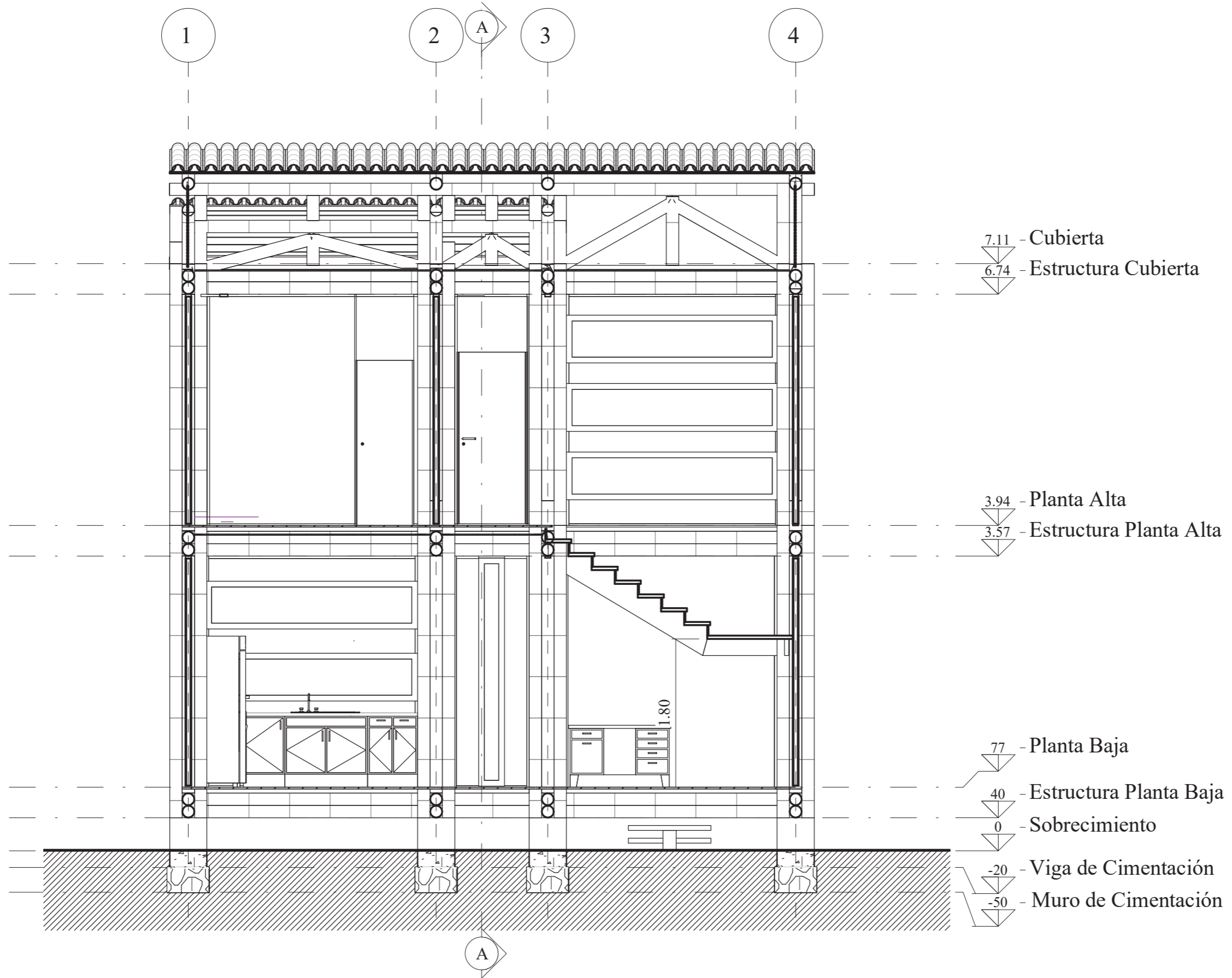
B
 ELEVACIÓN LATERAL DERECHA
 ESCALA 1:50



ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA
 ESCALA 1:50



SECCIÓN A-A
 ESCALA 1:50



SECCIÓN B-B
 ESCALA 1:50



FIGURA 3.13: Axonometría Frontal.

Elaboración: Autor,(2020).



FIGURA 3.14: Axonometría Posterior.

Elaboración: Autor,(2020).

Conclusiones

- La recopilación bibliográfica permite establecer un enfoque direccionado a una necesidad real, como es el déficit de vivienda, mediante una propuesta desarrollada con la caña guadúa como material principal, basando el sistema constructivo en los estudios técnicos aprobados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- En el cantón Yantzaza se puede observar una gran número de construcciones inconclusas, evidenciándose de esta manera la importancia del factor económico en la concepción habitacional, por ende, promover sistemas constructivos alternativos como la construcción con prefabricados de caña guadúa permite al usuario analizar y elegir en función de su poder adquisitivo, obteniendo de esta manera mejores resultados finales.
- La propuesta generada responde a un diseño modular de elementos prefabricados en caña guadúa que permiten la modulación de toda la unidad de vivienda, mejorar el aprovechamiento de los materiales al minimizar los desperdicios y favorecer la rapidez constructiva en función de las características que ofrece el sistema planteado, como, los mecanismos de uniones y auto sujeción, evidenciando de este modo, la factibilidad y versatilidad del sistema al ser aplicado en el modelado digital de vivienda.
- El diseño de elementos multifuncionales, como los perfiles diseñados para las uniones del sistema, contribuye a la rapidez constructiva y disminución de costos por producción y construcción al generar piezas adaptables a varias funciones.
- La generación de una propuesta constructiva basada en materiales endémicos contribuye a potenciar y rescatar el patrimonio intangible de las comunidades, otorgando identidad cultural al entorno construido, a su vez permite generar unidades de vivienda idóneas para la habitabilidad confortable de los usuarios e impulsar nuevas fuentes de trabajo locales al favorecer la explotación controlada de especies madereras sostenibles y de rápido crecimiento como la caña guadúa.
- Es importante priorizar el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en Estructuras de guadúa, ya que esto garantiza la durabilidad de las construcciones desarrolladas con caña guadúa al establecer los parámetros y requerimientos mínimos a tener en cuenta en el correcto manejo, producción y tratamiento que se debe realizar con la caña guadúa, antes, durante y después de la construcción.

Recomendaciones

- Promover los campos investigativos de alternativas constructivas que permitan solventar necesidades básicas, como la vivienda, mediante la incorporación o recuperación de materiales sostenibles, permiten generar una respuesta rápida a la necesidad de nuevas unidades de vivienda por el constante incremento demográfico y a su vez contribuir con la mitigación del impacto ambiental.
- Promover la construcción con materiales sostenibles, endémicos y de menor costo, en comparación con los sistemas constructivos convencionales, contribuye con la generación de viviendas en condiciones de habitabilidad óptimas, favoreciendo una calidad de vida confortable.
- El diseño y dimensiones de los paneles modulares permiten al técnico establecer las dimensiones requeridas para el proyecto, sin embargo, es importante dar cumplimiento a las Ordenanzas locales y lineamientos técnicos que influyesen en el planteamiento del proyecto, con el fin de evitar contravenciones y asegurar la calidad de la construcción.
- La formulación de un proyecto arquitectónico se debe establecer según las necesidades y requerimientos del usuario y el entorno, por lo tanto, la propuesta del sistema planteado se expone como una idea generalizada de funcionamiento, la cual se deberá aplicar según las exigencias del cliente.
- Es importante incentivar el uso de materiales sostenibles desde todos los ámbitos influyentes en el tema, como la academia y el ministerio del medio ambiente, con el fin de formar profesionales motivados en el tema de investigación y agricultores interesados en el producción de especies madereras sostenibles y de rápido crecimiento como la caña guadúa ya que esto permite a la población beneficiarse en muchos aspectos, ya sea en el ámbito constructivo, económico, artesanal, entre otros.
- Es fundamental realizar un buen tratamiento de la caña guadúa, siguiendo las especificaciones establecidas en la NEC-GaK, con el fin de dotar de todos los elementos necesarios de protección para que el material empleado funcione en las condiciones climáticas de la zona de construcción, ya que un buen tratamiento en el material contribuye a una mayor durabilidad constructiva.

Referencias

- Acosta, M. E. (2009). La gestión de la vivienda social en el Ecuador: entre la espada y la pared. *Ecuador Debate*, 8(76), 55.
- Armijos J, F., y Armijos P, J. (2005). *Aplicación de Conceptos Bioclimáticos al Diseño de una Vivienda de Caña Guadua en Cuenca* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de Cuenca.
- Balseca Tapia, L. B., Solórzano Solórzano, S. S., y Bustamante Obaco, H. F. (2017). Producción y comercialización de la caña guadua en la provincia de el oro production and marketing of bamboo cane of el oro province *. , 1, 580–589. Descargado de <file:///D:/Downloads/194-1-317-1-10-20170620.pdf>
- Brito Max, C. C. (2012). *Diseño de Tabiques Modulares en Caña Guadua* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de Cuenca.
- Cabrera Andrade, C. A. (2018). *Aplicación de la Caña Guadúa en la Construcción de un Modelo de Tiny House* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de Cuenca.
- Cuji Siguenza, I. K. (2016). *Análisis de la caña guadúa y bambú como material estructural utilizado en vigas y su incidencia en la resistencia a flexión del concreto* (Tesis Doctoral, Universidad Técnica de Ambato). Descargado de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/23506>
- Desarrollo, B. I. D. (2012). Un espacio para el desarrollo- Los mercados de la vivienda en América Latina y el Caribe. *Resumen Ejecutivo*, 32.
- Encalada Nuñez, J. A. (2016). *Modelo de panel prefabricado en guadúa, aplicado a la industrialización de la construcción, para divisiones verticales*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad de Cuenca.
- Encalada Pinargote, D. V. (2010). *LA CAÑA GUADUA: Alternativa para la vivienda popular para la provincia de Morona Santiago*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Católica de Cuenca.
- Erreyes Padilla, A. R., y Carolina, G. G. T. (2015). *Construcción Sostenible a Partir De Paneles Prefabricados De Caña Guadua Y Poliuretano* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Central del Ecuador.
- Escrig Pérez, C. (2010). Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón. , 7. Descargado de <http://hdl.handle.net/2117/8398>
- Espinel Rodas, J. E. (2014). *La Caña Guadua en el Espacio Interior* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad del Azuay.
- Gándara Vivar, J. (2019). *Diseño de un Prototipo de Vivienda Social Ubicado en el Cantón Salinas. Empleno del Bambú como Material Alternativo* (Tesis Doctoral no publicada). UEES.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Yantzaza. (2015). *RESUMEN EJECUTIVO: ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN YANTZAZA*. Yantzaza.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTON YANTZAZA. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Anexo II-Estándares Urbanísticos*. Yantzaza.
- Guamán Tenecora, E. F. (2017). *ANTEPROYECTO DEL PARQUE MIRADOR*

- “LOMA DE TAMPALÁN DE LA COMUNIDAD DE JESUS DEL GRAN PODER/SIDCAY” CON MATERIALES RECICLABLES Y LA APLICACIÓN DE LA CAÑA GUADUA (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Católica de Cuenca.
- Hidalgo, O. (1974). *Bambu su Cultivo y Aplicaciones en: Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía*. Cali, Colombia: ITALFRAF.
- Hidalgo López, O. (1981). *Manual de construcción con Bambú, Estudios Técnicos Colombianos*. Bogotá, Colombia: Estudios Técnicos Colombianos LTDA.
- Idrovo González, A. K. (2006). *Sistema de construcción de caña guadua adaptado en un proyecto para nuevas aplicaciones* (Tesis Doctoral, Universidad de Cuenca). Descargado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/handle/123456789/6161>
- López Torres, V. C. (2011). *DETALLES CONSTRUCTIVOS EN CAÑA GUADÚA*. (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Católica de Cuenca.
- Lozada Aspiazú, C. N. (2012). *DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA DURABILIDAD DE TABLEROS DERIVADOS DE BAMBÚ (GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH), MEDIANTE PRUEBAS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADAS* (Tesis Doctoral, Universidad de Guayaquil). doi: 10.7705/biomedica.v31i0.529
- Ministerio de Desarrollo y Vivienda, M. (2016). Estructuras de guadúa (GaK). *NEC Norma Ecuatoriana de la construcción*, 94.
- Morán Ubidia, J. A. (2009). *Construir con Guadua. Manual de construcción*. Quito, Ecuador: Red Internacional de Bambú y Ratán - INBAR. Descargado de <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2009-construir-con-guadua-manual-de-construccic3b3n.pdf>
- Ochoa G., D. K., y Valarezo García, J. M. (2014). Caracterización y análisis de rentabilidad de los sistemas de producción ganaderos presentes en el cantón Yantzaza, Ecuador. *Revista Cedamaz*, 4(1), 76–85. Descargado de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/240>
- Rea Lozano, V. (2012). *USO DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN: EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL FRENTE A SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Madrid.
- Reiser Gasser, J. (2005). *La racionalización y prefabricación de la construcción, una experiencia personal* (Tesis Doctoral no publicada). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Salas Delgado, E. (2006). *Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia*. (Tesis Doctoral no publicada). UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA.
- Tandazo Regalado, J. E., y Flores Diaz, G. D. (2012). *Proceso de industrialización de la caña guadua como material alternativo para la construcción y diseño de vivienda tipo de una y dos plantas , empleando caña guadua en sus elementos estructurales* (Tesis Doctoral no publicada). ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Yael Lumainsky, N. (2014). *Prefabricación. Madera* (Tesis Doctoral no publicada). Universidad Torcuato di Tella.

ESTRUCTURAS DE GUADÚA (GaK)



Arq. María de los Ángeles Duarte
Ministra de Desarrollo Urbano y Vivienda

Ing. Verónica Paulina Bravo Ochoa
Subsecretaria de Hábitat y Espacio Público

Arq. José Adolfo Morales Rodríguez
Director de Hábitat y Espacio Público

Arq. Jenny Lorena Arias Zambrano
Coordinadora de Proyecto

Colaboración en la Elaboración del Capítulo

Arq. Jorge Morán Ubidia
Arq. Fernando Loayza
Arq. Daniela Cadena
Arq. Nicolás Van Drunen
Arq. José María Laso
Arq. Robinson Vega
Arq. Andrea Jaramillo
Ing. Pedro Córdova
Ing. Alex Albuja
Ing. Paulina Soria

Textos y Edición

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)

Agosto, 2016

■ Presentación



El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), como ente rector en materia de hábitat y asentamientos humanos ha impulsado un cambio estructural en la política habitacional y constructiva en todo el país con la elaboración de documentos que fomenten el desarrollo ordenado de los asentamientos humanos y el acceso a la vivienda digna.

De acuerdo con el Decreto Ejecutivo No. 705 del 24 de marzo de 2011, el MIDUVI coordina el trabajo para la elaboración de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y preside el Comité Ejecutivo de la NEC, integrado por el Ministerio Coordinador de Seguridad (MICS), la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), la Federación Ecuatoriana de Cámaras de la Construcción (FECC) y un representante de las Facultades de Ingeniería de las Universidades y Escuelas Politécnicas.

En cumplimiento de lo dispuesto, la Norma Ecuatoriana de la Construcción actualiza el Código Ecuatoriano de la Construcción, que estuvo vigente desde el 2001 hasta el 2011, y determina la nueva normativa aplicable para la edificación, estableciendo un conjunto de especificaciones mínimas, organizadas por capítulos dentro de tres ejes de acción: Seguridad Estructural (NEC-SE); Habitabilidad y Salud (NEC-HS) y Servicios Básicos (NEC-SB). Adicionalmente, la NEC incluye la figura de Documentos Reconocidos (NEC-DR) que contiene información complementaria a los capítulos de los tres ejes establecidos.

La NEC es de obligatorio cumplimiento a nivel nacional y debe ser considerada en todos los procesos constructivos, como lo indica la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). Se constituye en una normativa que busca la calidad de vida de los ecuatorianos y aporta en la construcción de una cultura de seguridad y prevención; por ello, define los principios básicos para el diseño sísmo resistente de las estructuras; establece parámetros mínimos de seguridad y calidad en las edificaciones; optimiza los mecanismos de control y mantenimiento en los procesos constructivos; reduce el consumo y mejora la eficiencia energética de las edificaciones; aboga por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad y salud; y además fija responsabilidades, obligaciones y derechos de todos los actores involucrados en la construcción.

Con la expedición de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, el MIDUVI y quienes integran el Comité Ejecutivo de la NEC presentan al país este documento como un aporte al buen vivir de todos los ecuatorianos.

Arq. María de los Ángeles Duarte
Ministra de Desarrollo Urbano y Vivienda



■ Prólogo

El presente capítulo se alinea al eje de Seguridad Estructural que tiene como finalidad establecer los principios básicos para el diseño sismorresistente de las estructuras, considerando que el Ecuador registra un alto riesgo de vulnerabilidad sísmica. Dentro de este eje se plantea un conjunto de directrices y lineamientos para diseño, ejecución, control y mantenimiento de las edificaciones con miras a garantizar la calidad del entorno construido en beneficio de los usuarios; favoreciendo el cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir.

Este documento ha sido desarrollado por un equipo de trabajo, liderado por el MIDUVI, integrado por un grupo de expertos nacionales e internacionales en temas de construcción con guadua, en consenso con entidades públicas, privadas e instituciones de educación superior relacionadas a los procesos de edificación. Mención especial a la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) y la Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG) por la elaboración del anteproyecto que dio inicio a este capítulo.

TABLA DE DATOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO HABILITANTE	FECHA
Expedición mediante Acuerdo Ministerial No. 033-16.	26 de agosto de 2016
MIDUVI, Registro Oficial, Año IV, Edición Especial No. 842.	19 de enero de 2017

PERSONAS Y ENTIDADES PARTICIPANTES EN LA REVISIÓN DEL CAPÍTULO

INSTITUCIÓN	NOMBRE
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)	Jenny Arias
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)	Nora Oquendo
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)	Edwin Rosales
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)	Paulina Cadena
Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación	Freddy Monge
Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación	Alejandro Bermeo
Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR)	Andrés Aguilar
Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR)	Christian Valencia
Servicio Ecuatoriano de Normalización	Gabriel Chávez
Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (CONGOPE)	Williams Molina
GAD Provincial Santo Domingo de los Tsáchilas (GADPSDT)	Fernando Loaiza
Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG)	Jorge Morán
Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG)	Pedro Córdova
Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG)	Robinson Vega
Universidad Central del Ecuador (UCE)	Daniela Cadena
Universidad Central del Ecuador (UCE)	Carlos Cárdenas
Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE)	Andrea Jaramillo
Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL)	Edwin Duque
Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)	Alex Albuja
Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)	Sebastián Baquero
Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)	Cesar Páiz
Escuela Politécnica Nacional (EPN)	Félix Vaca
Instituto Tecnológico Superior Andrés F. Córdova (ITSAFC)	Pablo Villavicencio
Red Internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratán (INBAR)	Paulina Soria
Red Internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratán (INBAR)	Nicolás Van Drunen
Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (ACIES)	Luis Felipe López
Colegio de Arquitectos del Ecuador de Pichincha (CAE-P)	José María Laso
Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha (CICP)	Luis Echeverría
Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)	Iván Zaldumbide
Fundación Ecuatoriana del Hábitat (FUNHABIT)	Luis Gallegos
Fundación Somos Ecuador	Esteban Torres
All Hands Volunteers Ecuador	Carolina Castellet

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

ESTRUCTURAS DE GUADÚA (GaK)

CONTENIDO

1.	Generalidades	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Preliminar	1
1.3.	Definiciones.....	2
1.4.	Simbología.....	7
1.4.1.	Unidades	7
1.4.2.	Abreviaciones	7
1.4.3.	Simbología de Fórmulas	7
1.5.	Marco normativo y referencias	10
1.5.1.	Normas y estándares internacionales	10
1.5.2.	Norma Ecuatoriana de la Construcción	11
1.5.3.	Documentos de investigación (Repositorios Académicos)	12
1.5.4.	Otras referencias citadas	12
2.	Campo de aplicación.....	14
3.	Requisitos de calidad para guadúa estructural	14
3.1.	Identificación de la GaK	14
3.2.	Selección de los Culmos de GaK en la plantación	15
3.3.	Corte de Culmos y Ramas	15
3.4.	Transporte de los Culmos	16
3.5.	Preservación de la GaK	16
3.5.1.	Tipos de preservantes.....	17
3.5.2.	Métodos de preservación	17
3.6.	Secado	18
3.6.1.	Secado al ambiente.....	19
3.6.2.	Secado artificial	19
3.7.	Almacenamiento.....	20
3.7.1.	Almacenamiento Vertical.....	20
3.7.2.	Almacenamiento Horizontal	20
3.8.	Identificación de la GaK Idónea para la Construcción	21
4.	Bases para el Diseño Estructural	23
4.1.	Requisitos de diseño	23
4.2.	Requisitos de calidad para las estructuras en GaK	24
4.3.	Método de diseño estructural	25
4.3.1.	Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad.....	25
4.3.2.	Esfuerzos Admisibles	27
4.3.3.	Coeficientes de modificación.....	28
4.4.	Diseño de elementos sometidos a flexión.....	31
4.4.1.	Perforaciones	31
4.4.2.	Área neta	32

4.4.3.	Luz de diseño	32
4.4.4.	Deflexiones.....	32
4.4.5.	Flexión	34
4.4.6.	Cortante.....	37
4.4.7.	Aplastamiento.....	38
4.5.	Diseño de elementos solicitados por fuerza axial	39
4.5.1.	Elementos solicitados a tensión axial	39
4.5.2.	Tensión perpendicular a la fibra	39
4.5.3.	Elementos solicitados a compresión axial	39
4.6.	Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial.....	44
4.6.1.	Elementos solicitados a flexión con tensión axial	44
4.6.2.	Elementos solicitados a flexo-compresión	44
4.7.	Muros de corte, carga lateral, sismo o viento	45
4.7.1.	Requisitos de resistencia y rigidez	45
4.8.	Diseño de uniones.....	46
5.	Diseño y Construcción con GaK	47
5.1.	Consideraciones generales.....	47
5.2.	Adquisición de los culmos de GaK.....	47
5.3.	Protección por diseño.....	48
5.4.	Cimentación y sobrecimiento	50
5.5.	Anclaje de los culmos a los sobrecimientos.....	51
5.5.1.	Mediante varillas de acero	51
5.5.2.	Mediante pletinas de acero	53
5.6.	Cortes para uniones entre culmos de GaK.....	55
5.7.	Uniones entre piezas estructurales de GaK.....	56
5.7.1.	Requisitos generales para la realización de las uniones	56
5.7.2.	Uniones empernadas y con pletinas	56
5.8.	Elementos constructivos de GaK	64
5.8.1.	Columnas	64
5.8.2.	Vigas.....	65
5.8.3.	Paneles.....	66
5.8.4.	Entrepiso	76
5.8.5.	Cubierta	78
5.9.	Acabado y mantenimiento.....	79
6.	Apéndices.....	80
Apéndice 1:	Estudio de Especies Prioritarias de Bambú en el Mundo, INBAR	80
Apéndice 2:	Especies Nativas de Bambú en el Ecuador	82
Apéndice 3:	Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador	83
Apéndice 4:	Tiempos de Secado según infraestructura Jorge Augusto Montoya	91
Apéndice 5:	Diseño de un Secador Solar.	92
Apéndice 6:	Tabla Comparativa de Propiedades Mecánicas de la GaK.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Conicidad admisible de la GaK.....	21
Tabla 2: Límites de fisuras en la GaK	22
Tabla 3: Esfuerzos admisibles F_i (MPa), CH=12%.....	26
Tabla 4: Esfuerzos últimos F_u (MPa), CH=12%.....	26
Tabla 5: Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12%.....	26
Tabla 6: Factores de reducción de resistencia	28
Tabla 7: Coeficientes de modificación por duración de carga.....	29
Tabla 8: Coeficientes de modificación por contenido de humedad (C_m)	29
Tabla 9: Coeficientes de modificación por temperatura (C_t)	30
Tabla 10: Fórmulas para el cálculo de deflexiones.....	32
Tabla 11: Deflexiones admisibles δ (mm), nota3	33
Tabla 12: Valores de C_c	34
Tabla 13: Cargas w para cálculo de sección y deflexiones	34
Tabla 14: Coeficientes C_L para diferentes relaciones d/b	35
Tabla 15: Coeficiente de longitud efectiva (*)	40
Tabla 16: Coeficientes de longitud efectiva de columna k_e	40
Tabla 17: Clasificación de columnas por esbeltez	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Falla a compresión.....	22
Figura 2: Determinación del Diámetro y del Espesor Real de la Pared.....	25
Figura 3: Ejemplo de sección compuesta	35
Figura 4: Detalle conectores secciones compuestas.....	38
Figura 5: Detalle de apoyo de columnas de GaK en sobrecimiento.....	48
Figura 6: Protección de las edificaciones de las escorrentías	49
Figura 7 Detalle de cimiento y sobrecimiento	51
Figura 8 Ejemplo de anclaje mediante varillas de acero	53
Figura 9: Ejemplo de un anclaje con pletinas	54
Figura 10: Cortes para uniones.....	55
Figura 11: Vaciado de mortero y unión de los culmos con mortero.....	57
Figura 12: Uniones longitudinales con pieza de madera	58
Figura 13: Uniones longitudinales con dos piezas metálicas	58
Figura 14: Uniones longitudinales con dos culmos.....	59
Figura 15: Unión perno tensor.....	60

Figura 16: Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica	61
Figura 17: Unión Diagonal Simple.....	62
Figura 18: Unión Diagonal con Bambú de Apoyo	62
Figura 19: Unión zunchada	63
Figura 20: Columna compuesta por 5 culmos y que soportan vigas dobles transversales.....	64
Figura 21: Viga compuesta tipo A	65
Figura 22: Viga compuesta tipo B	66
Figura 23: Detalle de unión de culmos paralelos	66
Figura 24: Panel con estructura de culmos de GaK.	67
Figura 25: Detalle uniones en panel con estructura de culmos de GaK.....	68
Figura 26: Paneles estructurales con GaK.	68
Figura 27: Paneles con estructuras de madera (semidura) de sección 5 x5.....	69
Figura 28: Detalle de uniones de paneles con estructuras de madera (semidura)	69
Figura 29: Paneles con estructura de GaK y Madera	70
Figura 30: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con arandela y tuerca.....	71
Figura 31: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con varilla de acero	71
Figura 32: Detalle de unión de la columna de GaK a la solera de madera	72
Figura 33: Uniones entre muros.....	72
Figura 34: Paneles con estructuras de GaK y madera. Vista superior.	73
Figura 35: Recubrimiento de Paredes con latillas de bambú	74
Figura 36: Recubrimiento de paredes con mortero de arena cemento	76
Figura 37: Detalle de entrepiso de concreto	77
Figura 38: Detalle de entrepiso entablado	78

1. Generalidades

1.1. Antecedentes

La información contenida en este capítulo fue elaborada sobre la base del Proyecto Normativo de Guadúa presentado por INBAR (siglas en inglés para la Red Internacional de Bambú y Ratán), bajo la autoría del maestro Jorge Morán Ubidia, arquitecto ecuatoriano referente internacional en la construcción con bambú. INBAR es una organización compuesta por 41 países, de la que Ecuador forma parte y es sede de la oficina de enlace para América Latina.

El presente capítulo fue elaborado por un grupo de trabajo liderado por MIDUVI e integrado por representantes técnicos de INBAR, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Universidad Central del Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial, Colegio de Arquitectos, y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santo Domingo de los Tsáchilas, entre otras instituciones que revisaron el documento base y realizaron distintos aportes sobre requisitos de calidad, bases para el diseño estructural, diseño y construcción con guadúa.

Para la elaboración del presente documento se tomó como referencia la Norma Técnica E 100 Bambú del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, y la Norma Sismo Resistente NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, que se alinea con los procesos que INBAR lidera para la actualización de las ISOS relacionadas con el bambú. De igual forma, como parte del documento se tomó información de tesis de grado desarrolladas por varias universidades ecuatorianas; destacamos la información generada por la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, a través de su planta de Investigación de Ecomateriales, que ha desarrollado varios ensayos de caracterización físico mecánica de la *Guadua angustifolia* Kunth (GaK).

1.2. Preliminar

La caña *Guadua angustifolia* Kunth (GaK) es una de las más de mil doscientas especies de bambú que han sido identificadas en el mundo (Ver Apéndice 1: Estudio de Especies Prioritarias de Bambú del Mundo), es un bambú leñoso que crece en regiones tropicales y sus tallos pueden alcanzar una altura aproximada de 30m. El bambú pertenece a la subfamilia de las gramíneas denominada bambusoideae, y a diferencia de las maderas, éstas presentan un rápido crecimiento y propagación sin que haya necesidad de replantarlo después del aprovechamiento adecuado, lo que representa ventajas productivas y económicas.

Los bambúes del género guadúa son endémicos de Centro y Sur América, integrando 32 especies aproximadamente, sin embargo, la *Guadua angustifolia* Kunth es nativa de Colombia, Ecuador y Perú, aunque en la actualidad otros países han empezado a plantarla por el potencial que posee para su aplicación en diferentes usos (construcción, artesanías, muebles, laminados, entre otros) debido a sus características físicas y mecánicas.

Desde la época precolombina la GaK ha sido utilizada como material en la construcción de diferentes estructuras, y hoy en día los testimonios de su durabilidad, son edificaciones aún existentes que fueron construidas hace más de 100 años a lo largo del Eje Cafetero en Colombia, o en ciudades como Guayaquil, Jipijapa y Montecristi en Ecuador; además, en la costa norte del Perú en ciudades como Piura y Tumbes, existe también una larga tradición del uso de la caña guadúa como principal material para la construcción de viviendas.

La caña guadúa sobresale entre otras especies de su género por las propiedades estructurales de sus tallos, como la relación peso – resistencia (similar o superior al de algunas maderas), siendo incluso comparado con el acero y con algunas fibras de alta tecnología, considerando que la capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que esta especie de bambú sea un material ideal para construcciones sismo resistente.

Otro aspecto a considerar, es que por las características que posee la GaK como materia prima local y como recurso renovable, ofrece la posibilidad de bajar la huella ecológica de las edificaciones, lo que resulta importante para uno de los sectores industriales más contaminantes del planeta.

1.3. Definiciones

Para efectos de aplicación de este capítulo, se adoptaron algunas definiciones técnicas. En caso de usar otros términos o conceptos de cálculo, estos deben ser los reconocidos en el campo de diseño de estructuras por organismos nacionales o internacionales de normalización.

Abrasivo: Producto sólido o líquido que desgasta una superficie.

Acabado: Estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza de madera o Guadúa. Estado final del recubrimiento o enlucido.

Acción conjunta: Participación de varios elementos estructurales con separación no mayor a 600 mm para soportar una carga o sistema de cargas.

Afirmado: (material de mejoramiento, recebo compactado) Material granular seleccionado de relleno, que se coloca entre el suelo natural y el entrepiso. Este material debe compactarse en forma adecuada.

