

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

Sistema constructivo de viviendas con paneles BTC y Bambú

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Arquitecto

Autores:

Carlos Eduardo Farfán Fajardo

Carlos Andrés López López

Director:

Xavier Ricardo Cárdenas Haro

ORCID: 0000-0001-5063-7366

Cuenca, Ecuador

2023-03-31



SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS CON PANELES BTC Y BAMBÚ

Autores:

Carlos Eduardo Farfán Fajardo

Carlos Andrés López López

Director:

Xavier Ricardo Cardenas Haro

Fecha:

Marzo 2023

Créditos

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS
CON PANELES **BTC** Y **BAMBÚ**

Autores

Carlos Eduardo Farfan Fajardo

Carlos Andrés López López

Director

Xavier Ricardo Cárdenas Haro

Asesor arquitectónico.

Jeimis Leonardo Ramos Monori

2023/03/31

RESUMEN

Resumen

En el presente trabajo de titulación se planteó una propuesta de vivienda escalar con sistema constructivo de bambú y paneles prefabricados BTC, con el fin de desarrollar una vivienda con materiales prefabricados de bajo costo, con un bajo impacto ambiental y de fácil construcción, que permita al usuario realizar las ampliaciones necesarias en base a sus necesidades. Se partió del análisis de los materiales principales utilizados, el bambú y la tierra, los mismos que son abundantes en el medio y su costo es bajo en comparación de otros, conociendo sus comportamientos, ventajas y desventajas, se desarrolló una propuesta arquitectónica de vivienda modular y escalar, con estructura de bambú y paneles prefabricados BTC, este diseño debe responder a las necesidades de una familia promedio, por lo que se parte del análisis modular y funcional de la cocina, la cual se plantea como la zona más importante de la vivienda y en torno a la cual toda la vivienda se desarrolla, con la propuesta arquitectónica planteada, se desarrolló el sistema constructivo, siguiendo los mismos principios de bajos costos, fácil construcción y escalabilidad, es por ello que se plantea uniones mediante pernos las cuales permiten realizar cambios y ampliaciones en la estructura, como puntos finales, pero igual de importantes, mediante el uso de herramientas digitales se simula el comportamiento sísmico de la vivienda y se plantearon refuerzos necesarios, se culminó el proceso con el desarrollo de un presupuesto en el que se analiza si la propuesta es viable o no, económicamente.

Palabras clave: Vivienda, BTC, bambú, prefabricados, paneles, económico, escalar

ABSTRACT

Abstract

In this degree work, a proposal for a scalar house with a bamboo construction system and prefabricated BTC panels was proposed, in order to develop a house with low-cost prefabricated materials, with a low environmental impact and easy construction, which allows the user to make the necessary extensions based on