Alféizar: Muro que constituye el hueco inferior de una ventana; generalmente sólo se dice del horizontal que sirve de coronación del antepecho.

Apeo: Acción y efecto de apear (ll sostener un edificio). Armazón, madero o fábrica con que se apea el todo o parte de un edificio, construcción o terreno.

Arandela: Pieza metálica en forma de corona, utilizada en uniones empernadas para repartir la fuerza en un área mayor. Sinónimo de rodela.

Aspectos morfológicos: Aspectos visuales como forma, color y otros detalles.

Aserrado: Proceso mediante el cual se corta una troza (un tronco) para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular.

Avinagrado: Proceso que consiste en dejar el culmo recién cortado, durante al menos 6 días, sobre el tocón para que de forma natural libere los líquidos contenidos en el mismo.

Basa: Segundo segmento del culmo de GaK, a continuación de la cepa, con una longitud entre 4 y 6 m.

Basal: Situado en la base de una formación orgánica o de una construcción.

Boucherie: Sistema de inmunización de la GaK por presión.

Cabio: Vigüeta de cubierta puesta en el sentido de la pendiente, también se le conoce con el nombre de alfarda.

Caña picada: (esterilla en Colombia, caña chancada en Perú) Estera que se forma después de realizar incisiones longitudinales al culmo de GaK en estado verde y de abrirla en forma plana.

Carrera: Solera superior que corona una estructura de muros, también se le llama solera superior.

Celulosa: Polisacárido que forma la pared de las células vegetales y es el componente fundamental del papel.

Cepa: Primer segmento basal del culmo de guadúa con longitudes que fluctúan entre 3 a 4 m; es la parte de la guadúa que presenta el mayor diámetro y el mayor espesor de pared.

Cercha: Elemento estructural reticulado destinado a recibir y trasladar a los muros portantes las cargas de cubierta. Tiene una función equivalente a la de una correa o vigueta de cubierta.

Cimentación: Entramado (malla o retícula) de vigas de hormigón reforzado que transfiere las cargas de la superestructura al suelo.

Colector solar: Mecanismo o sistema diseñado para absorber las radiaciones solares y transformar esa energía en calor.

Columna en Guadúa: Pieza, generalmente vertical, cuyo trabajo principal es a compresión.

Conicidad: Diferencia de los promedios de los diámetros en los extremos del culmo de bambú Guadúa, dividida por la longitud entre ellos.

Contracción: Reducción de las dimensiones de una pieza de madera o guadúa causada por la disminución del contenido de humedad.

Contrapiso: (o losa base) Elemento de hormigón o mortero con arena o grava colocado sobre material de afirmado y que sirve de soporte al piso acabado.

Correa: Elemento horizontal componente de la estructura de la cubierta, también se le conoce como vigueta de cubierta o tirante.

Cuadrante: Elemento que se pone diagonalmente para conformar una forma triangular cerrada en las esquinas de entresijos y cubiertas, para limitar la deformación, en su propio plano, de los diafragmas.

Culata: Parte del muro que configura el espacio entre la cubierta y los dinteles y que remata con la pendiente de la cubierta. También se denomina cuchilla.

Culmo: Tallo del bambú, formado por nudos y entrenudos, que emerge del rizoma; es el equivalente al tallo de un árbol.

Dermis o Tripa: parte blanda del Bambú.

Diafragmas interiores del culmo: Tabiques o membranas interiores del tallo de bambú ubicados a la altura de cada uno de los nudos.

Diafragma: Elemento estructural (entresijo o cubierta) que reparte las fuerzas inerciales laterales a los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica (muros).

Distancia eje a eje: Distancia del eje de un elemento al eje del elemento adyacente, por ejemplo, distancia entre viguetas o entre pies derechos.

Densidad básica (DB): Cociente entre la masa en estado anhidro (guadúa seca al horno) y el volumen de la guadúa en estado verde (VV).

Distancia al extremo: Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a la punta de la pieza de Guadúa.

Elementos especiales de cimentación: Son elementos atípicos en este título y que resuelven de manera particular problemas específicos de una construcción en su cimentación tales como pilotes, micropilotes, realces, muros de contención y plataformas de suelo mejorado.

Elementos suplementarios de cimentación: Son elementos que complementan el trabajo de la cimentación en su función de transferencia de cargas hacia el suelo, tales como elementos de cierre de los anillos en la malla, elementos de estabilidad de elementos medianeros, etc.

Endémico: Propio, nativo u originario de un lugar.

Enlucido: (pañete, revoque) Mortero de acabado para la superficie de un muro. También se denomina mortero de alisado.

Entramado: Sistema estructural primario de los muros de bahareque, corresponde a marcos hechos de bambú guadúa o de una combinación de bambú guadúa con madera.

Entrenudo: Porción del culmo comprendida entre dos nudos; también se le conoce como canuto o cañuto, su longitud varía a lo largo del culmo y se va incrementando en el entrenudo subsiguiente de la parte alta.

Epidermis: Piel o parte externa del culmo.

Fibra: Células alargadas con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas.

GaK: *Guadua angustifolia* Kunth.

Gramíneo: Dicho de una planta. Del grupo de las angiospermas monocotiledóneas, con tallo cilíndrico, comúnmente hueco, interrumpido de trecho en trecho por nudos llenos, hojas alternas que nacen de estos nudos y abrazan el tallo, flores muy sencillas, dispuestas en espigas o en panojas, y grano seco cubierto por las escamas de la flor.

Higrómetro: Instrumento que sirve para determinar la humedad.

Higroscópico: Que tiene la Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran.

Hinchamiento: Aumento de las dimensiones de una pieza de madera o bambú guadúa por causa del incremento de su contenido de humedad.

Hoja caulinar: Hoja triangular, que protege temporalmente las yemas del culmo durante los primeros seis meses.

Hormigón ciclópeo: Hormigón con adición de agregado de tamaños mayores al corriente (sobretamaño).

Horcón: Madero vertical que en las casas rústicas sirve, a modo de columna, para sostener las vigas o los aleros del tejado.

Lignina: Sustancia natural que forma parte de la pared celular de muchas células vegetales, a las cuales da dureza y resistencia

Líquenes: Organismo resultante de la simbiosis de hongos con algas unicelulares, que crece en sitios húmedos, extendiéndose sobre las rocas o las cortezas de los árboles en forma de hojuelas o costras grises, pardas, amarillas o rojizas.

Madera y/o guadúa tratada o preservada: Sometida a algún tipo de procedimiento, natural o químico, con el objeto de extraerle humedad y/o inmunizarla contra el ataque de insectos o pudrición.

Malla expandida: Malla que no se basa en tejer o en soldar alambres, sino que resulta de expandir una lámina metálica troquelada y perforada, también conocida como malla venada.

Malla con vena estructural: Malla fabricada a partir de lámina expandida y troquelada, con resaltes continuos que la hacen autoportante.

Malla de gallinero: Malla de alambre trenzado con agujeros hexagonales con aberturas no superiores a 25.4 mm.

Micrón: (micra) Unidad de longitud equivalente a la millonésima parte del metro (0,001 mm).

Mortero: Mezcla de arena, cemento y agua, que para efectos de este Capítulo es utilizada para llenar los entrenudos en conexiones empernadas, también se utiliza para pegar ladrillos y enlucir muros o techos.

Muerte Descendente: Proceso en el cual La planta empieza a secarse, por acción de microorganismos, desde la parte alta de la guadúa hacia abajo.

Muro: Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfiere cargas a las cimentaciones.

Muros de carga: Son muros que además de su peso propio llevan otras cargas verticales provenientes del entrepiso y de la cubierta. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.

Muros de rigidez: Son muros que sirven para resistir las fuerzas laterales en cada dirección principal de la edificación. Cuando son transversales a los muros de carga, sirven adicionalmente para reducir la esbeltez de estos. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.

Muros divisorios: (tabiques) Son muros que no llevan más carga que su peso propio, no cumplen ninguna función estructural para cargas verticales u horizontales y por lo tanto pueden ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto. No obstante, deben estar adheridos en su parte superior al sistema estructural, con el fin de evitar su vuelco ante la ocurrencia de un sismo.

Nudo: Parte del culmo de la Guadúa, donde las fibras se entrecruzan.

Pandeo: En la construcción, flexión de una viga, provocada por una compresión lateral.

Pie de amigo: Elementos oblicuos que transfieren cargas desde elementos horizontales a los elementos verticales.

Pie-derecho: (montante) Elemento vertical que trabaja a compresión. Piezas verticales de los entramados o muros de corte, en muros de bahareque generalmente son de bambú guadúa y/o madera.

Preservación: Tratamiento para prevenir o contrarrestar la acción de organismos destructores de la guadúa o la madera, como insectos y hongos.

Preservante: Sustancia química que se aplica para prevenir o contrarrestar por un periodo de tiempo, la acción de alguno o varios tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera o el bambú Guadúa.

Preservantes hidrosolubles: Preservantes que pueden disolverse en agua.

Preservantes oleo solubles: Preservantes solubles en solventes oleosos derivados del petróleo.

Pudrición: Este tipo de defecto corresponde a la descomposición de los culmos de guadúa por ataque de agentes biológicos o humedad, que producen cambios en su apariencia, color y propiedades físicas y mecánicas.

Retiro: Espacio obligatorio entre construcción y el límite del lote o entre dos construcciones.

Recubrimiento: Vaciado suplementario sobre una placa prefabricada que beneficia su trabajo como diafragma.

Recubrimiento de muros de bahareque encementado: Material que conforma las caras de un muro.

Riostra: Elemento que limita la deformación de una estructura o de componentes de una estructura, generalmente se ponen en las esquinas de los muros en ángulos que van de los 30° a los 60°, pueden ser de bambú, madera o metálicas.

Rodela: (arandela) Pieza generalmente circular, fina y perforada, que se usa para mantener apretados una tuerca o un tornillo, asegurar el cierre hermético de una junta o evitar el roce entre dos piezas.

Rolliza/o: Estado cilíndrico natural de los tallos de guadúa o madera.

Ruma: Gran cantidad de elementos (Culmos de Bambú) dispuestos con orden unos sobre otros.

Secado: Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera o Guadúa.

Sección transversal: Aquella sección que resulta de cortar una guadúa en sentido perpendicular a las fibras.

Sílice: Mineral formado por silicio y oxígeno. Si es anhídrido, forma el cuarzo, y si está hidratado, el ópalo.

Sismorresistente: Construido para resistir terremotos.

Sistema radicular: Raíces o rizomas.

Sobrebasa: Tercer segmento del culmo de Guadúa, localizado a continuación de la basa con longitudes hasta de 4 m.

Solera: En muros de bahareque encementado, es el elemento horizontal que sirve de base a la estructura de un muro e integra las cargas de los pié-derechos.

Tocón: Porción inferior de un tallo de árbol o bambú que queda en el terreno luego de ser cortado.

Tuerca: Complemento metálico, generalmente hexagonal, provisto de cabeza y rosca helicoidal incorporada.

Varillón: Segmento terminal del culmo de Guadúa, localizado a continuación de la sobrebasa, con longitudes hasta de 4 m. Se utiliza tradicionalmente en cubiertas como soporte de tejas de barro.

Viga: Pieza cuyo trabajo principal es la flexión.

Viga de sección compuesta: Viga conformada por dos o más culmos de guadúa conectadas entre sí por medio de pernos o varilla roscada.

Viga en Guadúa: Pieza, generalmente horizontal, cuyo trabajo principal es a flexión.

Vigueta: Elemento estructural secundario de la cubierta o entrepiso, que trabaja a flexión y cortante.

Xilófagos: Insectos que roen la madera y el bambú. Hacen que pierda sus características para ser usado como elemento estructural o de construcción.

Zuncho: Abrazadera metálica que envuelve la circunferencia de la Guadúa.

1.4. Simbología

1.4.1. Unidades

Se emplearán las unidades del Sistema Internacional (S.I.) de acuerdo con la Norma NTE INEN-ISO 80000-1:2014 CANTIDADES Y UNIDADES – PARTE 1: GENERALIDADES (ISO 80000-1:2009, IDT). Para el cálculo se utilizarán las siguientes unidades:

- Altura y Distancia: m (metro) o mm (milímetro).
- Diámetro: mm (milímetro) o " (pulgada).
- Área: m² (metro cuadrado) o mm² (milímetro cuadrado).
- Temperatura: °C (grados centígrados).
- Momento de Inercia: mm⁴ (milímetro a la cuarta).
- Fuerza y Carga: N (newton), kN (kilonewton) o kN/m² (kilonewton por metro cuadrado).
- Masa: kg (kilogramo).
- Momento: kN/m (kilonewton por metro).
- Presión: Pa (pascal) o N/m² (newton por metro cuadrado).
- Resistencia: kPa (kilopascal) o MPa (megapascal).
- Velocidad: m/s (metro por segundo) o mm/min (milímetro por minuto).

1.4.2. Abreviaciones

- GαK Guadua angustifolia Kunth
- CH Contenido de humedad
- HE Humedad de equilibrio
- EPS Espesor de Película Seca
- INBAR International Network for Bambú and Ratán
Red Internacional de Bambú y Ratán
- MAGAP Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.
- MAE Ministerio del Ambiente.
- MIDUVI Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

1.4.3. Simbología de Fórmulas

Símbolo	Definición
<i>%con</i>	Porcentaje de conicidad de la pieza en %
D ₊	Diámetro mayor en mm

D.	Diámetro menor en mm
L	Longitud de la pieza de guadúa
	Compresión paralela al eje longitudinal.
⊥	Compresión perpendicular al eje longitudinal.
f_{ki}	Valor característico en la sollicitación i
m	Valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio
s	Desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio
n	Número de ensayos
i	Subíndice que depende del tipo de sollicitación
F_i	Esfuerzo admisible en la sollicitación i
FC	Factor de reducción por calidad tomando en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de las cargas aplicadas a la estructura.
F_s	Factor de servicio y seguridad tomando en cuenta varias incertidumbres como los defectos no detectados, posibles variaciones en las propiedades del material, entre otros.
FDC	Factor de duración de la carga tomando en cuenta los esfuerzos de rotura de la caña guadúa angustifolia.
C_D	Coeficiente de modificación por duración de carga
C_m	Coeficiente de modificación por contenido de humedad
C_t	Coeficiente de modificación por temperatura
C_L	Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas
C_F	Coeficiente de modificación por forma
C_r	Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta
C_p	Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas
C_c	Coeficiente de modificación por cortante
F'_i	Esfuerzo admisible modificado para la sollicitación i
A	Área neta de la sección transversal de guadúa
D_e	Diámetro exterior de la pared de la guadúa

t	Espesor de la pared de la guadúa
f_b	Esfuerzo a flexión actuante
M	Momento actuante sobre el elemento
F'_b	Esfuerzo admisible
S	Módulo de Sección
I	Inercia de la sección.
A_i	Área para el i-ésimo culmo.
D_i	Distancia entre el centroide del conjunto de culmos (sección compuesta) y el centroide del i-ésimo culmo.
I_i	La inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide.
f_v	Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante
F'_v	Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes a que haya lugar.
V	Fuerza cortante en la sección considerada
J	Espaciamiento entre conectores de vigas compuestas
l	Luz de viga
V	Máximo cortante en la viga
f_p	Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra
F_p	Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes a que haya lugar.
R	Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras
f_t	Esfuerzo a tracción actuante
F_t	Esfuerzo de tracción admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar
A_n	Área neta del elemento
l_u	Longitud no soportada lateralmente del elemento
k	Coefficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos
l_e	Longitud efectiva

Λ	relación esbeltez del elemento
R	radio de giro de la sección
F'_c	Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras
$E_{0,05}$	Módulo de elasticidad percentil 5%
f_c	Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante
N	Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante
C_k	Esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y largas
F'_t	Esfuerzo de tracción admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar
K_m	Coefficiente de magnificación de momentos
N_a	Carga de compresión actuante
N_{cr}	Carga crítica de Euler

1.5. Marco normativo y referencias

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia, incluyendo cualquier enmienda:

1.5.1. Normas y estándares internacionales

- NTE INEN-ISO 80000-1:2014 Cantidades y Unidades – Parte 1: Generalidades (ISO 80000-1:2009, IDT),
- ISO 22156: 2004 Bamboo - Structural Design.
- ISO/22157-1: 2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.
- ISO/22157-2: 2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties – Part 2: Laboratory manual.
- Norma Técnica E 100 Bambú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2009.
- NTP341.026:1970 Barras de Acero al Carbono Laminadas en Caliente para Tuercas.
- NTP341.028:1270 Barras de Acero al Carbono Laminadas en Caliente para Pernos y Tornillos Formados en Caliente.

- Norma Sismo Resistente NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente:
 - Capítulo G.12 — “Estructuras de Guadúa”
 - Capítulo E.7 — “Bahareque encementado”,
 - Capítulo E.8 — “Entrepisos y uniones en bahareque encementado”,
 - Capítulo E.9 — “Cubiertas para construcción en bahareque encementado”
 - Titulo E — “Casas de uno y dos pisos”

- Norma Técnica Colombiana:
 - NTC 5300 Cosecha y post cosecha del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth, NTC 5301 Preservación y secado del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth,
 - NTC 5407 Uniones de estructuras de *Guadua angustifolia* Kunth,
 - NTC 5525 Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth, publicadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Preservación y secado del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5301. Bogotá D.C.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Uniones de estructuras con *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5407. Bogotá D.C.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C.
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, Titulo E, Casas de uno y dos pisos y Titulo G estructuras de madera, estructuras de Guadúa. Bogotá D.C. 2010.

1.5.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas).
- NEC-SE-DS: Peligro sísmico y requisitos de diseño sismorresistente.
- NEC-SE-RE: Riesgo sísmico, evaluación, y rehabilitación de estructuras.
- NEC-SE-GC: Geotecnia y diseño de cimentaciones.
- NEC-SE-HM: Estructuras de hormigón armado.
- NEC-SE-AC: Estructuras de acero.
- NEC-SE-MP: Estructuras de mampostería estructural.
- NEC-SE-MD: Estructuras de madera.
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m.
- NEC-DR-BE: Viviendas de bahareque encementado de uno y dos pisos.

1.5.3. Documentos de investigación (Repositorios Académicos)

- CALVA, L., Diseño de un Modelo de Vivienda Ecológica con Bambú para la Zona Rural de Yantzaza. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.2015.
- COBOS, J., y LEÓN, A., Propiedades Físicas-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí Ecuador. 2007.
- CÓRDOBA, P., Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la Caña Guadua angustifolia Kunth del Ecuador. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. 2007. Guayaquil Ecuador. 2014.
- GUTIÉRREZ, S., Uniones Estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia). Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. 2010.
- LUNA, P., TAKEUCHI, C., GRANADOS, G., LAMUS, F., y LOZANO, J., Metodología de Diseño de Estructuras en Guadua Angustifolia como Material Estructural por el Método de Esfuerzos Admisibles. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 2011.
- MENDOZA, J., ROSALES, J., Uso de la Caña Guadua en la Vivienda Modular. Universidad de Cuenca. Ecuador.2014.
- MUIRRAGUI, A., El Uso de la Guadua como Madera Alternativa para la Construcción y su Aplicación en la Elaboración de Tablas para Encofrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.2011.
- PRIETO, R., Optimización de Unión en Guadua ante Solicitación de Fuerza Sísmica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Colombia. 2004.
- VÁSCONEZ, M., Rolando, J., Diseño de puentes peatonales utilizando caña guadúa como elemento de construcción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.2005.

1.5.4. Otras referencias citadas

- Junta del acuerdo de Cartagena PDAT – REFORT, Manual de Diseño para maderas del grupo andino, 1984
- MONTOYA, J., Investigación Tecnológica para la evaluación de métodos de preservación de la Guadua. Colombia 2002.
- MONTOYA, J., OROZCO, C., Secado Solar y Convencional de la Guadúa angustifolia. Scientia Et Technica, vol. XI, p.133 - 137. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2005.
- MONTOYA, J., Procedimientos de secado de la especie de bambú Guadua angustifolia bajo condiciones tropicales. Colombia 2006.
- MONTOYA, J., GONZALES, H., BEDOYA, J., Resultados de ensayos a flexión en muestras de bambú de la especie Guadua angustifolia Kunth. Scientia Et Technica, vol. 35, p.503–508. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2007.
- MONTOYA, J., GONZALES, H., Evaluación de Métodos para la Preservación de la Guadua angustifolia Kunth. Scientia Et Technica, vol. XIV, núm. 38, pp. 443-448. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2008.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ. Guías de diseño para estructuras de Guadua angustifolia Kunth.

- LONDOÑO, X., Identificación Taxonómica de los Bambúes de la Región Noroccidental del Perú. Perú 2010.
- CAMARGO, J., Guía para silvicultura de guaduales naturales. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. Colombia 2004.
- CAMARGO, J., RODRÍGUEZ, A., SUAREZ, J., Determinación en campo de la madurez de culmos de guadua angustifolia en el Eje Cafetero de Colombia. Costa Rica. Recursos Naturales Y Ambiente. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie. 2010
- CAMARGO, J., GARCÍA, J., Condiciones de la calidad de guadua angustifolia para satisfacer las necesidades del mercado en el Eje Cafetero de Colombia. Costa Rica. Recursos Naturales Y Ambiente. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie. 2010.
- CAMARGO, J., MOSQUERA, O., Concentraciones de una solución preservante a base de ácido bórico y bórax. Evaluación en culmos de Guadua angustifolia. Costa Rica. Recursos Naturales Y Ambiente. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie. 2012.
- CAMARGO, J., GARCÍA, J., MORALES, T., Bases para la planificación y manejo silvicultural de bosques de Guadua: Una aplicación a nivel de finca en la Zona Cafetera de Colombia. Colombia. 2007.
- LÓPEZ, L., Estudio Exploratorio de los Laminados de Bambú Guadua Angustifolia como Material Estructural, Universidad de los Andes. Colombia 2004

2. Campo de aplicación

Esta norma está dirigida al diseño estructural de edificaciones con *Guadua angustifolia* Kunth (*GaK*) y otros bambúes de similares características físico – mecánicas (Ver Apéndice 2: Especies Nativas de Bambú en el Ecuador), de hasta dos niveles o pisos, para el diseño de vivienda, equipamientos en general y estructuras de soporte a infraestructuras, con cargas vivas máximas repartidas de hasta 2,0 kN/m².

Se requerirá de diseño estructural, en los siguientes casos:

- Proyectos de una planta con luces mayores a 3 m.
- Edificaciones con superficies mayores a 200 m².
- Tipologías arquitectónicas como vivienda o equipamiento, cuyo modelo será replicado en más de 15 unidades o más de 3000 m² de área construida.

Las recomendaciones mínimas establecidas en esta norma pueden usarse tanto para proyectos de estructuras diseñadas íntegramente en *Guadua* como para estructuras mixtas.

Los requisitos aquí expuestos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería, arquitectura o profesiones afines, siempre y cuando se sigan correctamente los requerimientos presentados en esta norma.

Para construcciones de vivienda de hasta dos pisos en bahareque encementado, no se requiere de diseño estructural, siempre y cuando se apliquen los requerimientos expuestos en el documento reconocido NEC-DR-BE.

3. Requisitos de calidad para guadúa estructural

La primera parte de esta sección, desde el punto 3.1 hasta el punto 3.8 está dirigida a los productores, proveedores y expendedores del material, ya que se detallan los cuidados que deben tenerse con la *GaK*, desde la plantación hasta la comercialización (identificación, selección, corte, avinagrado, apeo, corte de ramas, transporte, limpieza, preservación, secado y almacenamiento) para garantizar su calidad.

La segunda parte de esta sección, el punto 3.9, está dirigida a los profesionales encargados del diseño y construcción con *GaK*, ya que se indican las características generales que deben cumplir los culmos antes de ser utilizados como material de construcción.

3.1. Identificación de la *GaK*

La identificación de los culmos idóneos para la construcción en la plantación de *GaK*, se debe realizar considerando las siguientes características y aspectos morfológicos que la diferencian de otras especies de bambú:

- a) Cuando tierno, el culmo de *GaK* es de color verde claro con franjas blancas en las proximidades de los nudos.

- b) La GaK presenta espinas en las ramas.
- c) La hoja caulinar de la GaK es de forma triangular, tiene líneas rectas que asemejan la punta de una lanza, y en la parte inmediata a su vértice posee un triángulo de textura y color diferentes al resto de la hoja.

3.2. Selección de los Culmos de GaK en la plantación

Los productores de GaK deben llevar un control de la edad de cada culmo en las plantaciones, la composición ideal de tallos en un bosque de bambú, es de aproximadamente un 10% de brotes, un 30% de tallos jóvenes y un 60% de tallos maduros.

Adicionalmente, los culmos que tienen una edad entre 4 y 6 años, tienen varios signos visibles que indican su madurez:

- a) Color verde oscuro, cuyas bandas blancas en los nudos son apenas perceptibles.
- b) Manchas espaciadas de líquenes en el culmo, en forma de motas de color blanquecino que son indicativos de que es un culmo maduro y apto para su aprovechamiento en la construcción. Si carece de estas manchas, es indicativo de que es un culmo no maduro, no apto para construcción.
- c) Si el culmo está totalmente cubierto de líquenes, y es de color blanquecino-amarillento, es indicativo de que es un culmo viejo o sobre maduro, no apto para ser usado en construcción, por no tener la misma resistencia físico - mecánica que un culmo en estado óptimo de madurez.
- d) Los culmos con agujeros producidos por aves e insectos, o que presenten muerte descendente (cuando la planta empieza a secarse desde la parte alta de la guadua hacia abajo) serán desechados.

3.3. Corte de Culmos y Ramas

Una vez seleccionados los culmos de GaK que pueden ser aprovechados para la construcción, para realizar un corte adecuado y optimizar el aprovechamiento de este recurso, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Los culmos maduros seleccionados, serán cortados a ras del primer nudo inferior, con el fin de evitar que en el tocón se acumule agua y prevenir la pudrición del sistema radicular de la planta.
- b) Después del corte, se procederá al apeo o tumbado del culmo, evitando que éste, en su caída, se reviente, fisure o rompa. Se recomienda usar un horcón u horqueta, que permita el apeo con caída segura del culmo, si las condiciones lo requieren.
- c) El corte de ramas será realizado con machete o sierra, cortando desde el ángulo inferior que forma cada rama con el culmo hacia la parte superior, para evitar el desgarramiento de las fibras del culmo.
- d) Se procederá a la extracción de los culmos, cuidando que sus extremos no se deterioren por el arrastre.

- e) El corte y selección de culmos se lo realizará de acuerdo a los estándares comerciales o requerimientos y especificaciones técnicas del constructor, tanto en longitud como en diámetro, siempre y cuando cumpla con lo mencionado anteriormente.

3.4. Transporte de los Culmos

Luego de que los culmos de GaK han pasado por el proceso de corte, es necesario que estos sean transportados adecuadamente para evitar daños importantes en su estructura, por ello se debe considerar lo siguiente:

- a) El transporte del material a la zona de preservación y secado, se realizará mediante vehículos cuya longitud de carga sea igual o mayor a la longitud de corte de los culmos (6 m, 9 m, 12 m).
- b) En el caso de usar transportes de plataforma, éstos llevarán estacas de seguridad fijadas a la plataforma que impidan el desplazamiento de los culmos.
- c) Durante el embarque, movilización y desembarque se evitará todo tipo de impacto que afecte al material.
- d) Debe evitarse sobrecargar los culmos durante el transporte y almacenamiento. Se apilarán en rumas hasta una altura de 2.0 m, procurando que los culmos de mayor diámetro se coloquen en la parte inferior del transporte para evitar aplastamientos.
- e) La disposición de la GaK será por capas horizontales, alternando en una capa la parte basal y en otra las de menor diámetro, para que la presión de los culmos sea uniforme.
- f) El transporte de los culmos mediante el empleo de vehículos, cumplirá con las regulaciones establecidas por los Ministerios competentes (MAGAP y MAE) y la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.

3.5. Preservación de la GaK

La preservación es el procedimiento mediante el cual los culmos de GaK se someten a un proceso que garantice su protección y conservación, para evitar con ello que sufran daños por acción de factores bióticos (xilófagos o similares) que destruyan o afecten las características físico-mecánicas de los elementos constructivos de GaK.

- a) La GaK es un material orgánico constituido por celulosa, lignina y sílice, que cuando no es manejado correctamente (tratamiento y detalles de aplicación para la preservación), puede degradarse ante ciertas condiciones, como el ataque de hongos o de insectos. Por este motivo en ningún caso se deben instalar elementos estructurales de GaK sin inmunización previa.
- b) El tratamiento de la GaK se realiza por medio de la impregnación de sustancias preservantes. Estas sustancias deben ser escogidas considerando la mayor efectividad de protección de la GaK, el menor impacto ambiental y los niveles de toxicidad de menor perjuicio para los seres humanos.
- c) Siempre se debe revisar las recomendaciones realizadas por los proveedores de los productos de preservación, para la manipulación, el grado de toxicidad y las reacciones químicas, en caso de posibles accidentes derivados del proceso de aplicación.

3.5.1. Tipos de preservantes

La inmunización de los culmos de GaK se puede realizar utilizando los mismos preservantes indicados para las estructuras de madera que tienen una baja durabilidad natural, descritos en el capítulo NEC-SE-MD sección 3.5.4, y que básicamente pueden ser de dos tipos:

- a) Preservantes hidrosolubles.
- b) Preservantes óleo solubles.

La efectividad de los preservantes a utilizar debe estar garantizada en cuanto a la durabilidad del material tratado.

3.5.2. Métodos de preservación

Los procesos que se presentan a continuación, son los más usados. La elección del método de preservación queda a elección del proveedor de la materia prima o del constructor.

3.5.2.1. Preservación por Avinagrado

Es un método natural, que, sin usar ningún tipo de aditivos, se puede realizar en la plantación después del corte, manteniendo el culmo con sus respectivas ramas y hojas, apoyado al resto de culmos de forma vertical, por el lapso de tres semanas antes del apeo o tumbado.

Es ecológico y no demanda una inversión extra, sin embargo, es necesario que, a este método, se lo acompañe de otros tipos de preservación. Los preservantes pueden ser aplicados en los culmos de guadua usando al menos uno de los métodos que se describen en esta sección.

3.5.2.2. Preservación por Inmersión

La preservación por inmersión es uno de los métodos más utilizados y se realiza mediante las siguientes actividades:

- a) Perforación longitudinal de los diafragmas interiores de los culmos, mediante una varilla de acero de 12 mm (1/2") a 16 mm de diámetro (5/8").
- b) Lavado exterior del culmo para no contaminar el líquido preservante; se usarán materiales o líquidos poco abrasivos, que no rayen o deterioren la epidermis del culmo.
- c) Se introducen los culmos en el tanque de preservación, donde previamente se ha colocado el líquido preservante en la dosis formulada (por cada 96 litros de agua se recomienda 2 Kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico). La disolución de las sustancias será óptima si los polvos químicos mencionados son diluidos en forma parcial en recipientes de 5 galones de agua a temperatura entre 50°C y 80°C.
- d) La introducción de los culmos debe ser realizada de manera tal, que el extremo superior del culmo quede a flor de agua para que el aire contenido se desplace hacia la superficie formando burbujas.
- e) Luego del tiempo indicado para su inmersión, mínimo 5 días en condiciones de temperatura ambiente o 6 horas aplicando temperatura de entre 60°C y 80°C, para la GaK rolliza, los culmos son extraídos y escurridos para su secado final.
- f) Posterior a la extracción de los culmos, estos son colocándolos en forma inclinada con la parte basal o de mayor diámetro hacia arriba, para permitir que escurra el exceso de líquido preservante antes de llevarlos hacia el sitio de secado.

- g) Para que los culmos tengan la capacidad de absorción del preservante, el contenido de humedad de la GaK deberá ser como mínimo del 30% medido con el higrómetro digital.
- h) El contenido de humedad de los culmos se debe medir con un higrómetro, mismo que debe tener una calibración baja para maderas duras tipo A.

3.5.2.3. Preservación por Presión (Boucherie)

Este método demanda el empleo de un equipo de compresión o tanque de presión que inyectará el líquido preservante en cada culmo. Para la aplicación del método es necesario el empleo de culmos de reciente corte (máximo 8 horas desde realizado el corte), antes que el secado natural obture los poros y vasos del culmo. En caso de que esto suceda, se recomienda cortar 0.10 m a 0.15 m del culmo para tratar de que el preservante pueda penetrar.

- a) El líquido preservante debe estar colocado en el tanque de presión. Los culmos deben estar en posición horizontal y sus bases estarán acopladas a unas mangueras con boquillas de caucho que conectan con el tanque. Los diafragmas no se deben perforar.
- b) El paso del aire y del líquido preservante están regulados por válvulas de calibración.
- c) La efectividad del método es comprobable mediante el control del líquido desplazado y el entrante, por medio de papeles medidores de ácido o de tinturas de color que permitan verificar la absorción del preservante en las paredes del culmo.
- d) Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente.

3.5.2.4. Preservación por Difusión Vertical

Para este método los culmos no deben presentar fisuras ni agujeros que puedan propiciar la pérdida de preservante.

- a) Los diafragmas interiores de los culmos deben ser perforados a excepción del último. La perforación longitudinal de los diafragmas interiores de los culmos, se debe realizar mediante una varilla de acero de 12 mm (1/2") a 16 mm (5/8") de diámetro.
- b) Los culmos deben colocarse en posición vertical con la parte basal hacia arriba y con el diafragma que no fue perforado en la parte inferior. Se llena cada culmo por su parte superior con el líquido preservante y se mantiene los culmos en la misma posición por tres semanas, siempre cuidando que el nivel del líquido se mantenga.
- c) Después de ese tiempo se perfora el último diafragma, para permitir con ello la salida del líquido sobrante.
- d) Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente y preservar la salud de quienes lo manipulan.

3.6. Secado

La GaK es un material higroscópico y poroso que absorbe la humedad presente en el ambiente ya sea en forma de vapor o de líquido.

Si la humedad del material se incrementa, este será más vulnerable al ataque de los factores biológicos. Por lo tanto:

- a) Los culmos de GaK destinados a la construcción deben ser secados hasta alcanzar un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar. (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador).
- b) Es necesario monitorear el contenido de humedad de los culmos desde la extracción de la plantación mediante el uso del higrómetro.
- c) Al medir el contenido de humedad de los culmos con el higrómetro, éste debe tener una calibración baja para maderas duras Tipo A.
- d) El secado correcto del material impedirá que los culmos sufran deformaciones, fisuras y daños irreversibles, ante las pérdidas de humedad posteriores a su aplicación en la estructura. En el Apéndice 4: Tiempos de Secado según Tipología de Infraestructura, pueden apreciarse los tiempos de secado recomendados.

3.6.1. Secado al ambiente

Los culmos pueden ser secados de forma vertical en sitios ventilados. Durante el proceso se debe evitar el deterioro del material por la acción del clima, agentes biológicos u otras causas.

- a) Se colocarán los culmos apoyados e intercalados a los dos lados de un caballete. Los extremos basales deben estar asentados sobre una caña picada o similar, para evitar el contacto de los culmos con el suelo.
- b) La altura del caballete debe ser de 2/3 de la longitud de los culmos a almacenar.
- c) Los culmos ubicados al inicio, al medio y al final del caballete, deben estar sujetos a éste con cuerdas o trabillas para prevenir el deslizamiento lateral de los culmos.
- d) Al montar y desmontar los culmos sobre el caballete, se los debe colocar de forma alternada (en forma de tijera) para evitar el volcamiento del caballete.
- e) Si los caballetes son dejados al aire libre, los ejes deben orientarse de este a oeste para disminuir la exposición solar.
- f) Para un secado uniforme, se recomienda un giro parcial y diario de cada uno de los culmos sobre su eje longitudinal, durante los primeros 15 días y luego con menos frecuencia.
- g) Dependiendo de las condiciones climáticas, el tiempo de secado puede variar entre dos y seis meses.
- h) Una vez que los culmos alcancen un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador), pasarán a ser almacenados bajo techo o ser utilizados en la construcción.

3.6.2. Secado artificial

Dentro de las técnicas de secado artificial (artificial porque se modifica el ambiente) hay varias que utilizan diferentes grados de control, ya sea del ambiente interno en las técnicas que usan una cámara de secado, o de la calidad del aire controlando la temperatura y la humedad.

Durante este proceso se debe garantizar la integridad de los culmos, previniendo rajaduras excesivas o aplastamientos.

Antes de utilizar este método, es necesario partir de un proceso de pre secado durante 8 días, tal como se detalla en el proceso de secado al ambiente (literales del a al e).

El secado artificial permite el control de temperatura, humedad relativa y flujo de aire en su interior; el proceso requiere menos tiempo que en el sistema de secado al ambiente.

Los sistemas empleados pueden ser:

- a) **Hornos de secado:** su fuente de energía son combustibles fósiles que pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos.
- b) **Inyección de aire caliente:** Los culmos deben estar colocados horizontalmente y bajo cubierta. Con un ventilador y mangueras de plástico conectadas al interior de cada culmo se inyecta aire caliente.
- c) **Secado Solar:** el secado se obtiene mediante acción solar y la participación de equipos mecánicos que pueden ser de dos tipos:
 - **Secadores solares pasivos:** son cámaras de secado que demandan la presencia de un colector solar. Los flujos de salida de aire caliente saturado de humedad y el ingreso de aire frío se obtienen mediante compuertas, aprovechando el efecto físico termo-sifónico.
 - **Secadores solares activos:** son cámaras operadas por acción solar y participación de equipos mecánicos impulsados por energía eléctrica para acelerar los flujos de aire. Ver Apéndice 5: Diseño de un Secador Solar.

3.7. Almacenamiento

Previo a la utilización de los culmos de GaK, estos deben ser almacenados de forma adecuada, para evitar que sufran daños, por ello, se puede realizar dos tipos de almacenamiento: vertical y horizontal, procurando que en los dos casos el material quede aislado de la humedad del suelo, esté protegido de la radiación solar y se halle en sitios ventilados.

3.7.1. Almacenamiento Vertical

Cuando se almacenen los culmos de GaK de esta forma, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Se colocarán los culmos recostados e intercalados a los dos lados de un caballete. Los extremos inferiores deben estar aislados del suelo.
- b) La altura del caballete debe ser 2/3 de la longitud de los culmos a almacenarse.
- c) Los culmos ubicados al inicio del caballete, al centro y al final del mismo, deben estar sujetos con cuerdas o trabillas al caballete para prevenir su deslizamiento lateral.
- d) Si los caballetes son dejados al aire libre, los ejes de los caballetes se deben orientar de este a oeste, para disminuir la exposición solar.

3.7.2. Almacenamiento Horizontal

Cuando se almacenen los culmos de GaK de esta forma, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Las parrillas del material serán colocadas sobre soportes de madera dura y preservada, para evitar que la primera parrilla se apoye en el suelo.

- b) Los culmos se colocarán en tendidos de capas ortogonales, cuya altura en ningún caso excederá los 2m.
- c) Cada culmo debe estar separado entre sí de 20 a 30 cm (vertical y horizontalmente), para facilitar la circulación del aire.

3.8. Identificación de la GaK Idónea para la Construcción

La GaK rolliza utilizada como elemento estructural en forma de columna, viga, vigueta, piederecho, entramados, entrepisos, etc., debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- a) La guadúa debe estar seca, lo que significa que su contenido de humedad debe ser igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador). Para garantizar esto, los culmos deben estar en el sitio de la obra al menos 15 días antes de usarse.
- b) Los culmos de GaK deben cumplir con los procesos de preservación y secado descritos anteriormente como se indica en la sección 3.5. y 3.6.
- c) Los culmos de GaK no deben presentar una deformación del eje longitudinal mayor al 0,33%. Esta deformación se reconoce al colocar la pieza sobre una superficie plana (o con cuerdas) y observar si existe separación entre la superficie de apoyo (o la cuerda) y la pieza. Este procedimiento de verificación debe realizarse al menos en cada tercio de la circunferencia del culmo.
- d) La GaK es un material natural y su diámetro va disminuyendo constantemente a lo largo del tallo, se entiende que la conicidad hace parte de su anatomía, no obstante, se deben poner algunos límites a esta diferencia entre diámetros.

En la Tabla 1 se muestran los límites máximos permitidos para cada una de las partes comerciales de la GaK, obtenidos en base a la Ecuación 1, que es igual al porcentaje de la diferencia entre el diámetro inferior y el superior dividido por la longitud del culmo.

Ecuación 1:

$$\%con = \frac{(D_+ - D_-)}{L} * 100$$

Dónde:

- $\%con$ Porcentaje de conicidad de la pieza
- D_+ Diámetro mayor en mm
- D_- Diámetro menor en mm
- L Longitud de la pieza de GaK en mm

Tabla 1: Conicidad admisible de la GaK

Parte de la Guadúa	Conicidad
Cepa	0.17 %
Basa	0.33 %
Sobrebasa	0.50 %

- e) La GαK es un material que tiende a agrietarse naturalmente debido a la diferencia en la densidad de sus paredes, no obstante, se deben establecer algunos límites para el tamaño y la localización de las grietas, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2: Límites de fisuras en la GαK

Tipo	Se permite	Límites	Recomendación
Grieta longitudinal	Sí	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al canuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20% del culmo.	Si los culmos presentan fisuras después de instalados, estos pueden ser tratados por medio de abrazaderas o zunchos metálicos.

- f) Los culmos estructurales no pueden presentar arrugas perimetrales que evidencien una falla debida a compresión durante la vida de la GαK (Ver Figura 1), si se presenta este tipo de falla se deberá cortar la parte defectuosa del culmo, pero el resto podrá ser usado si cumple con los demás requisitos descritos en el punto 3.8 Identificación de la GαK idónea para la construcción.



Figura 1: Falla a compresión

- g) Los culmos de GαK no deben presentar perforaciones causadas por ataque de insectos xilófagos o aves antes de ser utilizadas.
- h) No son aptos para la construcción los culmos que presenten algún grado de pudrición causada por hongos.

4. Bases para el Diseño Estructural

El diseño de estructuras de GαK debe tener en cuenta las características de los materiales complementarios tales como pernos, conectores, adhesivos, soportes y tableros, según las recomendaciones de los fabricantes. Se deben tomar en cuenta todas las medidas apropiadas de protección de estos materiales contra la humedad, la corrosión o cualquier agente que degrade su integridad estructural.

Algunos de los valores descritos en la presente norma han sido tomados de documentos académicos y otros estudios. Para un mayor detalle de estos valores, se puede observar el Apéndice 6: Tabla Comparativa de Propiedades Mecánicas de la GαK.

4.1. Requisitos de diseño

Una estructura en GαK debe ser diseñada y construida considerando los siguientes requisitos:

- a) Todos los elementos de GαK de una estructura deben ser diseñados, contruidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de las cargas de servicio consignadas en los capítulos de la NEC y estipuladas en la Tabla 3.

Tabla 3: Combinaciones de cargas para el diseño.

1	D
2	D + L
3	D + 0.75 L + 0.525 Ex
4	D + 0.75 L - 0.525 Ex
5	D + 0.75 L + 0.525 Ey
6	D + 0.75 L - 0.525 Ey
7	D + 0.7 Ex
8	D - 0.7 Ex
9	D + 0.7 Ey
10	D - 0.7 Ey
11	D + 0.75 L + 0.525 EQx
12	D + 0.75 L - 0.525 EQx
13	D + 0.75 L + 0.525 EQy
14	D + 0.75 L - 0.525 EQy
15	D + 0.7 EQx
16	D - 0.7 EQx
17	D + 0.7 EQy
18	D - 0.7 EQy

Dónde:

- D Carga muerta.
- L Carga viva.
- Ex Carga estática de sismo en sentido X.
- Ey Carga estática de sismo en sentido Y.

EQx Carga del espectro de aceleraciones en sentido X.

EQy Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y.

- b)** Toda construcción de G_aK debe tener un sistema estructural que cumpla los requisitos de resistencia sísmica especificados en la sección 3.2 del capítulo NEC-SE-VIVIENDA, ajustándose a uno de los siguientes tipos de sistemas estructurales:
- Pórticos con diagonales en un sistema Entramado o en un sistema de Poste y Viga, utilizando un coeficiente de reducción R igual a 2 y una limitación al número de pisos igual a 2.
 - Muro de corte portante de bahareque o quinchá estipulado en la sección 6.7.3 del capítulo NEC-SE-VIVIENDA tomando las consideraciones de la Tabla 3 de la sección mencionada.
 - Sistema de armaduras para cubiertas, el cual no debe ser muy pesado con relación al resto de la estructura.
- c)** El diseño estructural debe reflejar todas las posibles cargas actuantes sobre la estructura durante las etapas de construcción y servicio; además de las condiciones ambientales que puedan generar cambios en las suposiciones de diseño o que pueden afectar la integridad de otros componentes estructurales.
- d)** El análisis y diseño de estructuras de G_aK debe basarse en los principios de la mecánica estructural y su estructura debe cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo NEC-SE-DS correspondiente a la determinación de cargas laterales de diseño sismorresistente. Además, deben cumplirse los requisitos particulares que se encuentran relacionados en el presente capítulo de Estructuras de Guadúa.
- e)** Los elementos se considerarán homogéneos, pero no deben considerarse lineales para el cálculo de los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas. Para esto debe considerarse como parámetro geométrico característico una imperfección vertical natural de 1.298% de excentricidad natural respecto a la longitud del culmo.
- f)** El coeficiente de capacidad de disipación de energía básico para estructuras de G_aK, cuyo sistema de resistencia sísmica sea el de pórticos con diagonales, será de $R_0 = 2.0$. En caso de que el sistema de resistencia sísmica sea proporcionado por muros de madera laminada o muros de bahareque encementado, se debe tomar el valor correspondiente de $R_0 = 1.5$.

4.2. Requisitos de calidad para las estructuras en G_aK

Para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura en G_aK durante toda su vida útil se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a)** La construcción de la edificación debe realizarse por personal capacitado y bajo la dirección de un profesional que conozca los lineamientos normativos correspondientes y los principios constructivos con G_aK.
- b)** Los materiales y productos que sean usados en la construcción deben emplearse como se especifica en este documento y siguiendo las especificaciones de uso dadas por los proveedores de la materia prima y fabricantes.

- c) Las estructuras de GaK por estar fabricadas con un material de origen natural deben tener un adecuado mantenimiento preventivo, que garantice que los elementos a usar no sean atacados por insectos u hongos durante su vida útil, como se especifica en la sección 3.5.
- d) La estructura debe tener durante toda su vida útil el mismo uso para el que fue diseñada.
- e) Cuando la estructura de GaK se utilice como cubierta de piscinas de natación en donde se utiliza cloro, se debe establecer en el diseño y la construcción que no se producirá ataque del cloro a la GaK y que se han tomado todas las precauciones para evitar un deterioro de los culmos y una disminución de su resistencia estructural por esta causa.
- f) Para la determinación del diámetro y del espesor real de la pared del culmo se debe seguir los siguientes procedimientos:
 - **Diámetro:** Medir en cada segmento del culmo el diámetro en ambos extremos y en dos direcciones perpendiculares entre sí. El diámetro real corresponde al promedio de las cuatro mediciones.
 - **Espesor:** Tomar cuatro mediciones en cada sección transversal del culmo, y medir, además, el espesor en los mismos sitios en que se midió el diámetro. El espesor real corresponde al promedio de las ocho mediciones. Ver Figura 2.

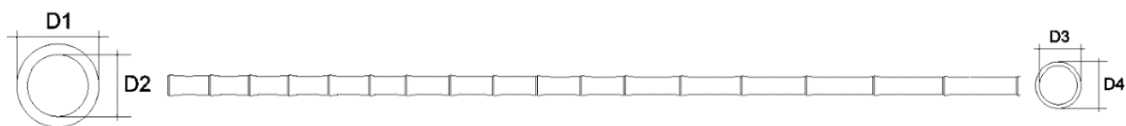


Figura 2: Determinación del diámetro y del espesor real de la pared del culmo

- g) En ningún caso se debe utilizar estructuras de GaK cuando la temperatura a la cual van a estar sometidas exceda los 65 grados centígrados.

4.3. Método de diseño estructural

El buen desempeño de las construcciones depende de que en su planeamiento estructural se sigan los criterios apropiados, así:

- a) Todos los elementos deben ser diseñados por el método de los esfuerzos admisibles empleando las cargas especificadas en el capítulo NEC-SE-CG, así como las cargas sísmicas especificadas en el capítulo NEC-SE-DS.
- b) Todas las uniones de la estructura se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los diferentes elementos que conformen una unión, salvo si uno de los elementos es continuo, en este caso habrá transmisión solo en el elemento continuo.

4.3.1. Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad

Todo elemento de GaK que cumpla con los requisitos de calidad para la guadúa estructural establecidos en el numeral 3.8 de la sección anterior, debe utilizar para efectos de cálculo los

valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad consignados en la Tabla 4 y la Tabla 6 respectivamente, obtenidos en base a lo que se estipula a continuación en el literal 4.3.2 referente a esfuerzos admisibles.

Tabla 4: Esfuerzos admisibles, F_i (MPa), CH=12%

F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión	F_{p^*} Compresión \perp	F_v Corte
15	19	14	1.4	1.2

Dónde:

|| Compresión paralela al eje longitudinal.

\perp Compresión perpendicular al eje longitudinal.

*La resistencia a la compresión perpendicular está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

En la Tabla 5 se encuentran los esfuerzos últimos de resistencia a la falla de la GaK ante las diferentes sollicitaciones de carga.

Tabla 5: Esfuerzos últimos, F_u (MPa), CH=12%

F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión	F_v Corte
45	117	37	7

Dónde:

|| Compresión paralela al eje longitudinal.

Tabla 6: Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12%

Módulo percentil 5 $E_{0.5}$	Módulo percentil 5 $E_{0.05}$	Módulo mínimo E_{min}
12.000	7.500	4.000

Para el análisis de elementos estructurales se debe utilizar $E_{0.5}$, como módulo de elasticidad del material. El E_{min} se debe utilizar para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas (C_L) y de Columnas (C_p).

El E se debe utilizar para calcular las deflexiones cuando las condiciones de servicio sean críticas o requieran un nivel de seguridad superior al promedio. En todo caso, la selección del módulo de elasticidad indicado dependerá del criterio del ingeniero calculista.

4.3.2. Esfuerzos Admisibles

Los valores de esfuerzos admisibles se determinan a partir del valor característico, el cual se obtiene con la siguiente fórmula:

Ecuación 2:

$$f_{ki} = f_{0.05i} \left[1 - \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right]$$

Dónde:

f_{ki}	Valor característico en la sollicitación <i>i</i>
$f_{0.05i}$	Valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio en la sollicitación <i>i</i> .
m	Valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio
s	Desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio
n	Número de ensayos (por lo menos 20)
i	Subíndice que depende del tipo de sollicitación (b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralelo a las fibras)

Los valores experimentales utilizados en el diseño deben estar apropiadamente relacionados en la memoria de cálculo estructural que se radique para solicitar la licencia de construcción, indicando: nombre del laboratorio, fecha de realización de los ensayos, descripción de los equipos utilizados en las pruebas, número de pruebas realizadas y nombre con firma de responsabilidad del profesional que dirigió los ensayos.

Similar a la sección 5.3.4 del capítulo NEC-SE-MD, se deben definir factores de reducción de resistencia (Ver Tabla 7) que varían de acuerdo al tipo de sollicitación de carga. Una vez determinado el valor característico para cada sollicitación, se procede con el cálculo de los esfuerzos admisibles con la siguiente fórmula:

Ecuación 3:

$$F_i = \frac{FC}{F_S \cdot FDC} f_{ki}$$

Dónde:

F_i	Esfuerzo admisible en la sollicitación <i>i</i>
f_{ki}	Valor característico del esfuerzo en la sollicitación <i>i</i>
FC	Factor de reducción por calidad tomando en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de las cargas aplicadas a la estructura.
F_S	Factor de servicio y seguridad tomando en cuenta varias incertidumbres como los defectos no detectados, posibles variaciones en las propiedades del material, etc.
FDC	Factor de duración de la carga tomando en cuenta los esfuerzos de rotura de la $G\sigma K$.

Tabla 7: Factores de reducción de resistencia

Factor	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión ⊥	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
F _s	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

4.3.3. Coeficientes de modificación

En base en los valores de esfuerzos admisibles de la Tabla 4 y los módulos de elasticidad de la Tabla 6, afectados por los coeficientes de modificación a que haya lugar por razón del tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinan las solicitaciones admisibles de todo miembro estructural, según las prescripciones de los numerales siguientes, con los esfuerzos admisibles modificados de acuerdo con la siguiente formula:

Ecuación 4:

$$F'_i = F_i C_D C_m C_t C_L C_F C_r C_p C_c$$

Dónde:

- i Subíndice que depende del tipo de solicitación (b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralelo a las fibras)
- C_D Coeficiente de modificación por duración de carga
- C_m Coeficiente de modificación por contenido de humedad
- C_t Coeficiente de modificación por temperatura
- C_L Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas
- C_F Coeficiente de modificación por forma
- C_r Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta
- C_p Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas
- C_c Coeficiente de modificación por cortante
- F_i Esfuerzo admisible en la solicitación i
- F'_i Esfuerzo admisible modificado para la solicitación i

Los coeficientes de modificación que dependen de la clase de solicitación, se estipulan en las secciones correspondientes a cada caso particular dentro de este capítulo. Los coeficientes de modificación de aplicación general se indican en los numerales siguientes.

4.3.3.1. Por duración de la carga (C_D)

Se considera que la duración normal de una carga son diez años, cuando un elemento estructural está sometido a duraciones de carga diferentes, se debe multiplicar los valores de la Tabla 4 por los valores de la Tabla 8.

Tabla 8: Coeficientes de modificación por duración de carga

Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión 	Compresión ⊥	Corte	Carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.9	0.9	0.90	Muerta
Diez años	1.00	1.00	1.0	0.9	1.00	Viva
Dos meses	1.15	1.15	1.15	0.9	1.15	Construcción
Siete días	1.25	1.25	1.25	0.9	1.25	
Diez minutos	1.60	1.60	1.6	0.9	1.60	Viento y Sismo
Impacto	2.00	2.00	2.0	0.9	2.00	Impacto

Los incrementos anteriores no son acumulables. Cuando hay combinación de cargas, el dimensionamiento de los elementos debe hacerse para la condición más desfavorable.

4.3.3.2. Por contenido de humedad (C_m)

La G_{aK} al igual que la madera pierde resistencia y rigidez, a medida que aumenta su contenido de humedad. Los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad reportados en la Tabla 4 y la Tabla 6 fueron calculados para un contenido de humedad de la G_{aK} de $CH=12\%$.

Si las condiciones medioambientales en el sitio de construcción hacen variar el contenido de humedad de la G_{aK} por encima del 12%, se deben ajustar los valores de la Tablas 4 y la Tabla 6, multiplicándolos por los valores de la Tabla 9.

Tabla 9: Coeficientes de modificación por contenido de humedad

Esfuerzos		CH ≤ 12%	CH = 13%	CH = 14%	CH = 15%	CH = 16%	CH = 17%	CH = 18%	CH ≥ 19%
Flexión	F_b	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	F_t	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión 	F_c	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión ⊥	F_p	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	F_y	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Módulo de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	$E_{0.05}$								
	E_{min}								

Una vez ha sido cosechada, la GαK tiende a secarse hasta alcanzar un contenido de humedad igual a la humedad de equilibrio del lugar en donde se encuentra.

Si el secado es mecánico y se logra bajar el contenido de humedad de la GαK por debajo del 12%, ésta podrá ganar humedad si el sitio final de la edificación tiene una humedad relativa del ambiente muy alta acompañada de una temperatura baja.

Es importante tener en cuenta la humedad de equilibrio del lugar donde se encuentra la GαK, por ello, el Apéndice 3 muestra la humedad de equilibrio en varias localidades del Ecuador.

4.3.3.3. Por temperatura (C_t)

Cuando los elementos estructurales de GαK estén sometidos a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas 4, 5 y 6 respectivamente, deben ser multiplicados por los valores de la tabla 10, para la condición de temperatura a la cual estén expuestos.

Tabla 10: Coeficientes de modificación por temperatura (C_t)

Esfuerzos		Condiciones de servicio	C_t		
			$T \leq 37C$	$37C \leq T \leq 52C$	$52C \leq T \leq 65C$
Flexión	F_b	Húmedo	1.0	0.60	0.40
		Seco		0.85	0.60
Tracción	F_t	Húmedo		0.85	0.80
		Seco		0.90	
Compresión paralela	F_c	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Compresión perpendicular	F_p	Húmedo		0.80	0.50
		Seco		0.90	0.70
Corte	F_y	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Módulo de elasticidad	E	Húmedo		0.80	0.80
		Seco		0.90	

4.3.3.4. Por acción conjunta (C_r)

Los esfuerzos admisibles podrán incrementarse en un 10% cuando exista una acción de conjunto garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y pies derechos en entramados ($C_r=1.1$), siempre y cuando la separación entre elementos no sea superior a 0.6 m.

4.4. Diseño de elementos sometidos a flexión

El diseño de elementos a flexión en GαK rolliza seguirá los mismos procedimientos básicos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales, además, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Debido a que la GαK presenta una relación MOR/MOE muy alta, lo que la convierte en un material muy flexible, el análisis a flexión estará regido por el control de deflexión admisible, salvo en algunas excepciones; no obstante, siempre se debe comprobar la resistencia a la flexión, corte y aplastamiento.
- b) En el diseño de elementos de GαK sometidos a flexión se deben verificar los efectos descritos a continuación, mismos que en ningún caso pueden sobrepasar los esfuerzos admisibles modificados para cada sollicitación.
 - 1. Deflexiones.
 - 2. Flexión, incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas.
 - 3. Cortante paralelo a la fibra.
 - 4. Aplastamiento (compresión perpendicular a la fibra).
- c) Se debe garantizar que los apoyos de un elemento de GαK rolliza sometido a flexión no fallen por aplastamiento (compresión perpendicular), en la medida de lo posible estos deben terminar en nudos, si esto no ocurre o los nudos no proveen la suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos o canutos de los apoyos con mortero de cemento.
- d) Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, ésta debe estar aplicada sobre un nudo; en todo caso se deben tomar las medidas necesarias para evitar una falla por corte paralelo a la fibra, y/o aplastamiento en el punto de aplicación. En estos casos se recomienda rellenar los entrenudos o canutos adyacentes a la carga con mortero de cemento.
- e) Cuando en la construcción de vigas se utiliza más de un culmo (vigas de sección compuesta), estos deben estar unidos entre sí con pernos o varilla roscada y cintas metálicas (zunchos), que garanticen el trabajo en conjunto. Estos conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas que se generan en la unión.

4.4.1. Perforaciones

En lo posible, se debe evitar realizar perforaciones en las vigas; de requerirse, estas deben encontrarse consignadas en los planos y cumplir con las siguientes limitaciones:

- a) No son permitidas perforaciones a la altura del eje neutro en secciones donde se tengan cargas puntuales o cerca de los apoyos.
- b) En casos diferentes al anterior, las perforaciones deben localizarse a la altura del eje neutro y en ningún caso serán permitidas en la zona de tensión de los elementos.
- c) El tamaño máximo de la perforación será de 32 mm.
- d) En los apoyos y los puntos de aplicación de cargas puntuales serán permitidas las perforaciones, siempre y cuando estas sean realizadas para rellenar los entrenudos con mortero de cemento.

4.4.2. Área neta

El área de la sección transversal constituida por un solo culmo, será calculada con la fórmula:

Ecuación 5:

$$A = \frac{\pi}{4}(D_e^2 - (D_e - 2t)^2)$$

Dónde:

- A Área neta de la sección transversal de la guadúa, mm²
- D_e Diámetro exterior de la guadúa, mm
- t Espesor de la pared de la guadúa, mm

En el proceso de construcción de la estructura se deben respetar los parámetros de diseño en especial los referentes al diámetro exterior y el espesor mínimo de pared, los elementos utilizados en obra deben tener mínimo las mismas medidas del diseño en su parte superior (parte más estrecha de la GaK).

4.4.3. Luz de diseño

La luz de diseño considerada para vigas con apoyo simple, o en voladizo, será la luz libre entre caras de soporte más la mitad de la longitud del apoyo en cada extremo. En el caso de vigas continuas la luz de diseño considerada será la distancia centro a centro de apoyos.

4.4.4. Deflexiones

La GaK presenta una relación MOR/MOE muy alta, lo que obliga a que el diseño de elementos a flexión este regido por las deflexiones admisibles. En esta sección se establece los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles, obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y diferidas.

- a) Las deflexiones en elementos de GaK se deben calcular de acuerdo a las formulas de la teoría elástica tradicional, se debe considerar la deflexión producida por la flexión y si el caso de análisis lo amerita se debe realizar una corrección del módulo de elasticidad E0.05 por cortante.
- b) Para el cálculo de la deflexión en vigas simplemente apoyadas se utilizarán las formulas contempladas en la Tabla 11.

Tabla 11: Fórmulas para el cálculo de deflexiones

Condición de carga	Deflexión
Carga concentrada en el centro de la longitud	$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI}$

- c) Para otras condiciones de carga se debe utilizar formulas de la teoría de la elasticidad.
- d) Las deflexiones admisibles estarán limitadas a los valores de la Tabla 12.

Tabla 12: Deflexiones admisibles δ (mm) Nota 3

Condición de servicio	Cargas vivas (l /k)	Viento o Granizo (l /k)	Cargas totales (l /k) Nota 2
Elementos de Techo / Cubiertas			
Cubiertas inclinadas			
Cielo rasos de pañete o yeso	l/360	l/360	l/240
Otros cielo rasos	l/240	l/240	l/180
Sin cielo raso	l/240	l/240	l/180
Techos planos	Nota 1	Nota 1	l/300
Techos industriales	-	-	l/200
Entrepisos			
Elementos de entrepiso	l/360	-	l/240
Entrepisos rígidos	-	-	l/360
Muros exteriores			
Con acabados frágiles	-	l/240	-
Con acabados flexibles	-	l/120	-

Notas:

- 1) Dependiendo del tipo de cielo raso.
 - 2) Por evaluación de cargas totales, a largo plazo estas no deben invertir pendientes de drenaje en techos.
 - 3) Considerando únicamente la deflexión inicial, considerada en el literal g.
- e) Las deflexiones de vigas, viguetas, entablados y pies derechos, se calcularán con el módulo de elasticidad del percentil E 0.05, o el módulo de elasticidad mínimo, E_{min} , en todo caso la selección del módulo dependerá del criterio del ingeniero estructural.
- f) En referencia al efecto del cortante, para los elementos con relación de $l/De \leq 15$, se debe realizar una corrección por cortante (C_c), en la Tabla 13 se relacionan los valores de C_c para el módulo de elasticidad E 0.05.

Tabla 13: Valores de C_c

l/De	C_c
5	0.70
7	0.75
9	0.81
11	0.86
13	0.91
15	0.93

Nota: La GaK tiene una relación de $E/G = 28$.

- g) Respecto a las cargas para cálculo de sección y deflexiones, para efecto de calcular la sección transversal mínima requerida y solo para ese caso, se debe igualar la deflexión calculada con las cargas de la Tabla 14, con la deflexión admisible de la Tabla 12 y determinar el momento de inercia I requerido.

Igualmente, en la Tabla 14 se presentan las combinaciones de carga para el cálculo de las deflexiones inmediatas y diferidas a 30 años.

Tabla 14: Cargas w para cálculo de sección y deflexiones

Condición	$CH \leq 19\%$ $t \leq 37^\circ C$ Clima constante	$CH \geq 19\%$ $t \leq 37^\circ C$ Clima variable
Calculo de sección (w)	2.0 D + L	2.0 D + L
Deflexiones inmediatas (W_{-i})	D+L	D+L
Deflexiones diferidas (W_{-f})	2.8 D + 1.3 L	3.8 D + 1.4 L

4.4.5. Flexión

Los esfuerzos máximos de tensión y compresión producidos por flexión serán calculados para la sección de máximo momento. Estos esfuerzos no deben exceder al máximo esfuerzo admisible por flexión F_b de la Tabla 4, establecida para los culmos de GaK, modificado por los coeficientes de duración de carga y redistribución de carga, según el caso.

Los coeficientes de modificación particulares para flexión son los que se indican a continuación.

4.4.5.1. Estabilidad lateral y coeficiente de modificación (C_L)

En vigas o viguetas conformadas por un solo culmo de GaK, el coeficiente de modificación que se debe considerar será $C_L = 1$, además, se debe tener en cuenta que:

- a) Cuando una viga está conformada por dos o más culmos (viga de sección compuesta), se debe verificar si esta requiere o no de soporte lateral en la zona comprimida.
- b) El coeficiente de modificación por estabilidad lateral (C_L), tiene en cuenta la reducción de la capacidad de carga de un elemento sometido a flexión por causa de la inestabilidad lateral o pandeo, que sucede cuando la zona a compresión de una viga se comporta como una columna.
- c) Cuando una viga de sección compuesta esta soportada en toda la longitud de la zona a compresión y además está restringida en los apoyos a la rotación, el coeficiente de modificación por estabilidad lateral será $C_L = 1$.
- d) En el caso de vigas de sección compuesta (dos o más culmos de $G\alpha K$), cuya relación alto (d) ancho (b) sea mayor que 1 ($d/b > 1$), deben incluirse soportes laterales para prevenir el pandeo o la rotación.

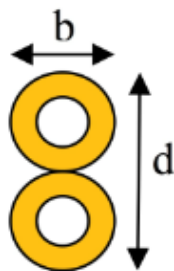


Figura 3: Ejemplo de sección compuesta

4.4.5.2. Estabilidad lateral de vigas compuestas

Para vigas de sección compuesta por dos o más culmos de $G\alpha K$ se debe reducir el esfuerzo admisible a flexión (F_b), por el valor de C_L de la Tabla 15.

Tabla 15: Coeficientes C_L para diferentes relaciones d/b

d/b	C_L
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

4.4.5.3. Estabilidad lateral

En vigas compuestas por más de un culmo de $G\alpha K$ y cuya altura sea mayor que su ancho, debe investigarse la necesidad de proveer soporte lateral a la zona comprimida del elemento, según las siguientes recomendaciones:

- a) Si $d/b = 2$; no se requerirá soporte lateral.
- b) Si $d/b = 3$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos.
- c) Si $d/b = 4$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y del borde en compresión mediante correas o viguetas.
- d) Si $d/b = 5$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde en compresión mediante un entablado.

4.4.5.4. Momento resistente

El esfuerzo a flexión actuante (f_b) sobre cualquier sección de GαK rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo a flexión admisible (F'_b) modificado por los coeficientes b correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 6:

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

Dónde:

- f_b Esfuerzo a flexión actuante, en MPa
- M Momento actuante sobre el elemento en N mm
- F'_b Esfuerzo admisible modificado, en MPa
- S Módulo de sección en mm^3

El módulo de sección S , para un culmo de GαK se expresa con la siguiente fórmula:

Ecuación 7:

$$S = \frac{\pi(D_g^4 - [D_g - 2t]^4)}{32D_g}$$

Dónde:

- S Módulo de sección en mm^3
- D_g Diámetro promedio exterior del culmo en mm
- t Espesor promedio de la pared del culmo en mm

Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a flexión, la inercia del conjunto se calcula como la suma de las inercias individuales de cada uno de los culmos, con la fórmula:

Ecuación 8:

$$I = \sum I_i$$

Dónde:

- I Inercia de la sección compuesta, en mm^4
- I_i Inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide, en mm^4

4.4.6. Cortante

Los esfuerzos máximos de corte serán calculados a una distancia del apoyo igual a la altura (h) del elemento. Para lo cual, se debe considerar lo siguiente:

- a) Para vigas conformadas por un solo culmo de GαK, dicha altura será igual al diámetro exterior (D_e) de la misma, a excepción de los voladizos, donde el esfuerzo máximo de corte será calculado en la cara del apoyo.
- b) Para vigas conformadas por dos culmos de GαK, la altura (h) corresponde a la altura real del elemento.
- c) El máximo esfuerzo cortante debe ser determinado teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección, y debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras F'_v , establecido para los culmos de GαK rolliza (Tabla 4), modificado por los coeficientes a los que corresponda.

4.4.6.1. Esfuerzo cortante paralelo a las fibras

El esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuantes (f_v) sobre cualquier sección de GαK rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo cortante paralelo a las fibras admisibles (F'_v), modificado por los coeficientes que correspondan, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 9:

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left(\frac{3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2}{D_e^2 + 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v$$

Dónde:

f_v	Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa
A	Área de la sección transversal del elemento de guadúa rolliza, en mm ²
D_e	Diámetro externo promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm
t	Espesor promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm
F'_v	Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa
v	Fuerza cortante en la sección considerada, en N

4.4.6.2. Conectores en vigas de sección compuesta

Cuando se construyen vigas con dos o más culmos de GαK, se debe garantizar su estabilidad por medio de conectores transversales, que garanticen el trabajo en conjunto.

El espaciamiento de dichos conectores debe estar justificado en el diseño estructural.

Todos los canutos por los que atraviese un conector en vigas de sección compuesta, deben estar rellenos de mortero de cemento, como se muestra en la Figura 4.

Además, el primer conector se debe ubicar a una distancia igual a 50 mm, medidos desde la cara del apoyo.

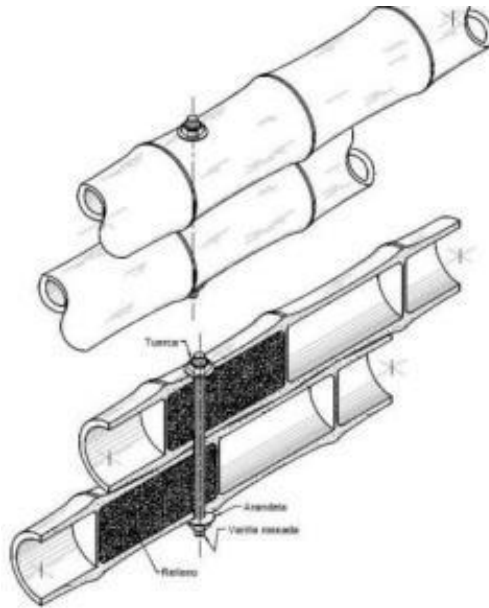


Figura 4: Detalle conectores secciones compuestas

4.4.7. Aplastamiento

Los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras (f_p), deben verificarse especialmente en los apoyos y lugares en los que haya cargas concentradas en áreas pequeñas.

El esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras actuante no debe exceder al esfuerzo admisible de compresión perpendicular modificado por los coeficientes que correspondan.

El esfuerzo a compresión perpendicular a la fibra actuante se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 10:

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^2L} \leq F_p$$

Dónde:

F_p	Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa
f_p	Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa
D_e	Diámetro externo promedio de la sección de GαK rolliza, en mm
t	Espesor promedio de la sección de GαK rolliza, en mm
L	Longitud de apoyo, en mm
R	Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

Todos los canutos que estén sometidos a esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra, deben estar rellenos de mortero de cemento, en el caso en que esto no se cumpla el valor del esfuerzo admisible (F'_p) se debe reducir a la cuarta parte ($F'_p/4$).

4.5. Diseño de elementos solicitados por fuerza axial

Los elementos que serán diseñados por fuerza axial son aquellos solicitados en la misma dirección que el eje longitudinal que pasa por el centroide de su sección transversal.

4.5.1. Elementos solicitados a tensión axial

El esfuerzo de tensión axial actuante (f_t) para cualquier sección de GαK rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial (F'_t), modificado por los coeficientes de modificación correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 11:

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F'_t$$

Dónde:

f_t	Esfuerzo a tensión actuante, en MPa
T	Fuerza de tensión axial aplicada, en N
F'_t	Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
A_n	Área neta del elemento, en mm ²

Todos los elementos que están solicitados por tensión axial y momento flector deben ser diseñados de acuerdo con lo estipulado en la sección 4.6.

4.5.2. Tensión perpendicular a la fibra

En lo posible se deben evitar los diseños, en los cuales los elementos estructurales de GαK estén sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra, debido a su baja resistencia en esta sollicitación, no obstante, si se presentan estos esfuerzos, se debe garantizar la resistencia del elemento proporcionando el refuerzo que sea necesario en la zona comprometida, a través de zunchos metálicos o platinas.

4.5.3. Elementos solicitados a compresión axial

Para el diseño de los elementos solicitados a compresión axial, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

4.5.3.1. Longitud efectiva

La longitud efectiva es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos. La longitud efectiva de una columna puede calcularse con la siguiente fórmula:

Ecuación 12:

$$l_e = l_u k$$

Dónde:

l_u	Longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm
-------	--

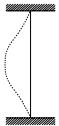
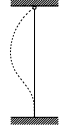





- k Coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos, Ver Tabla 16
- l_e Longitud efectiva, en mm.

Tabla 16: Coeficiente de longitud efectiva (*)

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

* Cuando se justifique apropiadamente, se pueden utilizar valores de k de la tabla 16

Tabla 17: Coeficientes de longitud efectiva de columna k_e

Condición de los apoyos	Gráficos	k_{e1}	k_{e2}
Empotrados en ambos extremos ①		0.50	0.65
Impedido de desplazarse en ambos extremos y uno de ellos impedido de rotar ②		0.70	0.85
Articulado en ambos extremos ③		1.00	1.00
Empotrado en un extremo y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento ④		1.00	1.20
Empotrado en un extremo y el otro parcialmente libre de rotar y libre de desplazamiento ⑤		1.50	1.50
Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento ⑥		2.00	2.40
Empotrado en un extremo y el otro libre de rotar y libre de desplazamiento ⑦		2.00	2.10

Dónde:

k_{e1} Teórico

k_{e2} Recomendado cuando las condiciones ideales son apropiadas

4.5.3.2. Esbeltez

En columnas constituidas por un culmo, la medida de esbeltez está dada por la fórmula:

Ecuación 13:

$$\lambda = \frac{l_e}{r}$$

Dónde:

λ Relación esbeltez del elemento

l_e Longitud efectiva del elemento, en mm

r Radio de giro de la sección, en mm

El radio de giro de la sección constituido por un culmo, será calculado con la fórmula:

Ecuación 14:

$$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$$

Dónde:

D_e Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm

t Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm

r Radio de giro de la sección

4.5.3.3. Elementos constituidos por dos o más culmos:

En el diseño de elementos solicitados a compresión constituidos por dos o más culmos, la medida de esbeltez será calculada usando la Ecuación 13, con el radio de giro r calculado con la siguiente expresión:

Ecuación 15:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Dónde:

I Inercia de la sección

A Área neta de la sección transversal de guadúa

r Radio de giro de la sección

Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a compresión, la inercia del conjunto se calcula como la suma de las inercias individuales de cada uno de los culmos, utilizando la Ecuación 8.

4.5.3.4. Clasificación de columnas

Según su relación de esbeltez, las columnas de GαK rolliza pueden estar clasificadas en cortas, intermedias o largas.

Tabla 18: Clasificación de columnas por esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

La esbeltez C_k es el límite entre las columnas intermedias y las columnas largas, y está dada por la siguiente formula:

Ecuación 16:

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

Dónde:

F'_c Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa

$E_{0.05}$ Módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

Bajo ninguna circunstancia es aceptable trabajar con elementos de columna que tengan esbeltez mayor de 150.

4.5.3.5. Esfuerzos máximos

Para el cálculo de los esfuerzos máximos, se debe tener las siguientes consideraciones:

- a) Columnas cortas ($\lambda < 30$):** el esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de GαK rolliza en columnas cortas, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F'_c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 17:

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$

Dónde:

f_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante en MPa

N Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

- A_n Área neta de la sección transversal, en mm^2
- F'_c Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa

b) Columnas intermedias ($30 < \lambda < C_k$): el esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de G&K rolliza en columnas intermedias, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F'_c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 18:

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k} \right]^5 \right)} \leq F'_c$$

Dónde:

- f_c Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa
- N Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N
- A_n Área neta de la sección transversal, en mm^2
- F'_c Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
- λ Esbeltez, Ecuación 13
- C_k Esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y columnas largas, Ecuación 16

c) Columnas largas ($C_k < \lambda < 150$): el esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de G&K rolliza en columnas largas, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F'_c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 19:

$$f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F'_c$$

Dónde:

- f_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
- F'_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa
- λ Esbeltez, Ecuación 13
- $E_{0.05}$ Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

No se permiten columnas con esbeltez superior a 150.

Todos los elementos que además de estar solicitados por compresión axial, se encuentran solicitados por momento flector, deben ser diseñados de acuerdo a lo que se detalla en la sección 4.6.

4.6. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial

Para el diseño de los elementos solicitados por flexión y carga axial, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

4.6.1. Elementos solicitados a flexión con tensión axial

Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a las fuerzas de tensión axial y flexión, deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

Ecuación 20:

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

Dónde:

f_t	Esfuerzo a tensión actuante, en MPa
F'_t	Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa
f_b	Esfuerzo a flexión actuante, en MPa
F'_b	Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

4.6.2. Elementos solicitados a flexo-compresión

Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a las fuerzas de compresión y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

Ecuación 21:

$$\frac{f_c}{F'_c} + \frac{k_m f_b}{F'_b} \leq 1.0$$

Dónde:

f_c	Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
F'_c	Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
f_b	Esfuerzo a flexión actuante, en MPa
F'_b	Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa
k_m	Coficiente de magnificación de momentos, calculado con la Ecuación 22

Ecuación 22:

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5(N_a/N_{gr})}$$

Dónde:

N_a	Carga de compresión actuante, en N
N_{gr}	Carga crítica de Euler, calculada con la Ecuación 23

Ecuación 23:

$$N_{er} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_e^2}$$

Dónde:

- N_{er} Carga crítica de Euler, en N
 $E_{0.05}$ Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa
 I Momento de inercia de la sección, en mm^4
 l_e Longitud efectiva del elemento, en mm

4.7. Muros de corte, carga lateral, sismo o viento

4.7.1. Requisitos de resistencia y rigidez

El conjunto de diafragmas y muros de corte debe diseñarse para resistir el 100 % de las cargas laterales aplicadas, tales como acciones de viento o sismo y excepcionalmente empuje de suelos o materiales almacenados.

Los diafragmas y muros de corte deben ser suficientemente rígidos para:

- Limitar los desplazamientos laterales, evitando posibles daños a otros elementos no estructurales.
- Reducir la amplitud de las vibraciones en muros y pisos a límites aceptables.
- Proporcionar arriostramiento a otros elementos para impedir su pandeo lateral o lateral torsional.

Además, se debe considerar lo siguiente:

- a) Las uniones de los diafragmas y muros de corte, entre sí y con otros elementos, deben ser adecuadas para transmitir y resistir las fuerzas cortantes de sismo o vientos.
- b) Deben ponerse especial atención en los anclajes de los muros de corte a la cimentación, cada panel independiente debe estar conectado a la cimentación por lo menos en dos puntos, y la separación entre ellas no debe ser mayor que 2 m.
- c) Los muros cuya relación de altura a la longitud en planta, sea mayor que 2, no deben considerarse como resistencia.
- d) Bajo condiciones normales de servicio, como podrían ser sobrecargas de viento habitual o de sismos pequeños a moderados, deberá verificarse que las deformaciones de los muros no exceden de $h/1200$ (siendo "h" igual a la altura del muro).
- e) Cada muro de corte considerado por separado, debe ser capaz de resistir la carga lateral proporcional correspondiente a la generada por la masa que se apoya sobre él, a menos que se haga un análisis detallado de la distribución de fuerzas cortantes considerando la flexibilidad de los diafragmas horizontales.
- f) La fuerza cortante actuante debida a la acción del viento o sismo, se determinará a partir de lo que especifica el capítulo NEC-SE-CG y el capítulo NEC-SE-DS para ambos tipos de carga o mediante procedimientos más elaborados compatibles con la buena práctica de la ingeniería.

- g) Para calcular la fuerza cortante actuante por sismo o viento en edificaciones de hasta dos pisos de altura, se puede utilizar lo dispuesto en el capítulo NEC-SE-DS.
- h) Los muros de corte de una edificación deben estar dispuestos en dos direcciones ortogonales, con espaciamentos menores de 4 m en cada dirección. La distribución de estos elementos debe ser más o menos uniforme, con rigideces aproximadamente proporcionales a sus áreas de influencia.
- i) Si los espaciamentos de los muros son mayores que 4 m y la flexibilidad en planta de los diagramas (entrepisos, techos, etc.) es tal que, no garantice un comportamiento en conjunto, este procedimiento no es aplicable.
- j) Para el cálculo de la resistencia de los muros de corte, el profesional responsable puede tomar como referencia la sección 5.1.3 del capítulo NEC-SE-MD para realizar el dimensionamiento de este tipo de elemento estructural.

4.8. Diseño de uniones

La resistencia de las uniones dependerá del tipo de unión y de los elementos utilizados. Los valores admisibles se determinarán en base a los resultados de cinco ensayos como mínimo, con los materiales y el diseño a utilizar en la obra, considerando un factor de seguridad de 3.

Se dan como referencia detalles de algunas uniones y valores admisibles para algunos de los casos estudiados.

5. Diseño y Construcción con GaK

El objetivo de esta sección es establecer los requisitos mínimos para garantizar el buen desempeño de una estructura de GaK.

Cada material de construcción tiene sus especificaciones de aplicación y uso, en el caso de la GaK, existen fundamentos de diseño que deben ser considerados para cada uno de los proyectos. En esta sección se establece dichos principios y algunas aplicaciones constructivas.

Las pautas de diseño arquitectónico propuestas deben tener en cuenta las especificidades del material y asegurar estabilidad, seguridad y durabilidad de la edificación.

En caso de ser usado un proceso constructivo con GaK diferente a los mostrados en esta norma, este debe ser sustentado con los cálculos técnicos y resultados de laboratorio respectivos, y estar a cargo de un profesional responsable de la obra.

Todas las labores relativas a la preparación del material, fabricación, construcción, montaje y mantenimiento de estructuras de GaK, deben registrarse por las prácticas establecidas y aceptadas por la ingeniería y la arquitectura.

5.1. Consideraciones generales

Antes de iniciar la construcción, el encargado de la obra debe contar con los diseños arquitectónicos, estructurales, de instalaciones técnicas, presupuesto, análisis de costos unitarios, estudio de mecánica de suelos, planos de detalles constructivos y especificaciones técnicas, de acuerdo a los requerimientos de los GAD's municipales.

Como en toda obra de construcción, se inicia con: reconocimiento del sitio, limpieza del lote, seguridad de las edificaciones colindantes, bodegas e instalaciones provisionales, acometida provisional de energía eléctrica y agua, provisión de materiales y mano de obra calificada.

5.2. Adquisición de los culmos de GaK

Previo a la adquisición de los culmos, se debe considerar lo siguiente:

- a) Con anticipación, no menor a dos meses del inicio de la obra, el constructor debe realizar la adquisición de los culmos de GaK, con las especificaciones de medidas y calidad requeridas en el proyecto. Se recomienda que el constructor adquiera por lo menos un 20% más de los culmos calculados para la obra, ya que existen culmos con imperfecciones, curvaturas pronunciadas, doble curvatura o alabeos y rajaduras, que solo se evidencian a la hora de la construcción. Los culmos con dichas imperfecciones no se deben usar como elementos de soporte estructural.
- b) El constructor exigirá al proveedor del material garantía de calidad del producto, donde, además del número de culmos, longitudes, diámetros, fechas (madurez y corte); sean especificados: las características de los culmos, el % de contenido de humedad del material a pie de obra, el tipo de preservante y el método utilizado para la inmunización y secado de los culmos de GaK.
- c) El constructor constatará las características de calidad indicadas en la sección 3.8. de la presente norma (prueba de cúrcuma), así como el % de contenido de humedad del material a pie de obra.

- d) En el sitio de la obra los culmos deben ser almacenados de acuerdo a lo indicado en el ítem 3.7. de este documento normativo.
- e) Se recomienda que los culmos en la obra, sean almacenados bajo cubierta provisional.

5.3. Protección por diseño

La GaK es un material poroso e higroscópico. Al igual que la madera, si la humedad se acumula en su interior afectará sus propiedades físico-mecánicas y será propensa al ataque de hongos y posterior putrefacción. Por este motivo es indispensable proteger a los elementos estructurales de la humedad.

En una edificación la humedad llega principalmente por capilaridad, lluvias o condensación. Por tal motivo, la estructura de GaK debe protegerse como se indica a continuación:

- a) Las columnas de GaK no pueden estar en contacto directo con el suelo natural. Deben apoyarse en un sobrecimiento (zócalos, pedestales, pilaretes u otros) debidamente impermeabilizado en la superficie de contacto con los culmos.

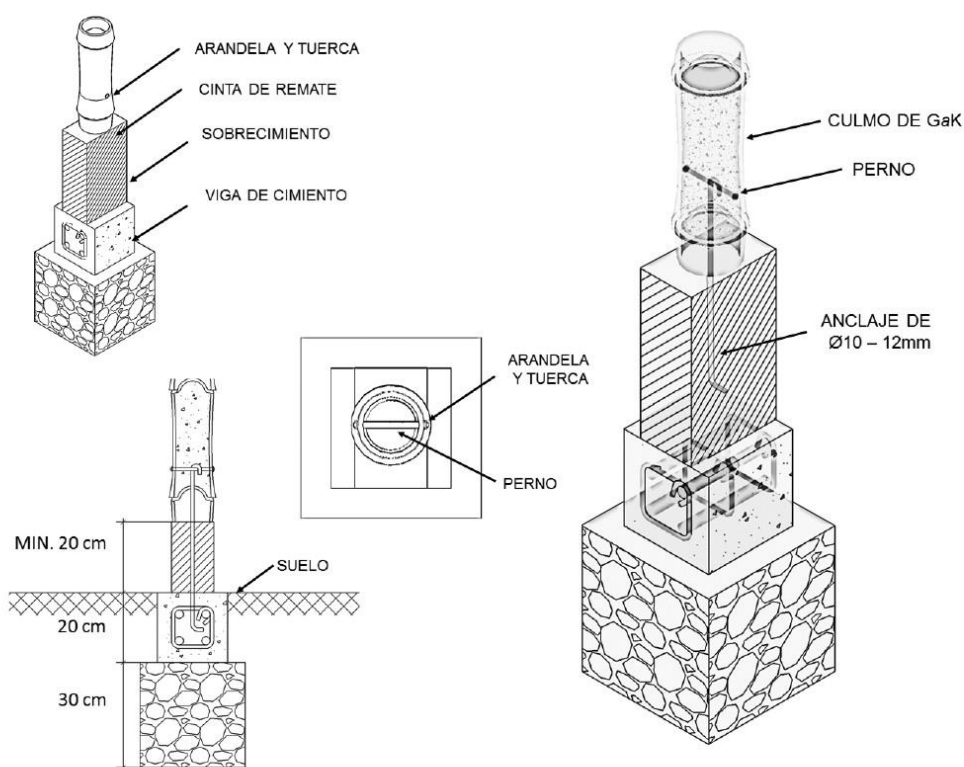


Figura 5: Detalle de apoyo de columnas de GaK en sobrecimiento

- b) Los culmos no deben estar enterrados o inmersos en la cimentación o en cualquier otro componente de hormigón.
- c) Las edificaciones deben estar protegidas de las escorrentías mediante: drenajes, cunetas, sumideros, conformación de plataformas u otros elementos.

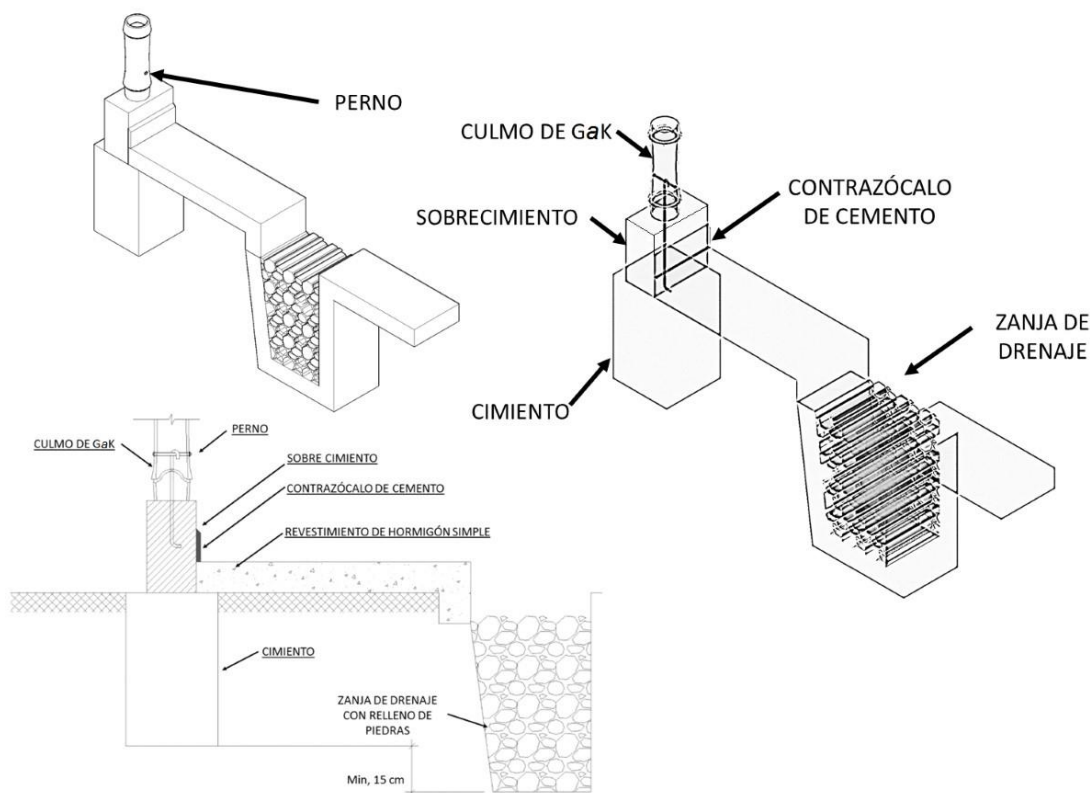


Figura 6: Protección de las edificaciones de las escorrentías

- d) Por medio del diseño se debe evitar la exposición directa de los elementos estructurales de la GaK a las condiciones climáticas del lugar (lluvia, sol, salinidad, entre otros), para ello, se recomienda usar aleros generosos y canales de recolección de aguas lluvias. En casos donde esto no sea posible, debe considerarse el recubrimiento de cada elemento estructural con sustancias hidrófugas o superficies impermeables.
- e) Para evitar la condensación se debe procurar la ventilación en los espacios interiores. En ambientes cuyo uso implique que los elementos estructurales estén expuestos al vapor, como baños y cocinas, además de la ventilación, estos deben estar protegidos con elementos impermeables.
- f) Si existe la posibilidad de presencia de termitas, se recomienda que, sobre la capa anti capilar, se coloque una plancha metálica de 2 mm de espesor, que cubra la cabeza del sobrecimiento y sobresalga 2 mm de sus bordes. Esta plancha metálica será protegida con anticorrosivos. En ambientes salinos o costeros, se puede reemplazar la plancha metálica por planchas de neopreno de 6 u 8 mm.
- g) Cuando queden aberturas en el armado estructural (entrepisos, cubiertas y demás), es necesario sellar las mismas a través de elementos de cierre que eviten el ingreso de roedores, insectos u otros, que puedan afectar la estructura y la habitabilidad.
- h) El armado de andamios no debe anclarse o conectarse a la estructura de la edificación.
- i) Bajo ninguna circunstancia es admisible que las instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, electrónicas y mecánicas, atraviesen o comprometan los culmos del sistema estructural.
- j) Previa utilización de los culmos, estos deben ser limpiados cuidadosamente con elementos apropiados que no causen daños en la epidermis del culmo (telas, esponjas, cepillos no abrasivos, entre otros).

- k) No maltratar los culmos durante el proceso de construcción mediante impactos, aplastamientos o caídas que afecten sus propiedades físico-mecánicas.
- l) Los culmos para uso estructural no deben ser usados previamente para la construcción de andamios u otros, que puedan comprometer la integridad de los culmos.

5.4. Cimentación y sobrecimiento

Realizado el trazado y las excavaciones, las obras de cimentación se ejecutarán de acuerdo a los capítulos de la NEC del sistema constructivo a utilizar, basado en los planos estructurales y detalles constructivos.

Se debe construir un sobrecimiento de altura mínima de 200 mm sobre el nivel del terreno natural para recibir todos los elementos estructurales verticales de GaK (sean columnas o muros estructurales).

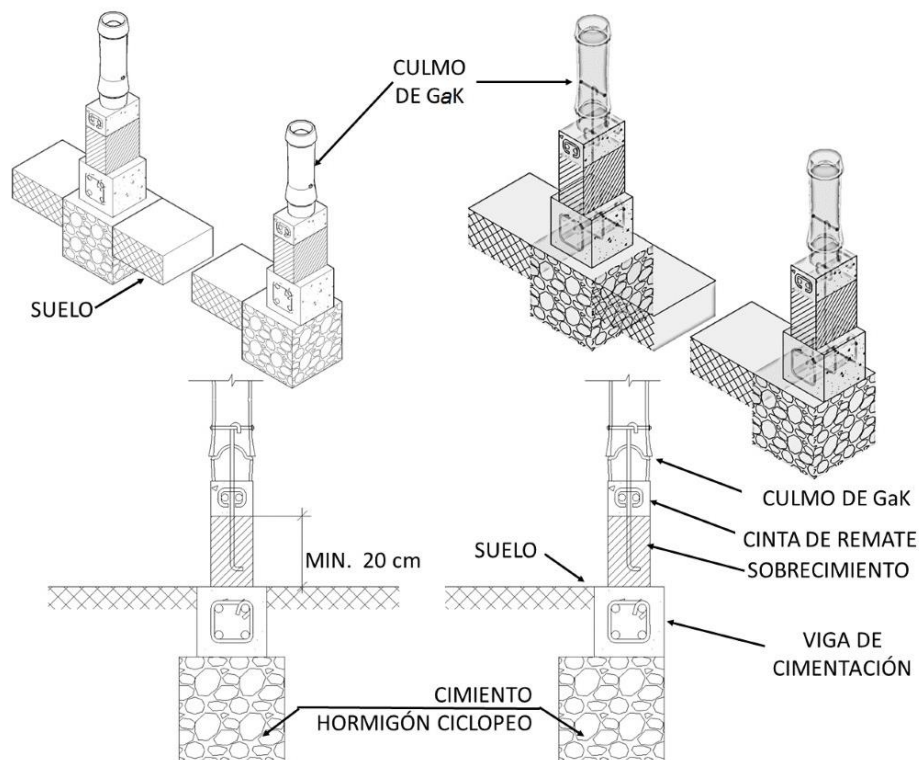


Figura 7-1: Detalle de cimiento y sobrecimiento (Viga de cimentación)

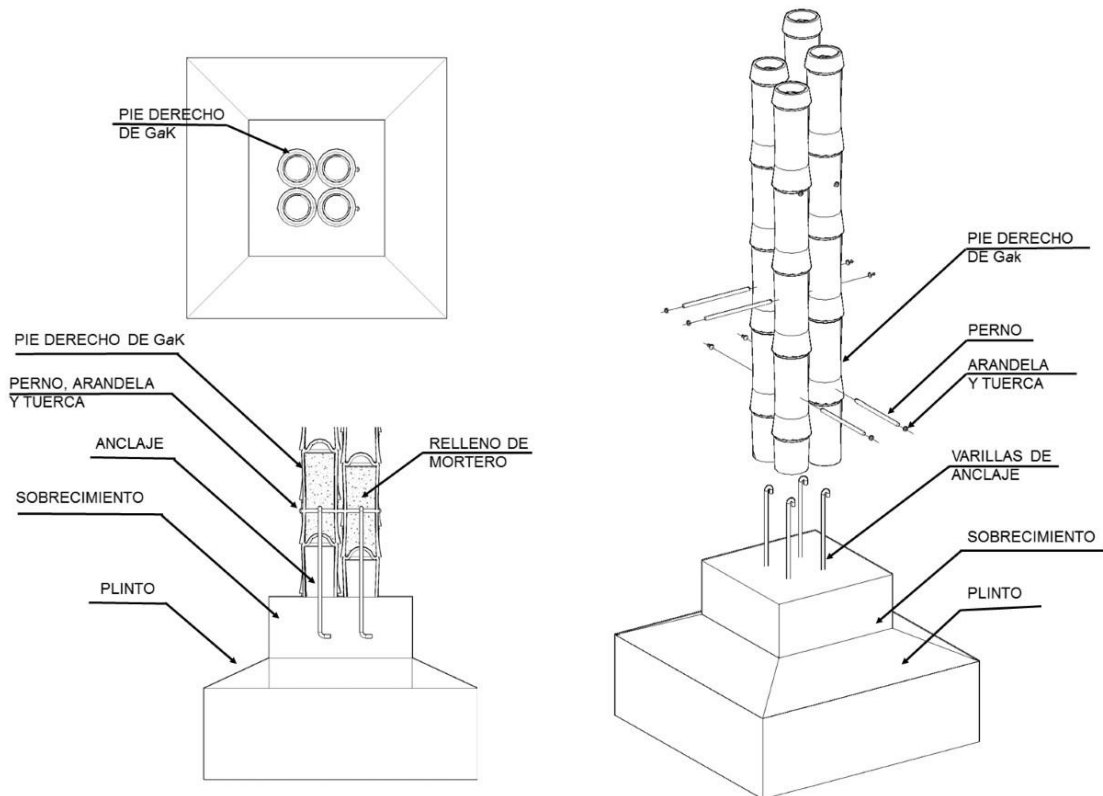


Figura 8-2: Detalle de cimiento y sobrecimiento (Plinto)

5.5. Anclaje de los culmos a los sobrecimientos

Existen varias opciones de anclaje de los culmos a los sobrecimientos, como: varilla corrugada, pletinas, tubos de acero, elementos articuladores de acero, entre otros, de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural.

A continuación, se detallan dos de los sistemas de anclaje más usuales:

5.5.1. Mediante varillas de acero

En este tipo de anclaje se debe considerar lo siguiente:

- a) Las varillas inician en el cimiento y sobresalen en la cabeza del sobrecimiento, para cumplir las funciones de anclaje entre el sobrecimiento y los culmos. Ver Figura 8.
- b) El sistema posibilita el apoyo de, uno o más culmos, en la cabeza del sobrecimiento.
- c) El o los culmos debe(n) apoyarse a 20 o 30 mm por abajo del nudo.
- d) Antes de introducir el/los culmo(s) en las varillas, se debe eliminar el diafragma interior de los dos nudos inmediatos y extraer los restos del diafragma.
- e) Con la sierra de copa o saca bocados, realizar una abertura de 25 mm de diámetro en el entrenudo del culmo a 300 mm del sobrecimiento.
- f) El diámetro de los anclajes que penetran en los culmos de GaK, está en función de la altura de las columnas, en todo caso, no deben ser menores a 10 mm (3/8"), ni mayores a 18 mm (3/4").

g) Los anclajes que sobresalen del zócalo o pedestal deben ser de no menos de 300 mm de longitud.

h) Recomendaciones:

- Colocar el culmo de la manera que se encuentra en la naturaleza, es decir, la parte basal sobre el zócalo o pedestal.
- No realizar el relleno del mortero o mezcla de arena - cemento, hasta que se hayan concluido todos los soportes. Los componentes del mortero arena/cemento son de 1:3 (preferiblemente con un aditivo plastificante que garantice la fluidez de la mezcla).

Sin embargo, para alcanzar una mayor resistencia del mortero, se puede reemplazar de la proporción anterior, 1 parte de arena por 1 parte de cisco (residuo de piedra triturada).

- Golpear el culmo con un mazo de caucho, para que el mortero penetre y se reparta de manera uniforme en su interior. No es necesario hacerlo con fuerza excesiva.

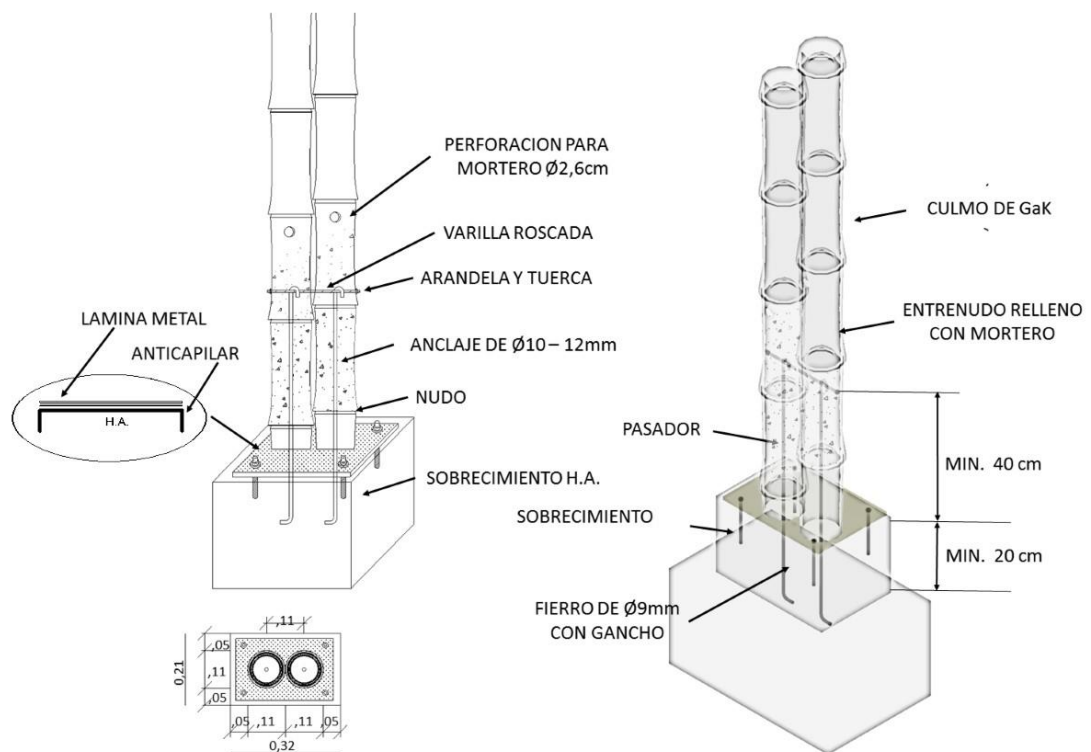


Figura 9-1: Ejemplo de anclaje mediante varillas de acero (La cabeza del sobrecimiento se cubre mediante plancha metálica)

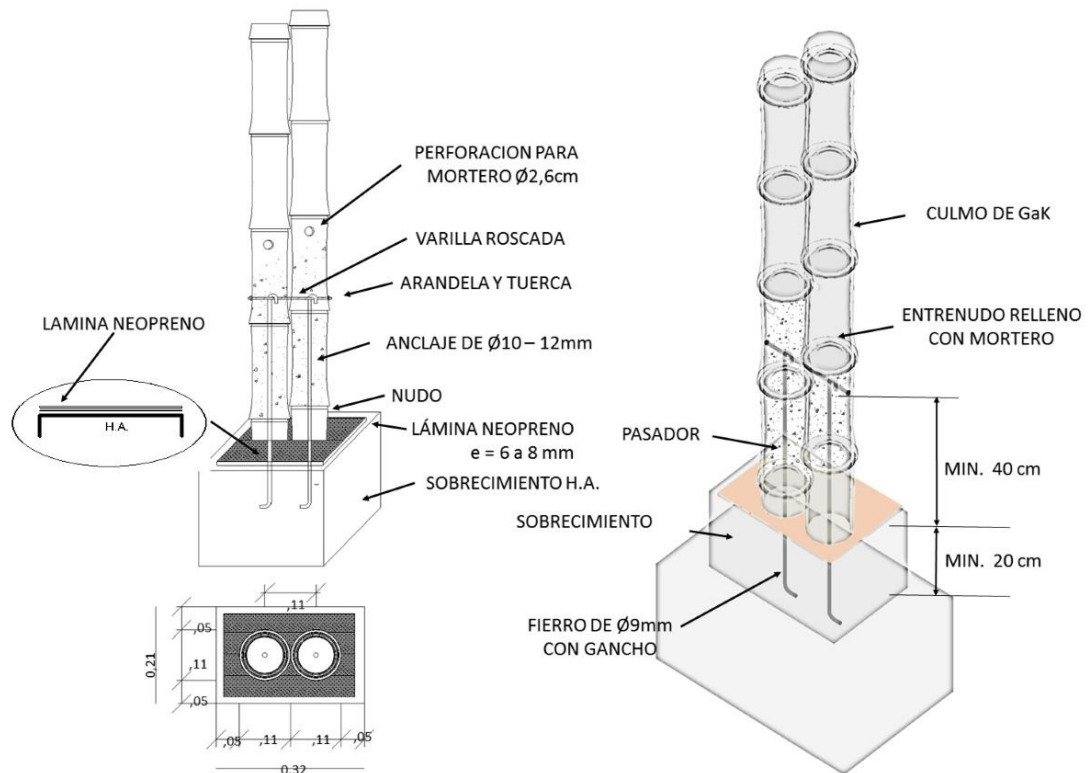


Figura 10-2: Ejemplo de anclaje mediante varillas de acero (La cabeza del sobrecimiento se cubre mediante lámina de neopreno)

5.5.2. Mediante pletinas de acero

En este tipo de anclaje se debe considerar lo siguiente:

- a) Este sistema permite asegurar uno o más culmos al sobrecimiento, sin necesidad de introducir morteros o mezclas de arena/cemento, al interior del culmo.
- b) Sobresalen del sobrecimiento dos pletinas metálicas de 40 mm de ancho y 5 mm de espesor.
- c) Las 2 pletinas pueden iniciar su anclaje desde el cimiento o desde el sobrecimiento y sobresalir no menos de 250 mm de la cabeza del pedestal o zócalo.
- d) Las pletinas pueden estar previamente perforadas y atravesadas con dos pernos de 10 mm, debidamente asegurados con tuercas y arandelas, mientras dure el fraguado del cimiento y sobrecimiento, para asegurar la alineación de las perforaciones en las dos pletinas. Es recomendable colocar un taco de madera entre las pletinas para evitar desplazamientos.
- e) Las pletinas deben ser lo suficientemente anchas como para colocar los pernos de tal forma que no se encuentren alineados en la misma cara, sino, desfasados, para minimizar el efecto de corte de los mismos a las fibras paralelas de la GaK.
- f) La separación entre las dos pletinas debe estar de acuerdo al diámetro de los culmos disponibles.

- g)** Concluido el fraguado, se extraen las tuercas, se coloca el culmo y se lo perfora en dirección de los agujeros de las dos pletinas y se emperna.
- h)** Previo a la instalación, todos los elementos metálicos deben ser limpiados (oxido, grasa, cemento, polvo, entre otras) y sujetos a lo expuesto en el literal i. Al terminar la construcción deben ser revisados y de ser necesario repintados de acuerdo al esquema del mismo literal.
- i)** Pintar con anticorrosivo las pletinas, al igual que los elementos metálicos vistos: tuercas, anillos, extremos de los pernos. En ambientes con alta salinidad o zonas costeras se recomienda usar elementos metálicos de acero inoxidable, o acero negro estructural utilizando el sistema de pintura de protección por capas indicado a continuación:
- 1era Capa: un imprimante epóxico de dos componentes con endurecedor tipo poliamida de 100 micrones.
 - 2da. Capa: pintura epóxica de dos componentes con endurecedor poliamida de 100 micrones.
 - 3ra. Capa: pintura anticorrosiva de 100 micrones.
 - 4ta. Capa: pintura de acabado tipo automotriz o de aceite de 100 micrones.
- * Las capas deben ser medidas en espesor de película seca (EPS).

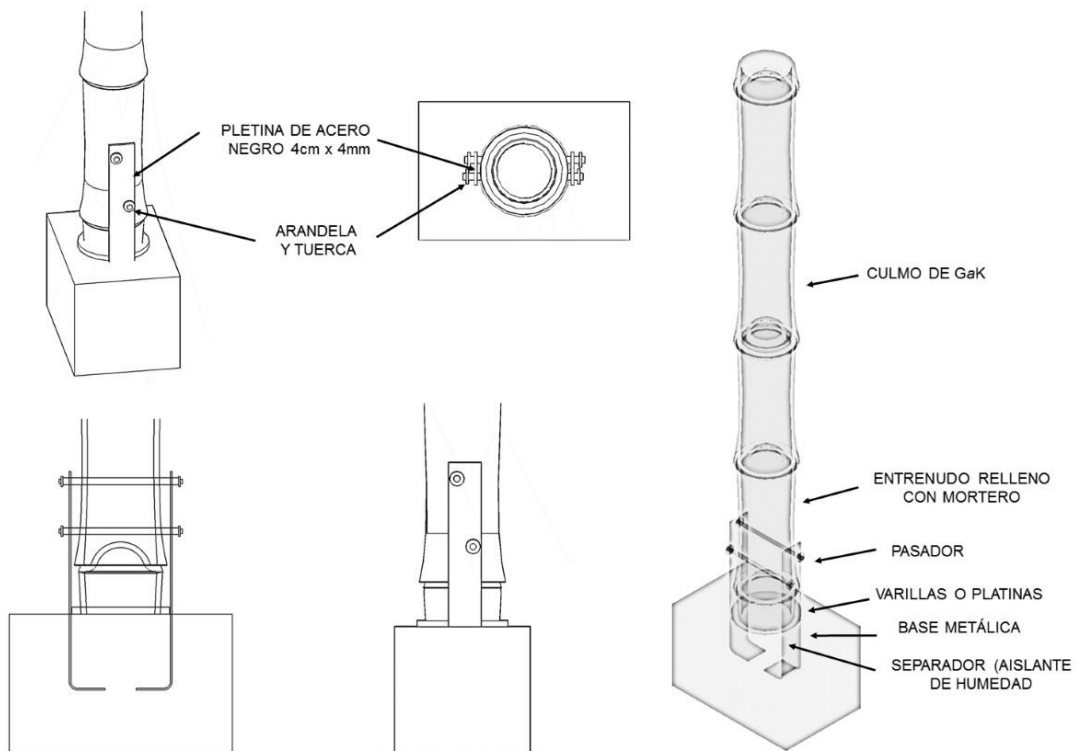


Figura 11: Ejemplo de un anclaje con pletinas

5.6. Cortes para uniones entre culmos de GaK

Las piezas de bambú deben ser cortadas de tal forma que quede un nudo entero en cada extremo o próximo a él, a una distancia máxima $D=60$ mm del nudo. La mayoría de las uniones parten de tres tipos de cortes o entalladuras. Ver Figura 10.

- a) Corte recto: plano y perpendicular al eje del culmo.
- b) Corte boca de pez: cóncavo transversal al eje del culmo.
- c) Corte pico de flauta: a diversos ángulos respecto al eje del culmo.

Este tipo de detalles en el corte para las uniones boca de pez y pico de flauta, requiere mano de obra calificada para su elaboración, cada una de ellas debe acoplarse a la pieza estructural colindante, y ese es un proceso que llevará tiempo, lo que debe ser considerado en el cronograma de obra.



Figura 12: Cortes para uniones

5.7. Uniones entre piezas estructurales de GaK

La estructura de una edificación realizada con culmos de GaK, demanda diversos tipos de uniones o nodos, las herramientas eficientes y los elementos metálicos: pernos, tuercas, varillas roscadas, pletinas y otros que facilitan su ejecución.

En ningún caso se permite el uso de clavos o elementos que fisuren los culmos de GaK que formen parte de la estructura.

5.7.1. Requisitos generales para la realización de las uniones

- a) Los culmos a ser usados para la elaboración de uniones deben cumplir todas las condiciones especificadas en la sección 3, referentes a calidad, maduración, preservación, secado y conicidad.
- b) Las uniones a realizar deben ser capaces de resistir las cargas externas a las que estarán sometidas.
- c) Se tendrán en cuenta los distintos esfuerzos a los que estarán expuestas, de manera especial, aquellas uniones que sean sometidas a tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra.
- d) No se admiten uniones clavadas que provoquen grietas longitudinales en las fibras del culmo.

5.7.2. Uniones empernadas y con pletinas

Estas disposiciones son aplicables a uniones empernadas de dos o más culmos, a uniones de elementos de GaK con pletinas metálicas, o a la fijación de los culmos a los elementos de hormigón por medio de pletinas y anclas.

- a) Las uniones empernadas se utilizan generalmente cuando las solicitudes sobre una conexión son relativamente grandes, requiriendo por lo tanto el uso de pernos, acompañados de pletinas de acero.
- b) Los pernos y pletinas usados para las conexiones empernadas deben ser de acero estructural con refuerzo de fluencia no menor a 240 MPa; el diámetro mínimo permitido para los pernos es de 9,5 mm y el espesor mínimo de las pletinas será de 5 mm (3/16").
- c) Las perforaciones hechas para el relleno de los entrenudos deben tener un diámetro máximo de 26 mm, luego de ser vaciado el mortero dentro del culmo, se debe reponer la tapa que fue extraída por el sacabocados.
- d) Todos los pernos y demás elementos metálicos de la unión deben estar diseñados de acuerdo a los requisitos estipulados en las normativas de acero, y todos deben tener tratamiento con pintura de acuerdo al esquema indicado en 5.5.2. literal i.
- e) Es permitido el uso de abrazaderas o zunchos metálicos dentro del diseño de las conexiones siempre y cuando se tomen las precauciones pertinentes para evitar el aplastamiento y falla por compresión perpendicular a la fibra en elementos individuales, así como la separación y el deslizamiento entre elementos conectados.
- f) En caso de uniones en las cuales los culmos de GaK estén sometidos a cargas de aplastamiento, se hace necesario rellenar los entrenudos adyacentes a la unión y por donde pasen los pernos, con una mezcla de mortero de cemento en relación 1:3

preferiblemente (puede ser también mezcla de mortero de cemento con arena y cisco, como se ha indicado anteriormente), con un aditivo plastificante que garantice la fluidez de la mezcla.

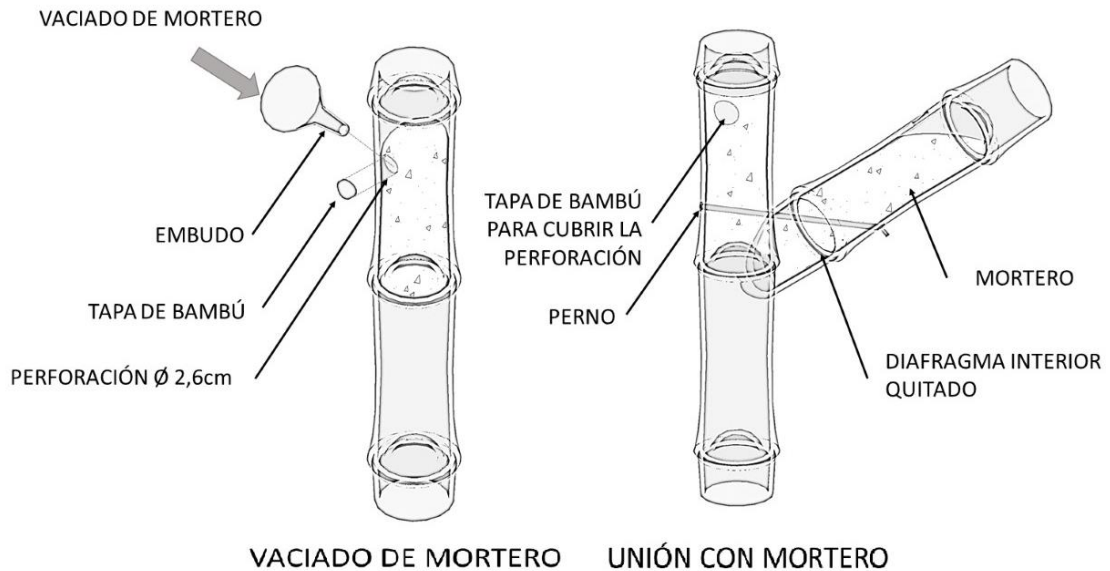


Figura 13: Vaciado de mortero y unión de los culmos con mortero

Los elementos estructurales (columnas, vigas, estructuras portantes de cubierta, etc.) pueden disponerse de diferentes formas dependiendo del diseño del proyecto, con uniones diversas que se adapten a cada uno de los requerimientos estructurales. Sin embargo, a continuación, se presentan algunos ejemplos de aplicación de los principios antes mencionados en algunos tipos de uniones estructurales:

5.7.2.1. Uniones longitudinales


Las uniones longitudinales (o uniones a tope), se realizan cuando se requiere aumentar la longitud de los culmos en la estructura, manteniendo la conicidad. Es decir, asegurar un conjunto de culmos cuyo eje longitudinal sea común.

Para unir longitudinalmente dos culmos, se deben seleccionar piezas con diámetros similares y unirlos mediante elementos de conexión, según los casos 1, 2 y 3.

- Caso 1: Con pieza de madera

Dos culmos se conectan mediante una pieza de madera y se deben unir con dos pernos de 9 mm como mínimo, perpendiculares entre sí, en cada una de las piezas.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

 (Delta) = Distancia existente entre el perno y el borde de la pieza de madera que conecta a los dos culmos.

El valor de Delta será de cinco diámetros del perno como mínimo.

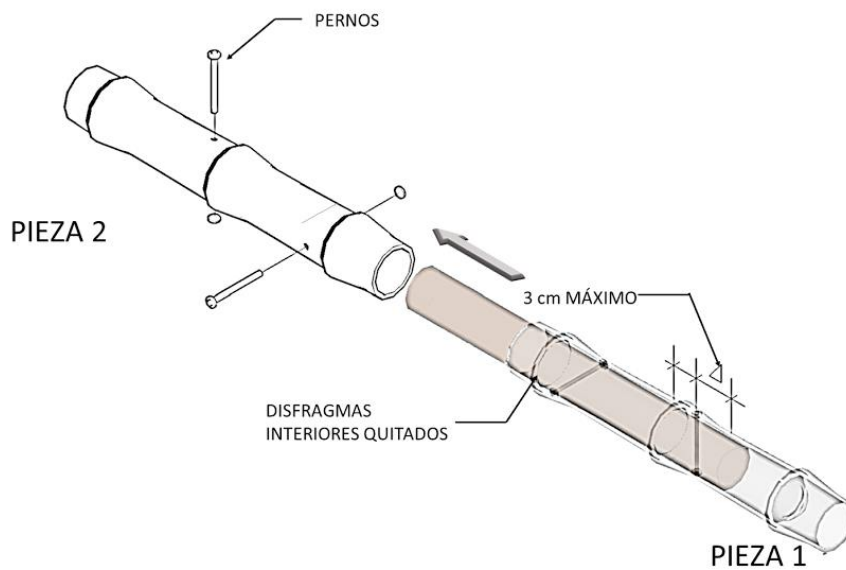


Figura 14: Uniones longitudinales con pieza de madera

- Caso 2: Con dos piezas metálicas

Dos culmos se conectan entre sí mediante dos elementos metálicos, sujetos con pernos de 9 mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

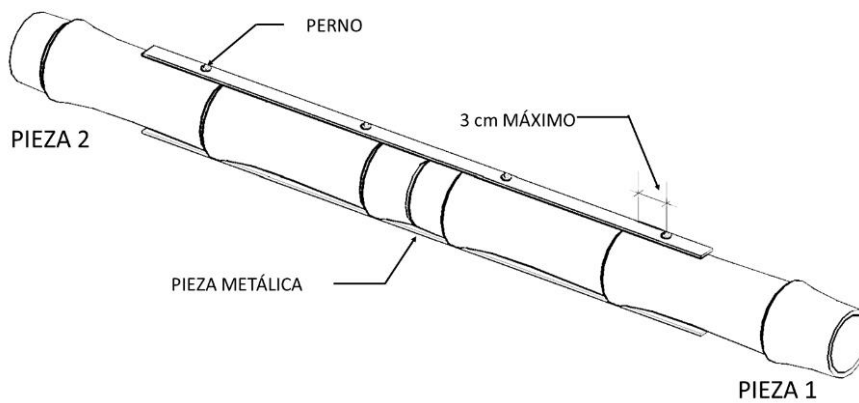


Figura 15: Uniones longitudinales con dos piezas metálicas

- Caso 3: Con dos culmos

Dos piezas de GaK se conectan entre sí mediante dos culmos, sujetos con pernos de 9 mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

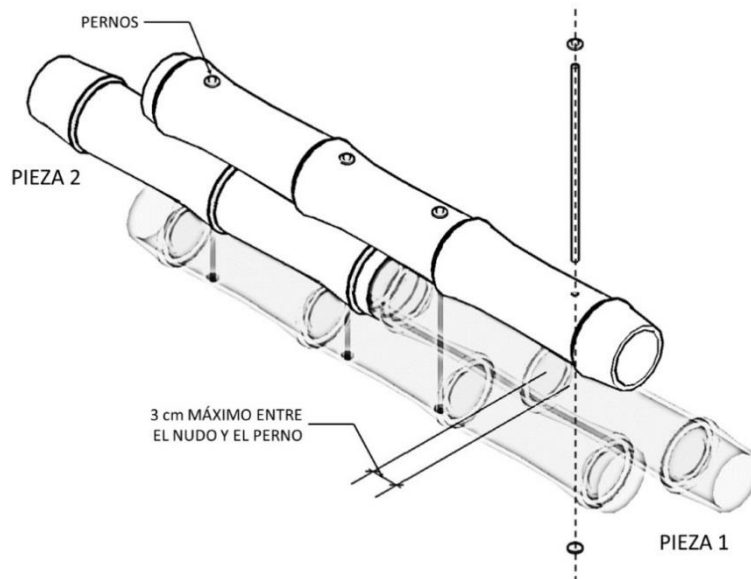


Figura 16: Uniones longitudinales con dos culmos

5.7.2.2. Uniones perpendiculares

Sirve para asegurar dos elementos estructurales que están dispuestos uno perpendicularmente al otro.

- a) El culmo que se asienta sobre una boca de pez debe encajar en su totalidad, los culmos que se unan deben ser de un diámetro similar.
- b) El culmo que tiene la boca de pez es despojado de su diafragma inmediato e interior.
- c) En estas uniones se debe lograr el mayor contacto entre los culmos.
- d) La distancia entre el nudo y la parte inferior del corte boca de pez debe tener entre 40 y 60 mm.
- e) En el culmo que tiene la boca de pez, se introduce una varilla roscada de 10 mm, a 30 o 40 mm por debajo del nudo, la misma que se asegura mediante arandelas y tuercas. Lo denominamos perno de anclaje.
- f) En el culmo a acoplarse, se realiza una perforación transversal, de manera perpendicular a sus fibras y que atraviese el culmo.
- g) Se prepara un perno, -llamado tensor- que en un extremo tenga un gancho y en el otro el hilo o rosca para la tuerca.
- h) Verificar que, este perno tensor tenga una medida tal que, alcance con su gancho el perno de anclaje y que el otro extremo sobresalga por la superficie del culmo ortogonal.
- i) Finalmente, se engancha el perno tensor al perno de anclaje y se introduce su otro extremo por las perforaciones realizadas en el culmo de acople, hasta asegurar con arandela y tuerca, el extremo mencionado. Para asegurar que el perno de anclaje no actúe como elemento cortante, se debe rellenar con mortero de cemento cada uno de los canutos en donde se encuentre el perno de anclaje. Donde actúa el perno tensor también se debe rellenar con mortero de cemento para evitar hundimiento por aplastamiento de la superficie de las GaK.

- j) Si se trata de obras provisionales o temporales, se exceptúa el relleno con mortero en los elementos tensores, prevaleciendo el relleno con mortero en los elementos que trabajen a tracción o compresión.

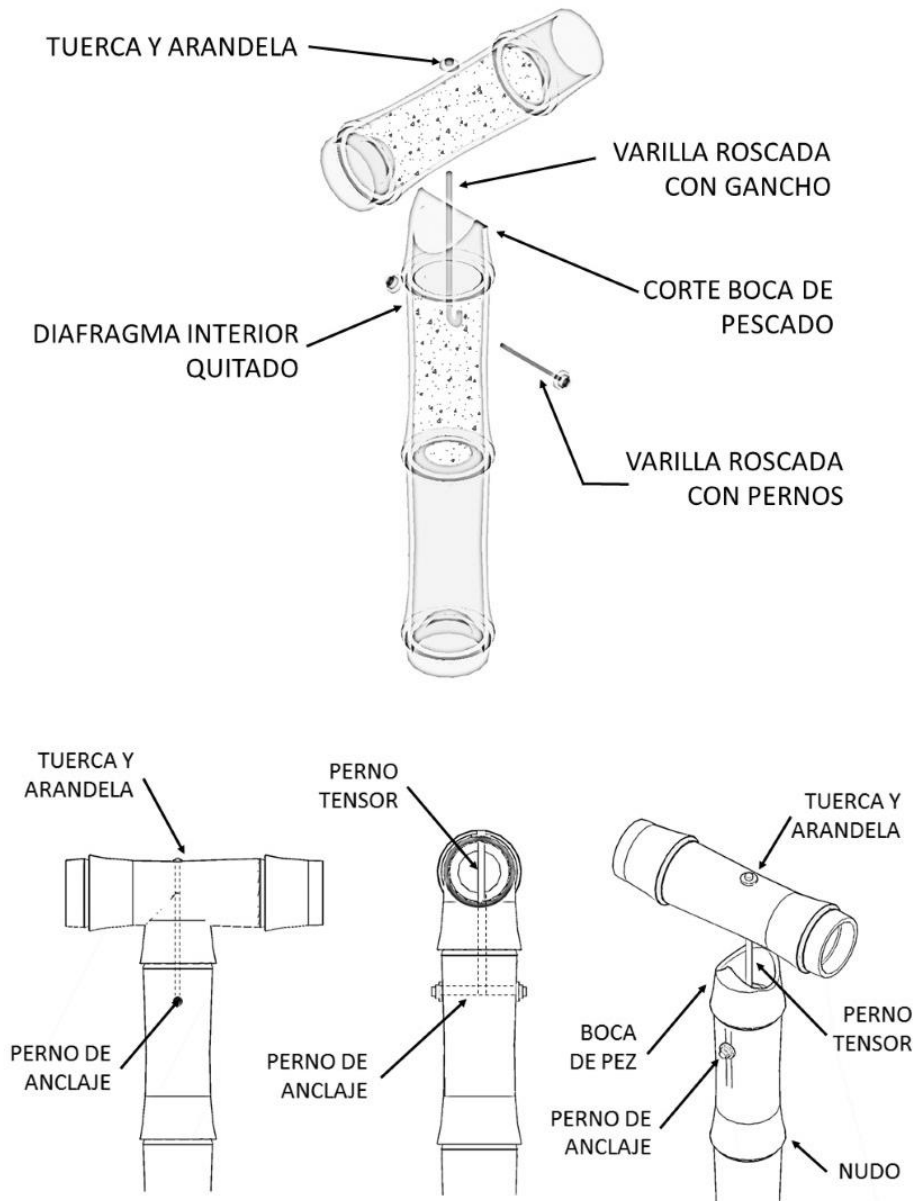


Figura 17: Unión perno tensor

5.7.2.3. Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica

Son una variación de las uniones tipo boca de pez, sirven también para asegurar dos elementos estructurales perpendiculares entre sí, pero para facilitar el proceso y reducir el tiempo de ejecución de la obra la unión entre culmos se realiza por medio de elementos metálicos como lo muestra el detalle de la figura 16.

- a) El proyecto debe prever el diseño de las piezas metálicas y el diámetro de los culmos a utilizarse.
- b) El procedimiento es similar al indicado en la sección 5.7.2.2, salvo las siguientes innovaciones:

- Se realiza un corte plano en el culmo receptor y, en lugar de la boca de pez, se ubica un disco metálico de 2 mm de espesor con perforación central de 10 mm y sobre él, una media caña metálica de 150 mm de longitud, con perforación de 10 mm y proveniente de un tubo metálico de 110 mm (4") de diámetro y 2 mm de espesor.
 - El disco debe tener el diámetro previsto en función de los culmos disponibles: -100, 110, 120, 130 mm- y las medias cañas metálicas se acoplarán de igual manera a los culmos, ya sea abriendo o cerrando los lados de la media caña.
- c) La colocación y aseguramiento del perno de anclaje y el perno tensor es igual a lo expuesto en la sección 5.7.2.2.

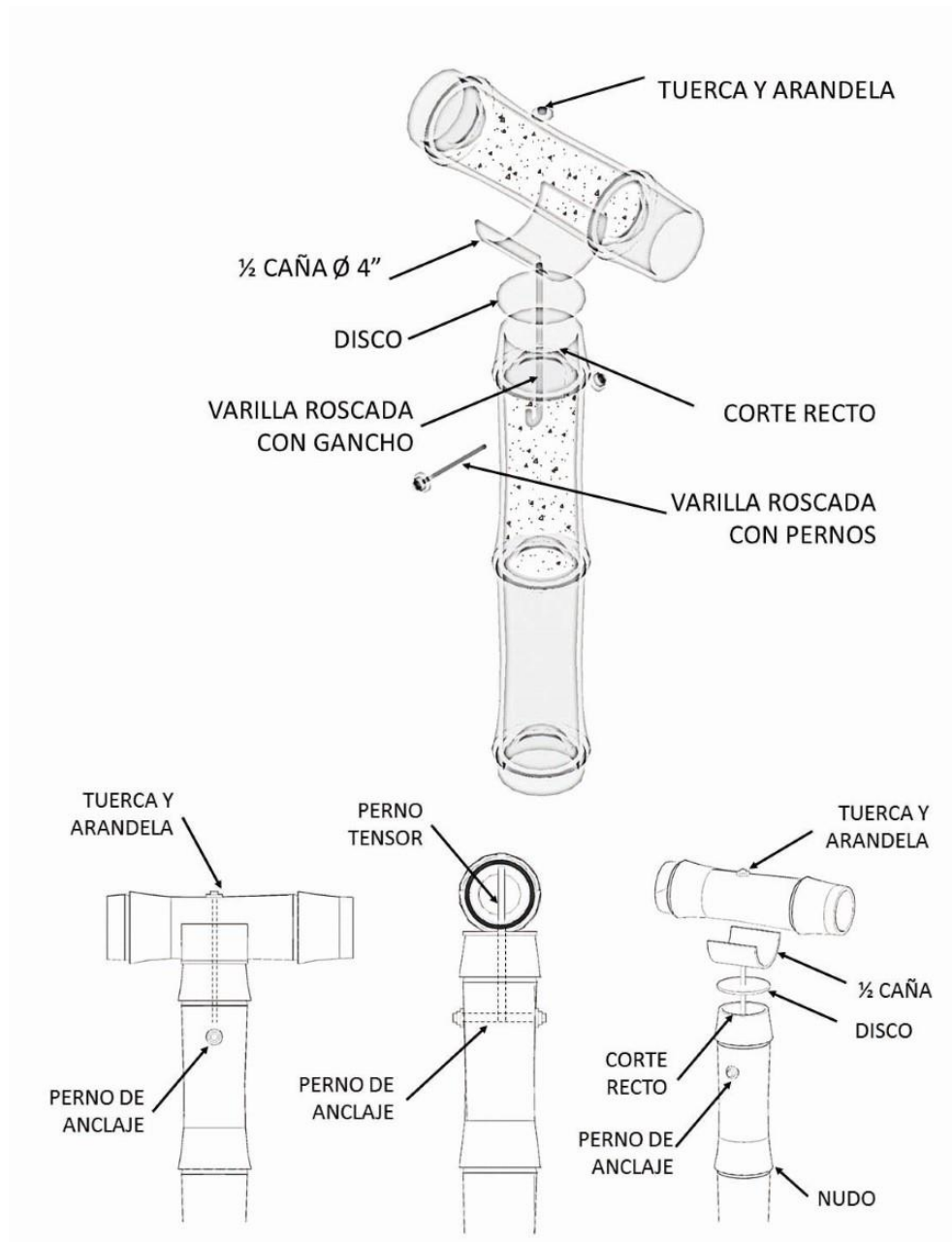


Figura 18: Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica

5.7.2.4. Uniones diagonales

Son realizadas por medio del corte pico de flauta, entre una pieza vertical u horizontal con otra que no sea paralela ni perpendicular. En estas uniones se debe lograr el mayor contacto entre las piezas.

- La unión en diagonal puede ser asegurada de dos maneras: colocando un perno tensor y uno de anclaje y/o colocando una varilla roscada en el ángulo que forman el culmo y la pieza en diagonal. Ver Figura 17.
- La colocación de pernos en diagonal provoca que las tuercas y arandelas no queden perpendiculares a las fibras del culmo, provocando la fisura de la pieza de GaK. Para evitar esto, es preferible utilizar pequeños prismas de madera dura (preservada), neopreno o metálico, que permita un mejor empalme.
- El acople del corte pico de flauta con culmos verticales u horizontales, según sea el caso, debe provocar un perfecto ajuste de los dos elementos, ajuste que corresponde de manera exclusiva a la entalladura denominada pico de flauta.
- La varilla roscada que atraviesa y une los culmos, debe pasar por detrás del nudo del culmo que tiene el corte pico de flauta para evitar fisuras. Ver Figura 18.

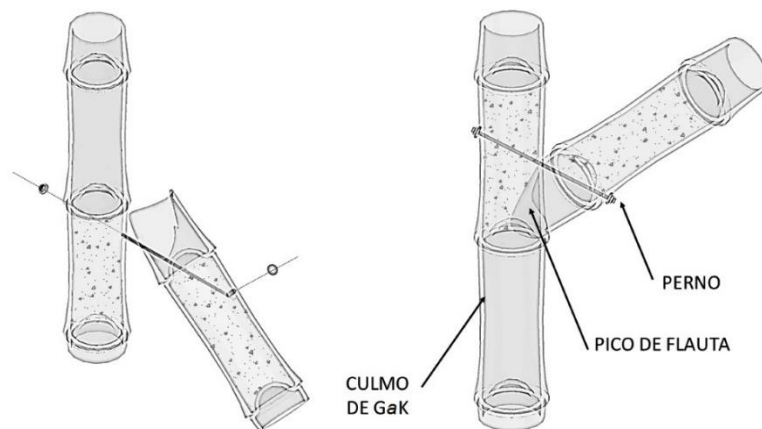


Figura 19: Unión Diagonal Simple

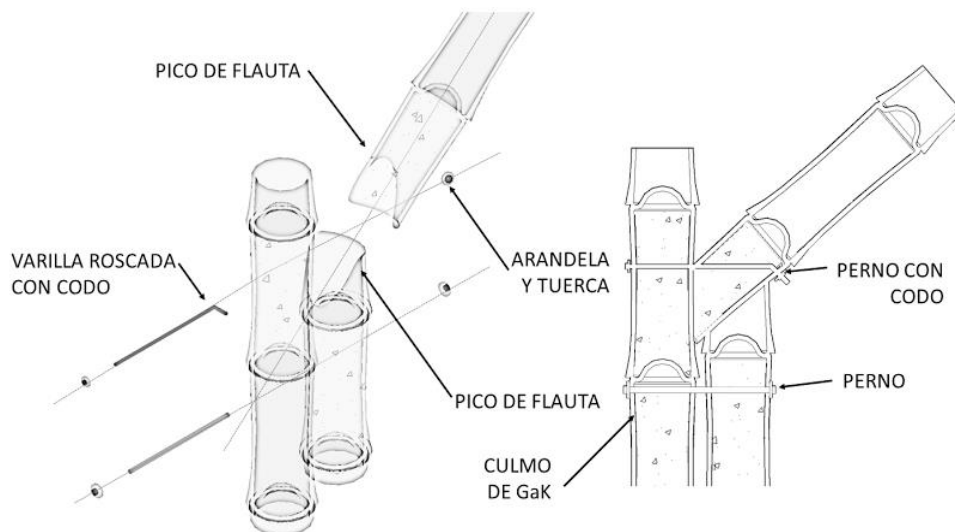


Figura 20: Unión Diagonal con Bambú de Apoyo

5.7.2.5. Uniones zunchadas

Las uniones zunchadas (Ver Figura 19) están permitidas siempre y cuando sean para garantizar que dos elementos de GαK se acoplen correctamente entre ellos, pero no dependerá del zuncho la transmisión de carga. Se recomienda zunchar las puntas de las conexiones de GαK para evitar el agrietamiento.

- a) El zuncho puede ser de: plástico, metal, caucho, fibras vegetales, cuero, nylon, fajas, entre otros, que permitan acoplar los culmos.
- b) Esta unión no requiere de pernos u otro tipo de anclaje.

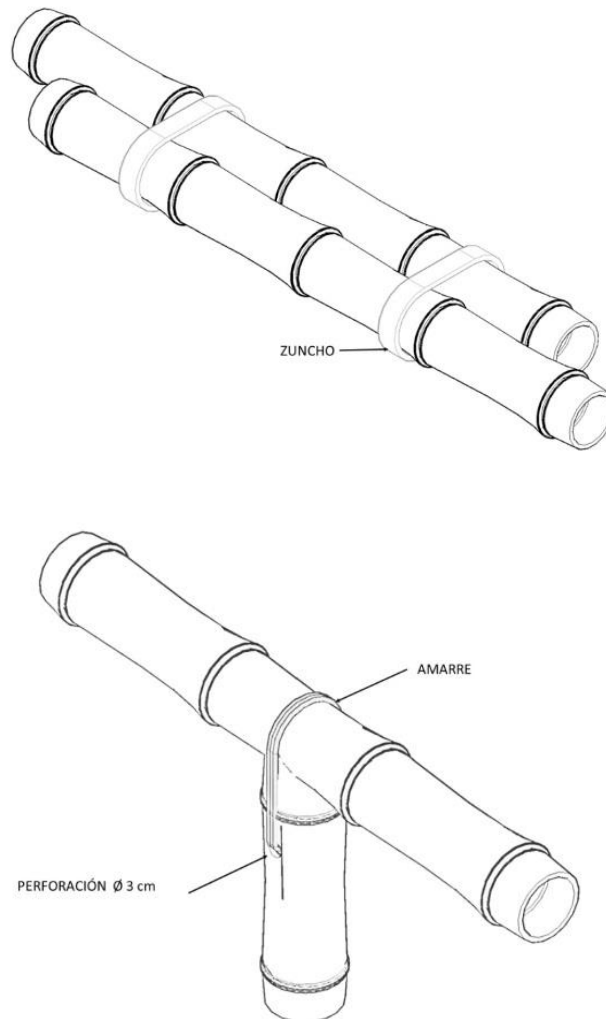


Figura 21: Unión zunchada

5.7.2.6. Otras uniones

Se permitirán otros tipos de uniones siempre que sean verificadas por un estudio científico, con no menos de 30 ensayos, que permitan verificar que la capacidad de unión propuesta es equivalente o superior a las expuestas en la presente norma.

5.8. Elementos constructivos de GaK

5.8.1. Columnas

Las columnas pueden conformarse de un culmo o de la unión de dos o más piezas de GaK, colocadas de forma vertical con las bases orientadas hacia abajo.

- Las columnas compuestas de más de una pieza de bambú, deben unirse entre sí con zunchos o pernos, con espaciamentos que no excedan un tercio de la altura de la columna.
- La construcción de columnas demanda su apoyo en zócalos, pedestales o columnas de H. A. de diferente altura, de acuerdo al diseño. El anclaje de los culmos en sus apoyos, se expone en la sección 5.5.
- La altura de las columnas y la carga axial a soportar, demanda el análisis estructural de la esbeltez de aquellas, para contrarrestar posibles flexiones o pandeos de las mismas. Un procedimiento para disminuir la esbeltez de las columnas es aumentar la sección de las mismas con adición de dos o más culmos que eviten las posibles flexiones laterales o pandeos.
- La adición de culmos con alturas diferenciadas, permite asegurar vigas superiores transversales, sean éstas dobles o triples, evitando la flexión lateral de aquellas.

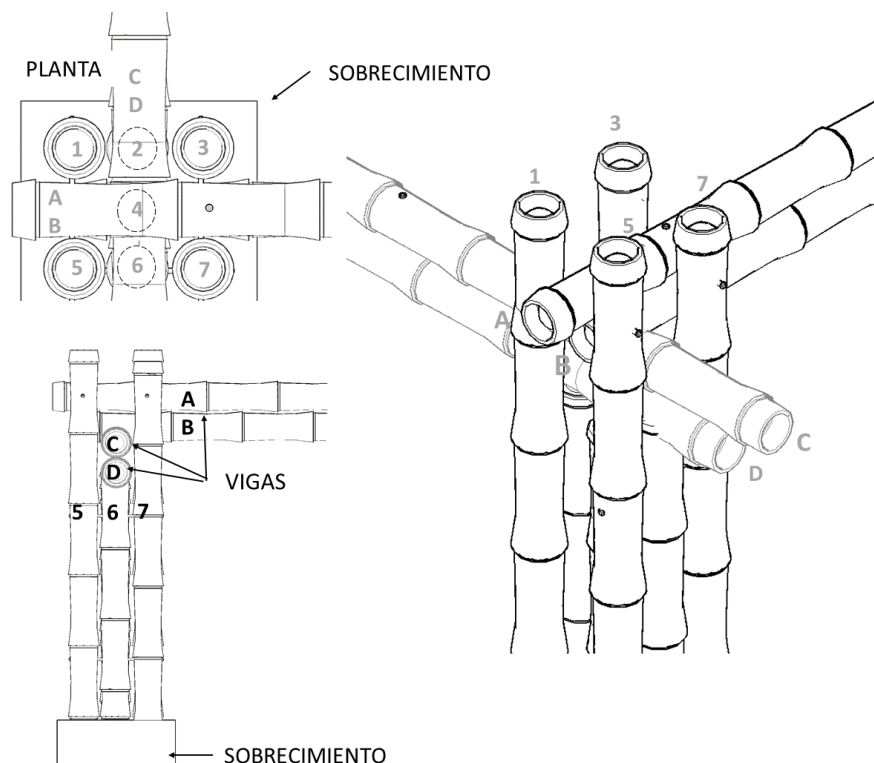


Figura 22: Columna compuesta por 5 culmos y que soportan vigas dobles transversales.

5.8.2. Vigas

Las vigas deberán conformarse de uno o de la unión de dos o más culmos. Para cualquiera de los casos, el diseño de la viga deberá estar respaldado por el diseño estructural.

- a) Las vigas compuestas de más de un culmo, deben unirse entre sí con zunchos, tarugos de madera tipo A preservado, o pernos espaciados como mínimo de un cuarto de la longitud de la viga.
- b) Para obtener vigas de longitudes mayores a las piezas de GaK, se deben unir dos culmos longitudinalmente, según lo establecido en la sección 5.7.2.1.
- c) Las uniones de los culmos en las vigas compuestas, deben ser alternadas para que las uniones se traslapen.
- d) En la unión de vigas compuestas no deben coincidir los entrenudos de los culmos.
- e) Los pernos serán de 10 mm y se procurará que estén ubicados a 30 mm de los nudos.
- f) Las puntas de los culmos que queden expuestos deben ser rellenados con mortero, yeso, poliuretano, masilla de madera (aserrín + cola blanca), entre otros, que impidan el paso de insectos y animales que puedan afectar los culmos.

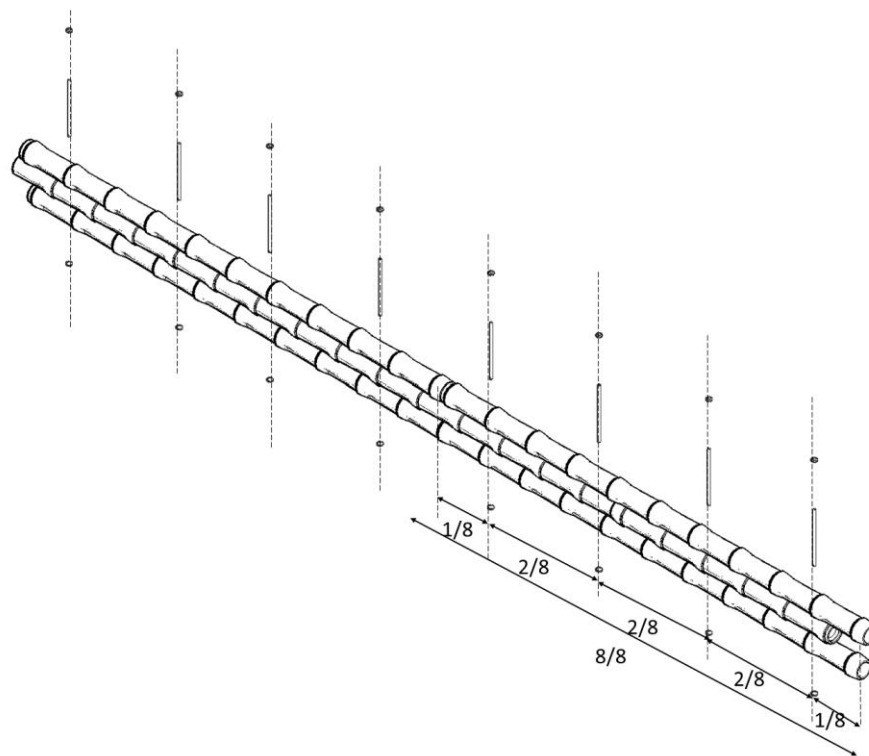


Figura 23: Viga compuesta tipo A

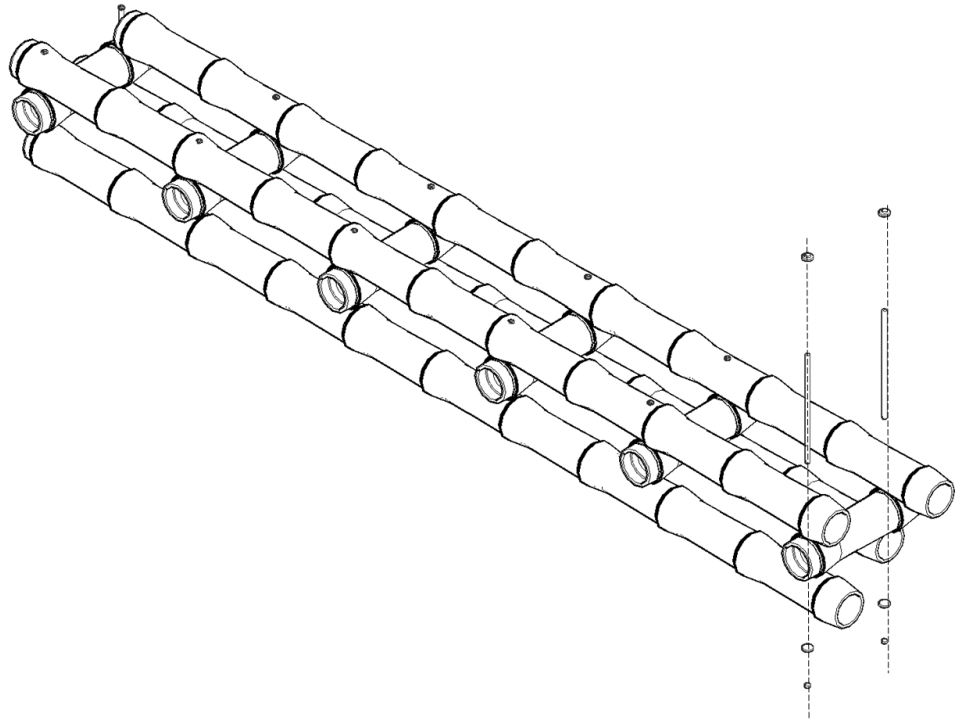


Figura 24: Viga compuesta tipo B

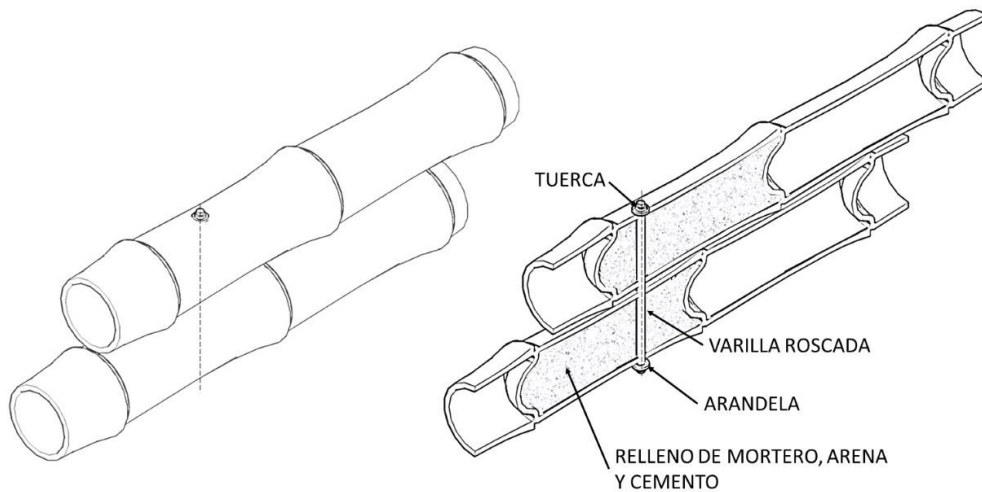


Figura 25: Detalle de unión de culmos paralelos

5.8.3. Paneles

La construcción de paneles o tabiques se puede realizar de varias maneras, diferenciadas entre sí por el tipo de estructura del panel, la misma que puede ser de culmos, listones de madera tipo A o B preservada o mixto entre GPK y madera.

5.8.3.1. Paneles con estructura de GPK

Para construir un panel con estructura de culmos de GPK, se debe considerar:

- a) Se recomienda prefabricar paneles con máximo 3 m de longitud y de 3.5 m en su punto más alto, por el peso del mismo, puesto que un peso mayor dificultara su manejo y puesta en obra. Si se requiere paneles de mayor longitud, se fabricarán dos paneles cuya longitud sume la deseada, siempre y cuando no sobrepasen los 3 m cada uno. De requerir paneles con dimensiones mayores, se construirán en base al diseño estructural respectivo.
- b) Los culmos intermedios y los laterales, serán asegurados a los culmos de la solera superior e inferior, mediante la unión boca de pez, y asegurados con pernos de anclaje y tensores, como se indica en la sección 5.7.
- c) Los culmos intermedios se colocarán espaciados a no más de 0.6 m entre ejes.
- d) En cada uno de los espacios extremos, se debe colocar un culmo en diagonal para dar rigidez al panel. Estos dos culmos deben ser asegurados con la unión pico de flauta, como se indica en la sección 5.7.
- e) La estructura del panel puede ser modificada en función de la necesidad de colocar puertas o ventanas, para lo cual se colocará dinteles y alféizar correspondiente.

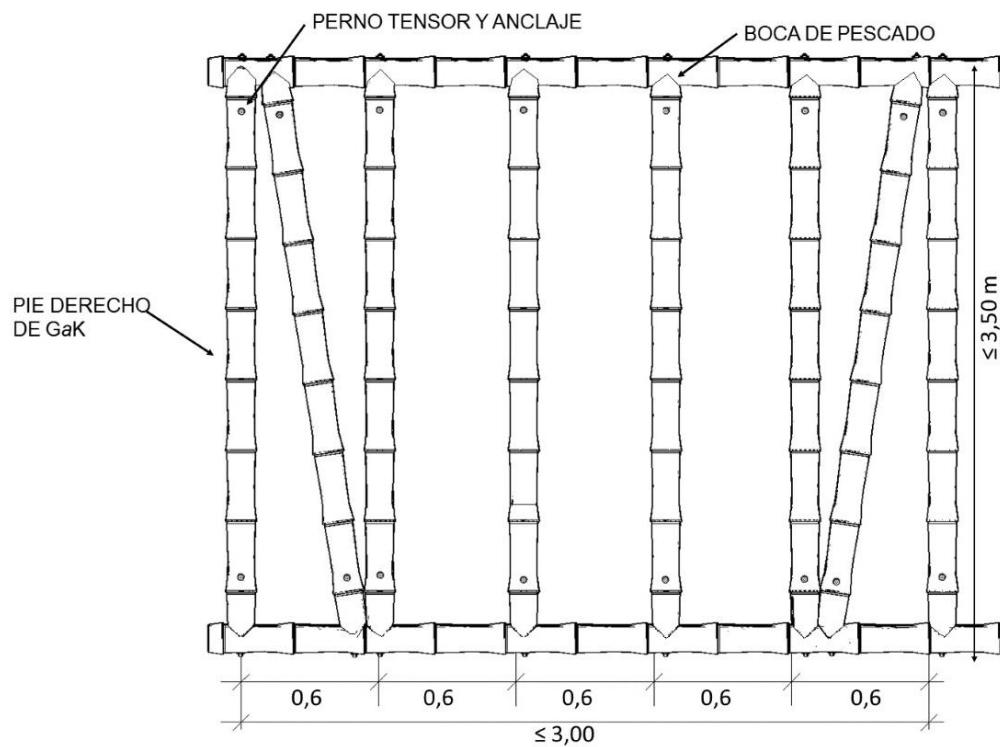


Figura 26: Panel con estructura de culmos de GaK.

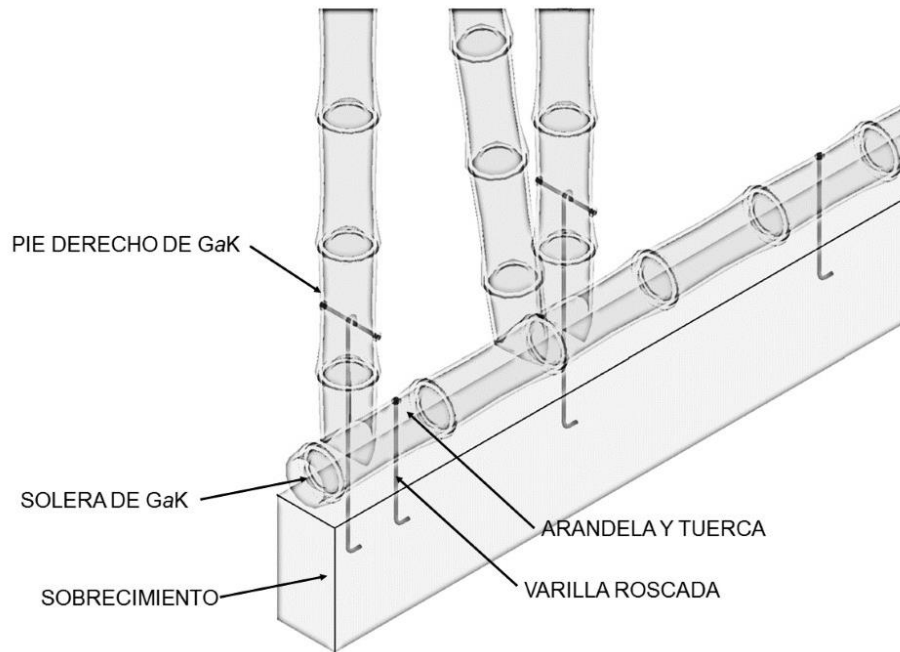


Figura 27: Detalle uniones en panel con estructura de culmos de GaK.

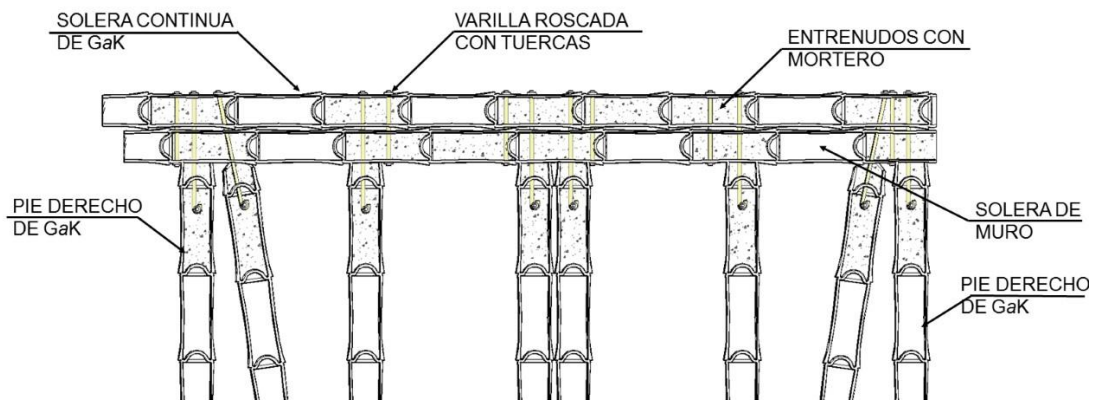


Figura 28: Paneles estructurales con GaK.

5.8.3.2. Paneles con estructura de Madera

En lugar de usar culmos como estructura del panel se pueden sustituir estos, por listones de madera tipo A o B preservada de sección 50 x 50 mm. El procedimiento es similar al utilizado en la sección 5.8.3.1.

- a) La madera debe estar seca e inmunizada contra insectos xilófagos, ser recta, de aristas vivas, de la sección solicitada, no presentar rajaduras, nudos o defectos.
- b) Las consideraciones en referencia a las medidas de los paneles son similares a las expresadas en el caso de paneles con estructura de culmos: máximo 3 metros de largo y 3 metros en su máxima altura.

- c) Si se requiere paneles de mayor longitud, se fabricarán dos paneles cuya longitud sume la deseada, siempre y cuando no sobrepasen los 3 m cada uno.
- d) Los listones de división vertical estarán espaciados 400 a 600 mm entre ejes.
- e) Las uniones entre listones son a tope, mediante clavos de acero de 3" o tornillos avellanados para madera.
- f) En los 4 vértices del panel se recomienda ubicar dos clavos (o tornillos), para evitar el giro de los listones. Se pueden usar clavos de forma lancero para mayor seguridad.
- g) En cada espacio lateral se colocará un listón en diagonal para dar mayor rigidez al panel.
- h) La estructura del panel puede ser modificada en función de la necesidad de colocar puertas o ventanas, para lo cual se colocará dinteles y alfízares correspondientes.

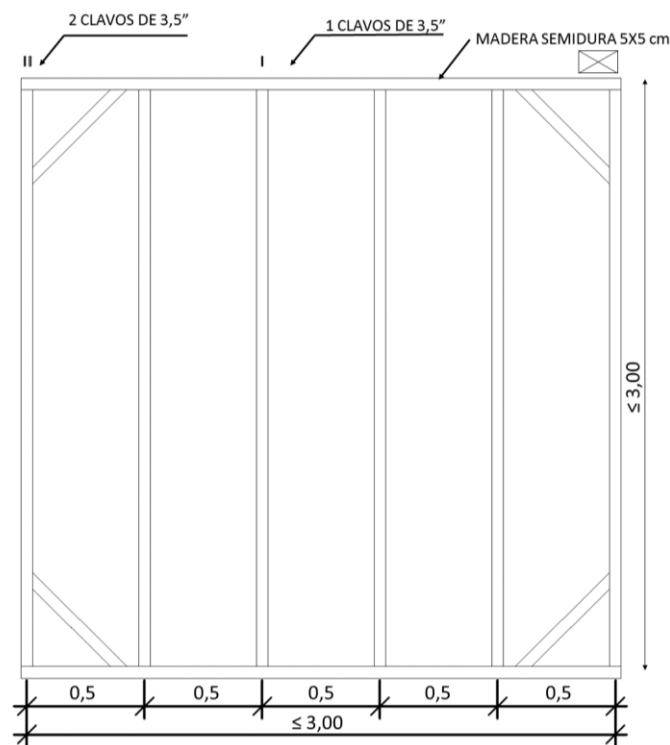


Figura 29: Paneles con estructuras de madera (semidura) de sección 5 x 5

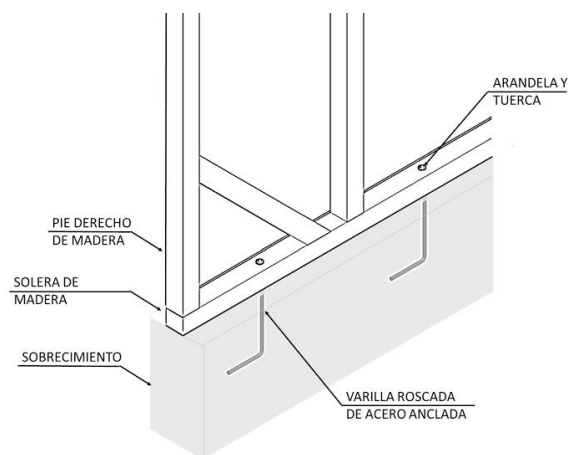


Figura 30: Detalle de uniones de paneles con estructuras de madera (semidura)

5.8.3.3. Paneles con estructura de GaK y Madera

- a) Los paneles mixtos de GaK y madera, están constituidos por elementos horizontales llamados soleras, elementos verticales llamados pie – derechos y recubrimientos.
- b) Los culmos no deben tener un diámetro inferior a 80 mm.
- c) La distancia entre los pies derechos y el número de diagonales estará definida por el diseño estructural.
- d) En caso de soleras de madera, estas tendrán un ancho mínimo igual al diámetro de los bambúes usados como pie - derechos. El espesor mínimo de la solera superior e inferior será de 35 mm y 25 mm respectivamente.
- e) El corte de los culmos se lo realizara de acuerdo a la sección 5.6.
- f) Las uniones se realizarán de acuerdo a la sección 5.7.

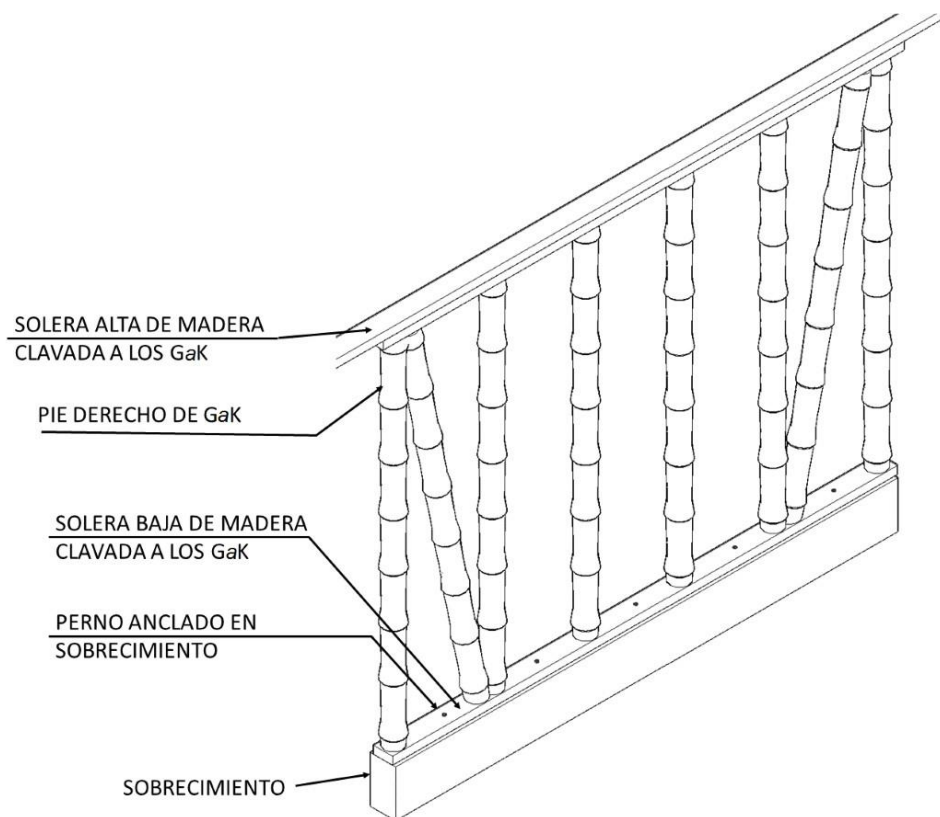


Figura 31: Paneles con estructura de GaK y Madera

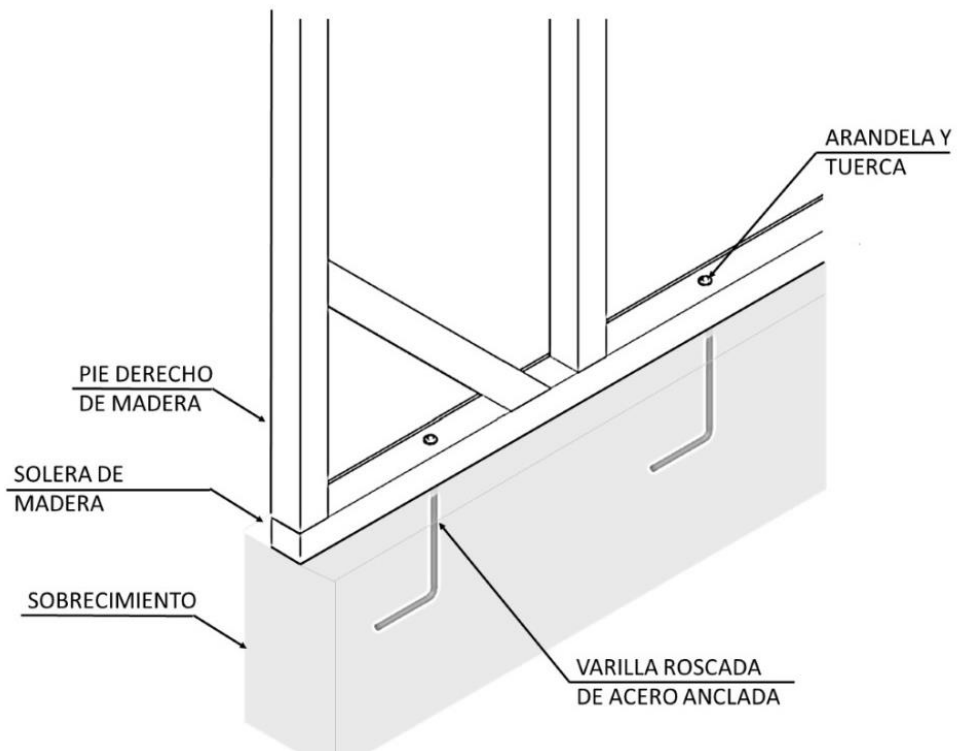


Figura 32: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con arandela y tuerca

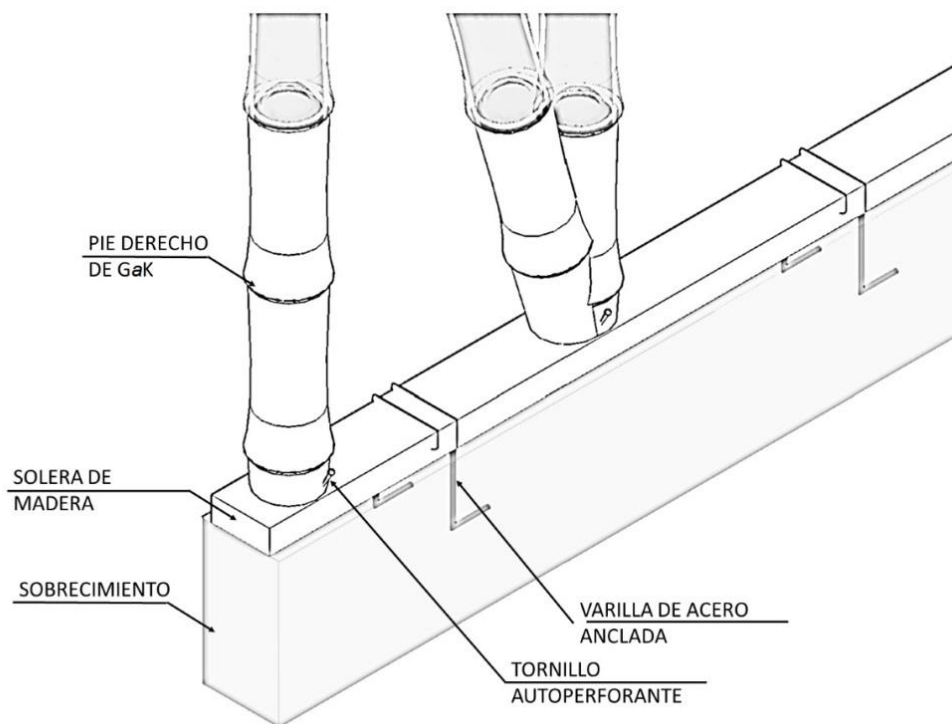


Figura 33: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con varilla de acero anclada

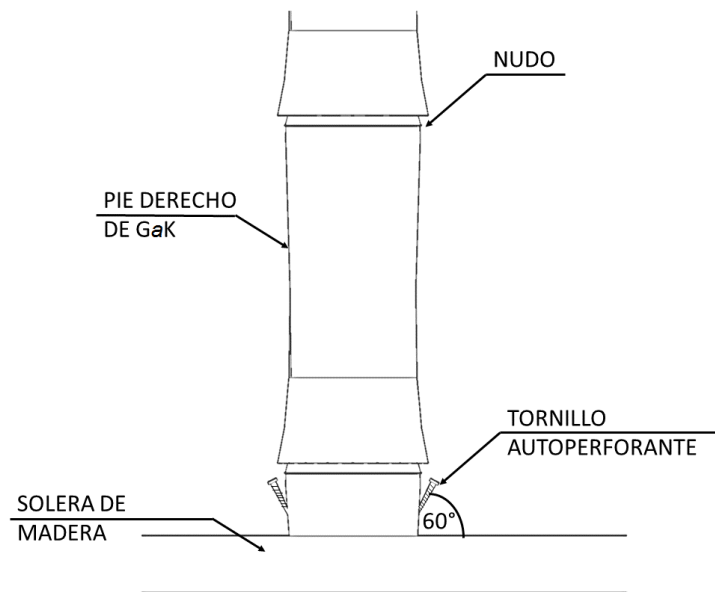


Figura 34: Detalle de unión de la columna de GFRP a la solera de madera

5.8.3.3.1. Uniones entre muros

Se unen entre sí mediante pernos o zunchos. Debe tener como mínimo tres conexiones por unión, colocadas a cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener por lo menos 9 mm de diámetro.

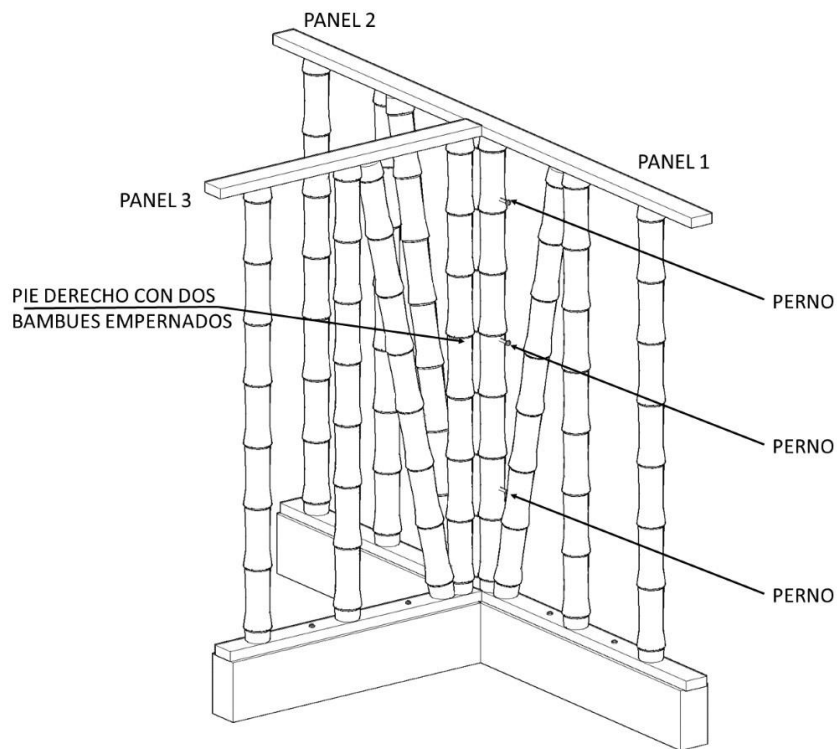


Figura 35: Uniones entre muros

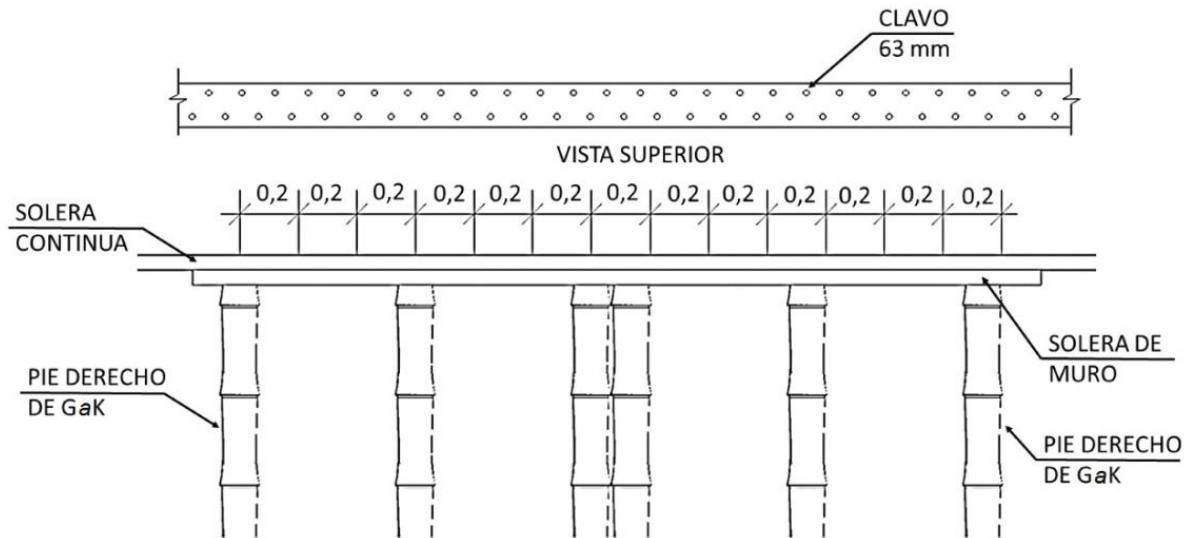


Figura 36: Paneles con estructuras de GaK y madera. Vista superior.

5.8.3.4. Recubrimiento y aseguramiento de los paneles.

Los paneles detallados en esta sección podrán ser recubiertos de distintas maneras:

5.8.3.4.1. Recubrimiento con latillas de culmos de bambú.

- a) Los paneles descritos en esta sección pueden ser recubiertos por una o por las dos caras, con latillas extraídas de los culmos.
- b) Las latillas deben estar secas y preservadas, de anchos y espesores uniformes y cantos rectos.
- c) Las latillas se colocarán con su epidermis hacia el exterior.
- d) Pueden asegurarse de manera ortogonal a la estructura del panel, sean estos de culmos enteros o de madera. Otra forma de asegurarlos es en diagonales o formando figuras geométricas.
- e) Antes de su recubrimiento se debe realizar la instalación sanitaria hasta 50 mm (2") y la eléctrica, dejando las cajas de toma corrientes y las de interruptores. Ver figura 35.
- f) Para asegurar la latilla a la estructura de los paneles de GaK madera, se utilizan clavos de 38 mm (1 ½"), enlazados por alambre galvanizado No 18. Este alambre puede ser recubierto posteriormente con latillas del culmo de bambú.
- g) Para no provocar fisuras en las latillas, antes del clavado se recomienda realizar en la epidermis de la latilla, una pequeña incisión en forma de cruz.

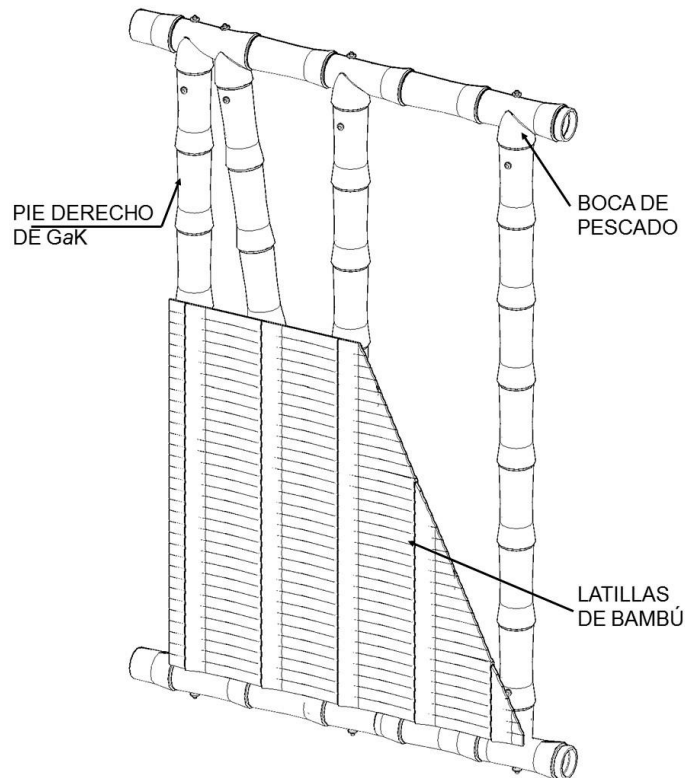


Figura 37: Recubrimiento de Paredes con latillas de bambú

5.8.3.4.2. Recubrimientos con Caña Picada

- a) Los paneles descritos en esta sección pueden ser recubiertos con caña picada, colocada de forma ortogonal a la estructura.
- b) La caña picada de manera previa ha sido desprovista de la dermis o parte blanda denominada "tripa".
- c) La caña picada puede ser ubicada sobre una o las dos caras del panel, con la epidermis hacia el exterior del panel.
- d) La caña picada será asegurada de tal manera que no queden aberturas por donde entren insectos.
- e) Antes de colocar la caña picada ubicar las tuberías sanitarias hasta 50 mm (2"), los conductores eléctricos y las cajas de toma corrientes e interruptores.
- f) La caña picada se coloca alternando: una parte ancha con una parte de delgada para compensar la diferencia de conicidad.
- g) El aseguramiento a la estructura de los paneles (GaK madera) de la caña picada se hace con clavos de 38 mm (1½"), pre clavados primero, luego enlazados por alambre galvanizado No 18, para finalmente realizar el clavado definitivo.
- h) Para recubrir el alambre galvanizado, se puede clavar una latilla de GaK en toda su longitud. Para no provocar fisuras en las latillas, antes del clavado se recomienda realizar en la epidermis de la latilla, una pequeña incisión en forma de cruz.

5.8.3.4.3. Recubrimientos con mortero de arena – cemento

- a) Los paneles son recubiertos con caña picada, colocada de forma ortogonal a la estructura.
- b) La caña picada de manera previa ha sido desprovista de la dermis o parte blanda denominada “tripa”.
- c) La caña picada puede ser ubicada sobre una o las dos caras del panel con la parte interna o dermis hacia el exterior del panel.
- d) La caña picada será asegurada de tal manera que no quede completamente cerrada, sino dejando aberturas por donde se engrampe el mortero de arena-cemento.
- e) Antes de colocar la caña picada ubicar las tuberías sanitarias hasta 50 mm (2”), los conductores eléctricos y las cajas de toma corrientes e interruptores.
- f) La caña picada se coloca alternando: una parte ancha con una parte de delgada para compensar la diferencia de conicidad.
- g) El aseguramiento a la estructura de los paneles (GaK madera) de la caña picada se hace con clavos de 38 mm (1½”), pre clavados primero, luego enlazados por alambre galvanizado No 18, para finalmente realizar el clavado definitivo.
- h) El recubrimiento con mortero de arena-cemento se realiza en dos capas:

1era. Capa:

- Humedecer el recubrimiento de caña picada.
- Colocar una lechada de cemento (agua: cemento 3:1)
- Colocar la primera capa de mortero en la relación Cemento-Arena. 1:3.
- Procurar que primera capa de mortero sea guiada por maestras para que el espesor de la capa de mortero sea uniforme.
- Hidratar este recubrimiento durante 8 días.
- Si hay fisuras no resanarlas.

2da. Capa:

- Hidratar la superficie
- Colocar la segunda capa de mortero: Cemento-Cal-Arena 1:1:3.
- Hidratar el recubrimiento.

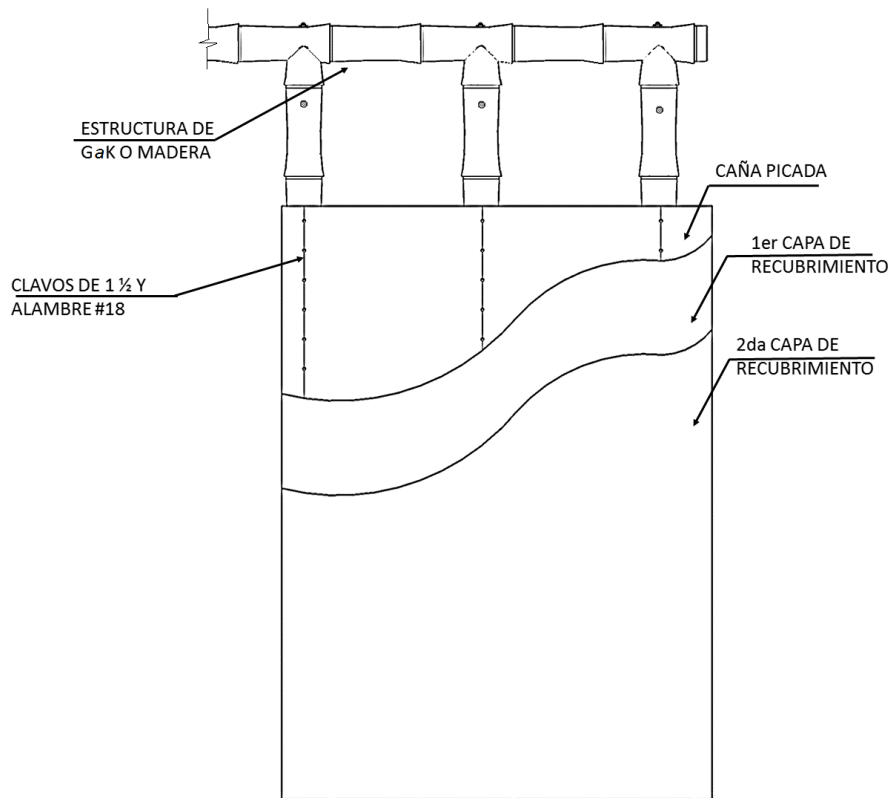


Figura 38: Recubrimiento de paredes con mortero de arena cemento

5.8.3.4.4. Recubrimientos con Tableros Prensados de Bambú

- a) Los tableros de bambú se colocarán de acuerdo al requerimiento del constructor.
- b) Estarán anclados a la estructura del panel, mediante tornillos avellanados o tirafondos para fijarse a estructuras de madera, o autoperforantes para anclarse a estructuras metálicas, cada 250 a 300 mm. en ambos casos.
- c) Se recomienda la utilización de tableros de 15 mm mínimo de espesor para paneles cuya cara se oriente hacia el exterior. Mientras que, hacia el interior, se pueden colocar tableros más ligeros de 4 a 8 mm de espesor, generando un panel tipo sánduche, de ancho variable según el espesor de madera y espesor de tablero de guadúa, esto considerando que la estructura de soporte será en madera.

En cambio, si la estructura de soporte es de guadúa, se recomienda colocar tiras de madera en los cantos hacia donde se instalarán los tableros, con el fin de que las tiras hagan el papel de niveladores de superficie, y poder instalar los tableros en una superficie uniforme y recta.

5.8.4. Entrepiso

El entrepiso debe ser de tipo liviano, para evitar sobrecargar la estructura portante de G+K.

- a) El recubrimiento del entrepiso debe ser con materiales livianos, con peso máximo de 120 Kg/m², salvo que se justifique con el cálculo estructural correspondiente.

- b) El diseño estructural del entrepiso de GaK, se regirá de acuerdo al numeral 4. Bases para el diseño estructural, de la presente norma.
- c) En los entrepisos se debe evitar el aplastamiento de las vigas de GaK en los puntos de apoyo, con las dos alternativas siguientes:
 1. Colocando tacos de madera, de peralte igual al de la viga de GaK.
 2. Rellenando con mortero los entrenudos de apoyo de las vigas.
- d) En caso de vigas compuestas, conformadas por culmos superpuestos, se tendrá que prever el arriostramiento necesario para evitar el pandeo lateral.
- e) Si se construye cielo raso debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse la ventilación de los espacios interiores.

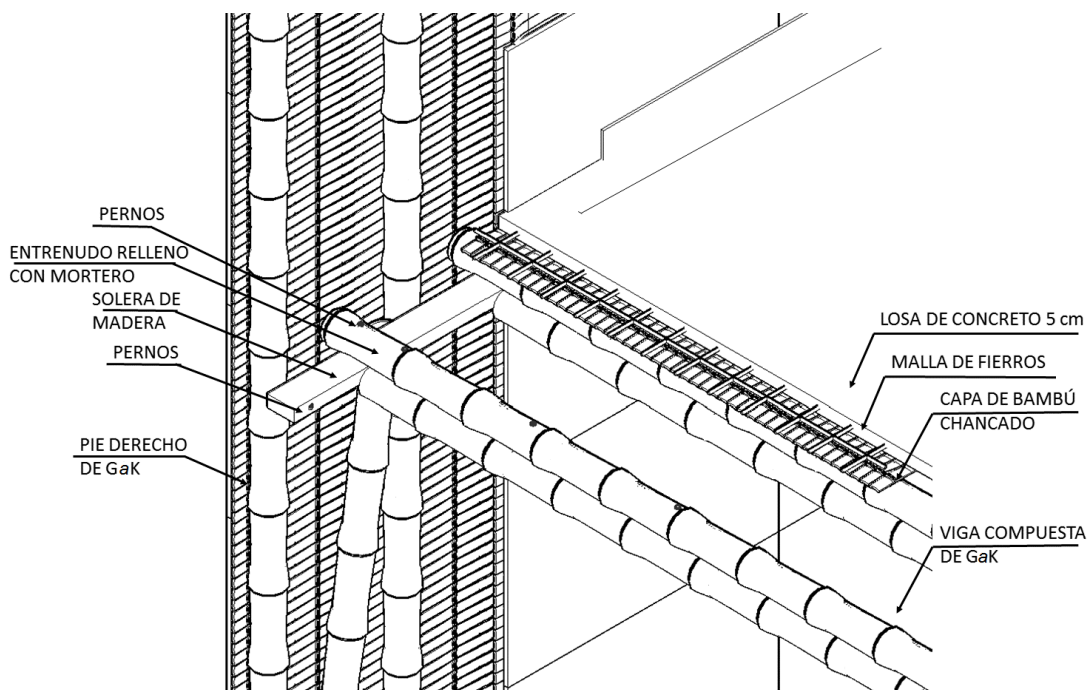


Figura 39: Detalle de entrepiso de concreto

Preferentemente considerar que los aleros de las cubiertas deben cubrir las paredes de fachada con un ángulo respecto a la radiación solar, de entre 20 y 30 grados, con el fin de cubrir la superficie de la GaK de los rayos UV y lluvias con viento.

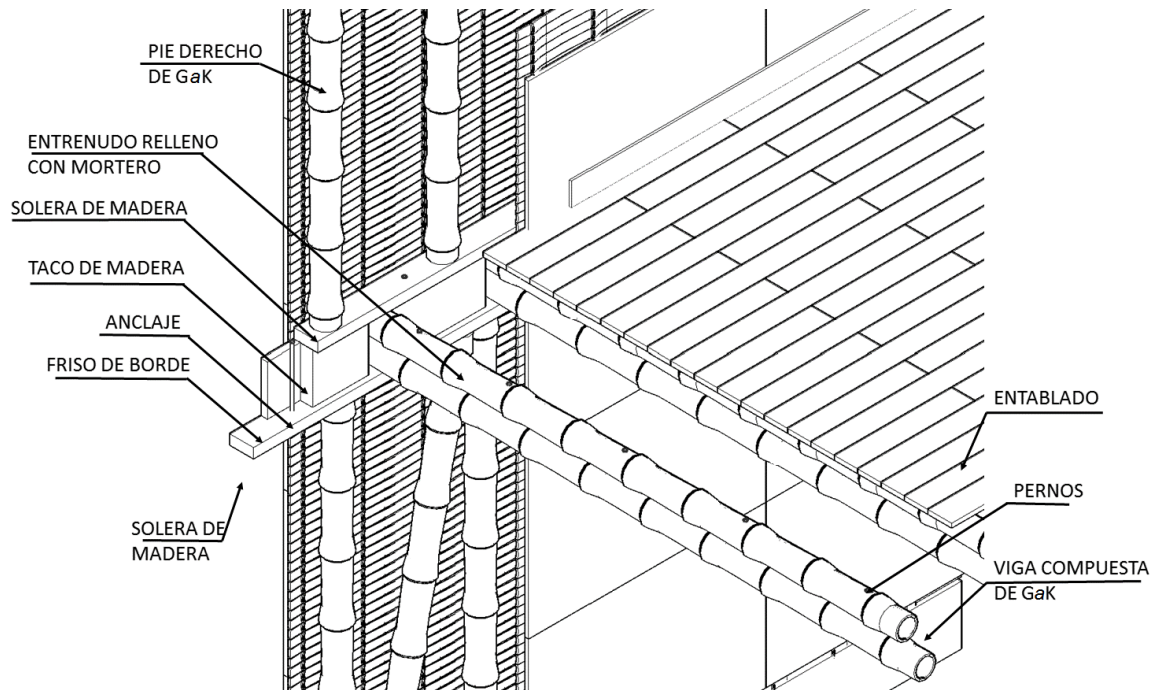


Figura 40: Detalle de entepiso entablado

5.8.5. Cubierta

La cubierta debe ser liviana, impermeable y con aleros que cubran las paredes de las fachadas con un ángulo respecto a la radiación solar, de entre 20 y 30 grados, con la finalidad de cubrir las superficies de los culmos de GaK de los rayos UV y lluvias con viento.

5.8.5.1. Estructura de la cubierta

- a) Los elementos portantes de la cubierta deben conformar un conjunto estable para cargas verticales y laterales, para lo cual tendrán los anclajes y arriostramientos requeridos.
- b) En caso de una estructura de GaK, se deben cumplir con los siguientes requisitos:
- c) Para aleros mayores de 0,6 m deberá proveerse de un apoyo adicional, salvo que se justifique estructuralmente.
- d) Las uniones se realizarán de acuerdo a la sección 5.7.
- e) Se debe nivelar la parte superior con una piola, para que los elementos estructurales de la cubierta estén totalmente alineados y a una misma altura, considerando la conicidad de la GaK.

5.8.5.2. Recubrimiento de la cubierta.

- a) Estos materiales deben ser impermeables, para proteger de la humedad a la estructura.

- b) Cuando se utilicen materiales que transmiten humedad por capilaridad, como las cubiertas de teja de barro, debe evitarse su contacto directo con la estructura de la cubierta a fin de prevenir su pudrición.
- c) El recubrimiento deberá proteger la estructura de GαK de la radiación solar.
- d) Se debe considerar la durabilidad del material utilizado.

5.8.5.3. Cielo raso de la cubierta

- a) En caso de colocar un cielo-raso debe construirse con materiales livianos anclados a la estructura de la cubierta, y permitir la ventilación de cubiertas.
- b) Se puede colocar como cielo raso caña picada, latillas o tableros de bambú, siguiendo las especificaciones descritas en la sección 5.8.3.4.
- c) Si se coloca el cielo raso sobre la estructura de GαK, se debe mantener una cavidad entre el cielo raso y la cubierta con una separación mínima de 20 mm.

5.9. Acabado y mantenimiento

Toda edificación de GαK requiere de un buen acabado para mantener su valor estético y aumentar su durabilidad.

El acabado de los culmos debe ser realizado con ceras, lacas, barnices o pinturas.

La frecuencia del mantenimiento depende del grado de exposición solar, del desgaste por fricción de la película protectora y del nivel de exigencia estructural de los culmos.

Para garantizar la durabilidad de la construcción con GαK se debe llevar a cabo las siguientes actividades:

- a) Sellar cavidades en los extremos de los culmos.
- b) Cortar y lijar sobrantes de pernos y protegerlos con anticorrosivos y pintura esmalte.
- c) Reajustar los pernos de la estructura seis meses después de la construcción.
- d) Controlar el estado de la estructura a través de la inspección de presencia de afectaciones a causa de: hongos, termitas, humedad, aplastamiento, fisuras, entre otros.
- e) De ser necesario, reemplazar los elementos estructurales afectados.
- f) Se debe usar pintura anticorrosiva en todos los elementos metálicos.
- g) El propietario debe realizar cada año la revisión de los puntos antes mencionados.

6. Apéndices

Apéndice 1: Estudio de Especies Prioritarias de Bambú en el Mundo, INBAR

The major priority species

From the beginning it was recognized that a consensus on the major priorities for regional and international action would, of necessity, not include many of the other species which are used locally and many of which are the subject of research by national programmes. It is stressed that research on these should continue to receive attention from national programmes. However, one or more locally and some what regionally or sub-regionally important species can be added.

The following 20 taxa of bamboos are accorded high priority for international action based on the criteria discussed earlier:

Bambusa balcooa Roxb.
B. bambos (L.) Voss
B. blumeana J A and J H Schultes
B. polymorpha Munro
B. textilis McClure
B. tulda Roxb.
B. vulgaris Schrad. ex Wendl
Cephalostachyum pergracile Munro
Dendrocalamus asper (Schultes f.) Backer ex Heyne
D. giganteus Wallich ex Munro
D. latiflorus Munro
D. strictus (Roxb.) Nees
Gigantochloa apus J A and J.H. Schultes
G. levis (Blanco) Merrill
G. pseudoarundinacea (Steud.) Widjaja
Guadua angustifolia Kunth
Melocanna baccifera (Roxb.) Kurz
Ochlandra Thw. (Spp.)
Phyllostachys pubescens Mazel ex H. de Leh¹¹ including *P. bambusoides* Sieb. and Zucc and *P. edulis* Makino
Thyrsostachys siamensis (Kurz) Gamble (Table 1)

Table 1 illustrates the value of these species for utilization and for environmental rehabilitation, their degree of domestication, climatic ranges and needs for genetic conservation and further survey.

A further 18 taxa were noted to be important and the information available on them have been updated (Table 3). See page 50 onwards.

Arundinaria spp
Bambusa atra Lindl. (*Neololeba atra* (Linn) Widjaja)
B. heterostachya (Munro) Holtum
B. nutans Wall. ex Munro
B. oldhamii Munro
B. pervariabilis McClure
Lingnania chungii McClure
Dendrocalamus brandisii (Munro) Kurz
D. hamiltonii Nees
D. hookeri Munro
D. membranaceus Munro
Gigantochloa albociliata (Munro) Kurz

Bamboos
 Table 1. Priority species and species of national and regional importance (Commercial and local use)

Taxa	Value		Domestication	Climate & Ecology			Genetic resources				
	C	RI		E	C1	S1	GE	S	IV	E	Survey
<i>Bambusa balcooa</i>	++	++	++	D	h, d	m, r	H	H*	H	H	H
<i>Bambusa bambos</i>	++	++	++	D	h, d, s	r, m, p	H	L	M	M	H
<i>B. blumeana</i>	++	++	++	D	h, d, s	r, m, p	H	L	H	H	H
<i>B. polymorpha</i>	+	+	-	D	h, d	r, m	H	H	M	H	H
<i>B. textilis</i>	+	++	+	D	st	r, m	M	L	H	H	L
<i>B. tulda</i>	+	++	+	D	h, d	r, m	H	M	H	H	H
<i>B. vulgaris</i>	-	++	++	D	h, d, s	r, m, p	L	L	L	L	L
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	+	++	+	W	h, d	m	M	L	M	H	M
<i>Dendrocalamus asper</i>	++	+	++	D	h, d	r	H	H	M	H	H
<i>D. giganteus</i>	+	+	+	D	h	r	H	H	M	H	H
<i>D. latiflorus</i>	++	+	+	D	h	r	M	L	M	H	L
<i>D. strictus</i>	++	+	++	D	h	m, p	M	L	L	H	M
<i>Gigantochloa apus</i>	+	++	++	D	d, s	r	H	H	M	H	H
<i>G. levis</i>	+	++	++	D	h	r	H	L	H	H	H
<i>G. pseudoarundinacea</i>	++	+	+	D	h, d	r	M	L	H	H	L
<i>Guadua angustifolia</i>	++	++	++	W	h	r, m	H	H	H	H	H
<i>Melocanna baccifera</i>	+	++	+	W	h	r	H	M	H	H	M
<i>Ochlandra sps</i>	+	+	+	W	h	r	H	H	M	H	H
<i>Phyllostachys pubescens</i>	++	++	++	D	t	r, m	M	M	L	L	L
<i>Thyrsostachys siamensis</i>	++	++	++	D	d. (h)	m, (r)	M	M	L	H	L

KEY Value

C = commercialization potential: High (++) , medium (+), and little (-).
 Survey = need for further field survey: High (H), medium (M), low (L).
 RI = rural industries: High (++) , medium (+), and little (-).
 E = environmental rehabilitation: High (++) , medium (+), and little (-).

Domestication

Wild = W, domesticated = D.

Climate and ecology

Ci = climate: humid tropics (h), dry tropics (d), subtropics (st), semi-arid (s), temperate (t).
 Si = soils: rich (r), medium (m), poor (p)

Genetic resources

GE = genetic erosion: High (H), medium (M), low (L).
 S = need for research on seed storage: High (H), medium (M), low (L).
 IV = need for research on in vitro storage: High (H), medium (M), low (L).
 E = need for wider exchange: High (H), medium (M), low (L).

Apéndice 2: Especies Nativas de Bambú en el Ecuador

No.	Especies Nativas	No.	Especie	No.	Especie
01.	<i>Arthrostylidium ecuadorensis</i> Judziewicz & L.G. Clark	18.	<i>C. neurophulla</i> L.G. Clark	35.	<i>N. elata</i> (Kunth) Pilger
02.	<i>A. simpliciusculum</i> (Pilger) McClure	19.	<i>C. perligulata</i> (Pilger) McClure	36.	<i>N. fimbriiligulata</i> ssp. <i>Fimbriiligulata</i> L.G. Clark
03.	<i>A. youngianum</i> L.G. Clark & Judziewicz	20.	<i>C. aff. Polyclados</i> Pilger	37.	<i>N. nana</i> L.G. Clark
04.	<i>Aulonemia Haenkei</i> (Ruprecht) McClure	21.	<i>C. scandens</i> Kunth	38.	<i>N. nobilis</i> (Munro) Pilger
05.	<i>A. hirtula</i> (Pilger) McClure	22.	<i>C. serpens</i> L.G. Clark	39.	<i>N. rigida</i> L.G. Clark
06.	<i>A. longiaristata</i> L.G. Clark & X. Londoño	23.	<i>C. simpliciflora</i> Munro	40.	<i>N. stuebelii</i> (Pilger) Pilger
07.	<i>A. patula</i> (Pilger) McClure	24.	<i>C. subulata</i> L.G. Clark	41.	<i>N. villosa</i> L.G. Clark
08.	<i>A. queko</i> Goudot	25.	<i>C. tessellata</i> Munro	42.	<i>N. weberbaueri</i> Pilger
09.	<i>Chusquea albilanata</i> L.G. Clark & X. Londoño	26.	<i>C. uniflora</i> Steudel	43.	<i>Rhipido cladum harmonicum</i> (Parodi) McClure
10.	<i>C. exasperate</i> L.G. Clark	27.	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	44.	<i>Rhipido cladum racemiflorum</i> (Steudel) McClure
11.	<i>C. falcate</i> L.G. Clark	28.	<i>G. superba</i> Huber		
12.	<i>C. lehmannii</i> ssp. <i>Lehmannii</i> Pilger	29.	<i>G. weberbaueri</i> Pilger		
13.	<i>C. Lehmannii</i> ssp. <i>Farinosa</i> L.G. Clark & X. Londoño	30.	<i>G. latifolia</i>		
14.	<i>C. loenardiorum</i> L.G. Clark	31.	<i>G. perligulata</i>		
15.	<i>C. londoniae</i> L.G. Clark	32.	<i>Neurolepis aperta</i> (Munro) Pilger		
16.	<i>C. loxensis</i> L.G. Clark	33.	<i>N. aristata</i> (Munro) A. Hitchcock		
17.	<i>C. macclurei</i> L. G. Clark	34.	<i>N. asymmetrica</i> L.G. Clark		

No.	Especies Introducidas	No.	Especies	No.	Especies
35	<i>Dendrocalamus asper</i>	39	<i>Bambusa Vulgaris</i>	43	<i>Dendrocalamus longispiculata</i>
36	<i>Phylostachys aurea</i>	40	<i>Bambusa Tulda</i>	44	<i>Dendrocalamus oldhamii</i>
37	<i>Phylostachys nigra</i>	41	<i>Bambusa ventricosa</i>	45	<i>Melocanna Baccifera</i>
38	<i>Phylostachys pubescens</i>	42	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>		

Fuente: Adaptado de INBAR, 1998, "Bamboo for Sustainable Development. International Bamboo Congress", Tokyo.

Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador

1. Provincia del Carchi

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Tulcán	11,3	80,0	17,5
El Ángel	11,7	72,5	14,6
El Carmelo	12,2	87,5	20,8
San Gabriel	12,4	82,9	19,0
Mira	17,2	78,3	16,8

2. Provincia de Imbabura

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Salinas	19,4	76,7	16,0
Ibarra	15,4	80,8	17,8
Cahuasquí	16,9	83,0	18,7
Sigsicunga	9,9	81,1	17,6
Atuntaqui	15,4	77,7	16,5
Otavalo	14,4	74,6	15,3
San Pablo del Lago	13,6	82,4	18,5

3. Provincia de Pichincha

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Malchinguí	13,3	76,2	16,0
Olmedo	10,9	77,5	16,5
Ascázubi	15,1	76,0	15,9
Cochasquí	12,4	73,8	15,1
Petucho	18,5	74,3	15,2
Tabacundo	13,1	75,7	15,8
Quito	13,5	74,6	15,4
Minda	19,2	90,8	22,4
San Miguel de los Bancos	20,0	93,7	24,4
Tumbaco	16,7	76,9	16,2
Conacoto	15,2	77,2	16,3
Uyumbicho	13,6	85,0	19,7
Machachi	12,5	81,6	18,1
Santo Domingo de los Sábchilas	22,0	90,8	22,2
Alluriquín	22,2	88,1	21,0
Chiriboga	16,3	88,6	21,3
Puerto Ila	23,1	88,5	21,1

4. Provincia de Cotopaxi

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Estación Cotopaxi	7,8	91,1	22,5
Latacunga	13,0	75,4	15,6

La Maná	23,9	88,2	21,2
Rilaló	12,6	91,3	22,9
El Corazón	17,7	94,3	25,0
Rujillí	12,7	75,4	15,6
Salcedo	13,9	74,7	15,4

5. Provincia de Tungurahua

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Pisavambo	7,2	88,7	21,2
Píllaro	13,4	79,2	17,1
Ambato	14,1	76,0	15,9
Patate	15,8	87,7	21,0
Pedro F. Cevallos	12,6	83,4	18,9
Baños	16,7	83,0	18,7

6. Provincia de Bolívar

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
San Simón	14,2	80,8	17,8
San Pablo de Atenas	13,4	88,2	21,1
Chillanes	13,3	87,5	20,5
Balzapamba	20,2	94,0	24,6

7. Provincia de Chimborazo

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Riobamba	13,4	71,4	14,1
Guaslán	14,1	78,2	16,8
Guamote	13,0	82,7	18,6
Pangor	9,0	84,8	19,6
Tixan	7,8	86,4	20,3
Alausí	14,7	77,3	16,4
Chunchi	14,8	86,5	20,4

8. Provincia de Cañar

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Biblián	14,5	73,2	14,8
Manuel J. Calle	24,7	84,3	19,0
Cañar	10,8	76,2	15,9

9. Provincia del Azuay

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Paute	17,1	75,3	15,6
Cuenca	14,9	70,5	13,8
El Labrado	8,5	87,8	20,9
Ucubamba	15,6	71,6	14,1
Gualaceo	17,0	72,8	14,6
Santa Isabel	19,5	74,2	15,1

10. Provincia de Loja

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Saraguro	12,9	83,3	18,9
La Toma	23,8	63,2	11,8
Loja	15,4	72,4	14,5
Catacocha	18,4	82,7	18,5
Malacatos	20,7	74,2	15,0
Célica	15,1	84,5	19,5
Gonzanamá	17,1	83,5	18,9
Vilcabamba	20,4	76,5	15,9
Carimanga	18,1	79,4	17,2
Yangana	18,9	82,3	18,4
Macará	24,9	67,3	12,8

11. Provincia de Esmeraldas

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
San Lorenzo	25,5	86,0	19,8
Borbón	25,4	85,7	19,7
Esmeraldas	25,6	84,5	19,1
Cayapas	25,8	89,5	21,5
Muisne	24,7	85,8	19,7
Quinindé	24,6	90,5	21,9

12. Provincia de Manabí

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
El Carmen	23,7	86,6	20,1
La Concordia	23,8	86,4	20,1
Jama	24,8	82,7	18,3
Charapotí	25,3	83,1	18,5
San Vicente	24,6	81,2	17,7
Bahía de Caraquez	24,7	81,1	17,6
Pedernales	24,8	82,3	18,2
Chone	25,5	86,8	20,3
Tosagua	25,7	83,6	18,8
Calceta	25,6	76,8	15,8
Rocafuerte	25,2	79,5	17,0
Flavio Alfaro	24,6	85,5	19,7
Manta	25,0	77,6	16,2
Portoviejo	24,7	76,4	16,0
Poza Honda	25,3	82,1	18,0
Santa Ana	25,5	77,8	16,3
Jipijapa	21,6	80,8	17,7

13. Provincia de Los Ríos

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Quevedo	24,4	83,6	18,8
Vinces	25,2	79,6	17,0
Babahoyo	25,5	81,8	17,9
La Clementina	24,3	85,2	19,5
Isabel María	25,0	80,6	17,4

14. Provincia del Guayas

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Balzar	25,5	82,0	18,0
Daule	25,7	79,6	17,0
Milagro	24,6	80,9	17,6
Bucay	22,8	90,0	21,7
Salinas	23,2	80,9	17,6
Guayaquil	25,0	79,5	17,0
San Carlos	24,9	82,5	18,2
Ancón	23,7	89,1	21,3
Taura	25,4	78,1	16,4
Playas	24,2	79,0	16,8
Naranjal	25,0	85,8	19,7
Tenquele	25,0	88,2	21,0

15. Provincia de El Oro

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Machala	25,0	79,5	17,0
Pasaje	23,8	83,3	18,6
Arenillas	25,1	82,1	18,1
Zaruma	22,0	83,7	19,0
Marcabellí	23,0	83,5	18,8
Santa Rosa	25,0	87,8	20,8

16. Provincia del Napo

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Putumayo	25,3	85,3	19,5
El Coca	25,5	88,7	21,1
Limoncacha	24,6	89,0	21,3
Tiputini	25,3	87,4	20,5
Lago Agrio	25,4	84,9	19,3
El Chaco	18,3	88,2	21,1
Baeza	16,7	88,8	21,4
Tena	23,1	89,2	21,4
Rapallacta	9,4	92,4	23,6

17. Provincia de Pastaza

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Pastaza	20,1	85,8	19,8
Puyo	20,4	86,2	20,1
Curaray	24,9	88,0	20,9

18. Provincia de Morona Santiago

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Macas	20,9	86,7	20,3
Taisha	24,0	87,0	20,4
Sucúa	21,8	87,2	20,5
Méndez	24,4	94,5	24,9

19. Provincia de Zamora -Chinchi

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Zamora	21,0	83,4	18,8

20. Provincia Insular Galápagos

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Seymour	24,2	74,4	14,9
Santa Cruz	23,8	91,2	22,5
San Cristóbal	23,9	79,5	17,0
Isabela	23,5	85,4	19,6

Nota: en este listado de Provincias, no constan como tales, las tres provincias nuevas que se crearon en los últimos años; ellas son: Sucumbíos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Santa Elena. No obstante, ello, sí consta la información que hoy interesa, la cual se encuentra dentro de la información de las Provincias a las que antes pertenecieron las tres Provincias en cuestión.

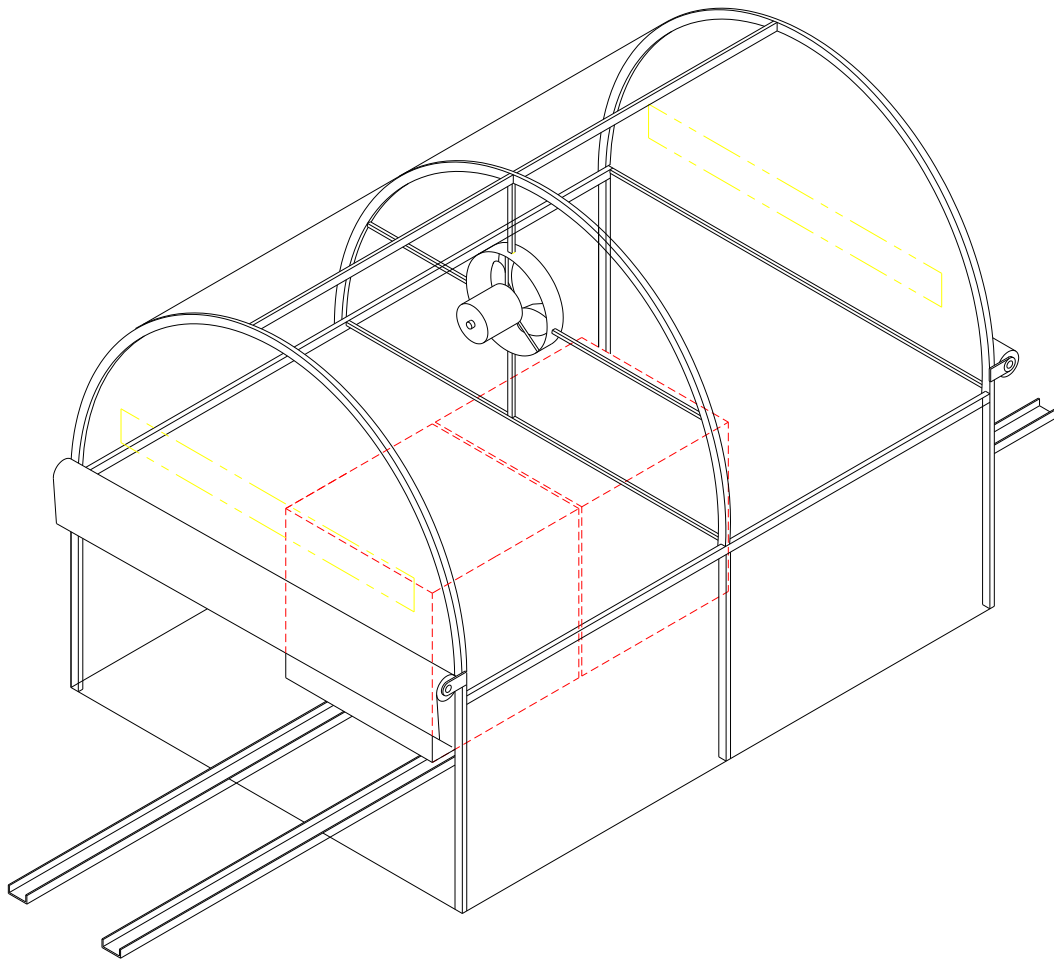
BIBLIOGRAFÍA:

ORBE VELALCAZAR, J. Contenido de humedad de equilibrio de la madera en varias localidades del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Nacional Forestal, Sección Tecnología de la Madera, Centro de Capacitación e Investigación Forestal. Conocoto-Ecuador. 1989. 48.

Apéndice 4: Tiempos de Secado según infraestructura Jorge Augusto Montoya

	Secado Aire Libre	Secado Solar	Secado Convencional (F/A)
Tiempo de Secado	- - -	+ -	+++
Calidad del Secado	- - -	+ -	+++
Inversión Inicial	+++	++	- - -
Costos Mano de Obra	- - -	+++	+++
Costos Mantenimiento	NA	++	- -
Consumo de Energía	NA	+++	- -
Amigable al Medio Ambiente	+++	+++	- -
Complejidad del Sistema	NA	+++	- - -

Apéndice 5: Diseño de un Secador Solar.



Fuente: Universidad Técnica de Pereira

Apéndice 6: Tabla Comparativa de Propiedades Mecánicas de la GαK.

TABLA COMPARATIVA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE GUADÚA										
FUENTE	DOCUMENTO	Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la Caña Guadua angustifolia Kunth del Ecuador.	Diseño de puentes peatonales utilizando caña guadúa como elemento de construcción	Optimización de Unión en Guadua ante Solicitación de Fuerza Sísmica	Uniones Estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia).	Metodología de Diseño de Estructuras en Guadua Angustifolia como Material Estructural por el Método de Esfuerzos Admisibles.	El Uso de la Guadua como Madera Alternativa para la Construcción y su Aplicación en la Elaboración de Tablas para Encofrado	Uso de la Caña guadúa en la Vivienda Modular.	Diseño de un Modelo de Vivienda Ecológica con Bambú para la Zona Rural de Yantzaza	Propiedades Físicas-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II
	AUTOR	Ing. Pedro Córdova	Ing. Kathia Vásconez Miranda/José R. Marín	Raúl Prieto Alzate	Ing. Sergio Gutiérrez	Ing. Caori Takeuchi	Ing. Industrial Ángel Murriagui	Arq. José Andrés Mendoza Castro / Arq. José Napoleón Rosales Salcedo	Ing. Luis Calva	Ing. Jorge Alberto Cobos Fischer / Ing. Xavier Antonio León Rodríguez
	UNIVERSIDAD	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. UCSG	Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE	Univ. Industrial de Santander	Universidad Nacional de Ingeniería	Universidad Nacional de Colombia	Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL	Universidad de Cuenca	Universidad de Loja	Universidad de las Fuerzas Armadas. ESPE
VARIABLE	PAÍS-FECHA DIMENSIONES	Ecuador-2014	Ecuador-2005	Colombia-2004	Perú-2010	Colombia-2011	Ecuador-2011	Ecuador-2014	Ecuador-2015	Ecuador-2007
Resistencia última a la compresión de la caña guadúa	$\sigma_k = \text{MPa}$	37,76	21,78	42,94	44,37	20,30	69,88	70,92	43,01	48,38
Módulo de Elasticidad de compresión	$E_k = \text{Gpa}$	14,35								
Resistencia última a la tensión de la caña guadúa	$\sigma_k = \text{MPa}$	117,60		161,47	107,69	40,70	258,49		52,46	242,43
Módulo de Elasticidad de tensión	$E_k = \text{GPa}$	8,31								
Resistencia última a la flexión de la caña guadúa	$\sigma_k = \text{MPa}$	45,85				37,40	172,70	33,31	17,16	34,98
Módulo de Elasticidad de flexión	$E_k = \text{GPa}$	12,16								10,36
Resistencia última al esfuerzo cortante de la caña guadúa	$\tau_k = \text{Mpa}$	7,17		6,76	6,41	3,50	6,76		6,74	5,46



MIDUVI
Av. Amazonas N24 -196 y Luis Cordero
Código Postal: 170517 / Quito - Ecuador



AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Nayarid Verónica Herrera Juárez** portadora de la cédula de ciudadanía N.º 1900566827. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“La caña guadúa como sistema constructivo prefabricado. Propuesta para vivienda en el Cantón Yantzaza – Provincia Zamora Chinchipe”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **06 de septiembre del 2021**

F: 
Nayarid Verónica Herrera Juárez
1900566827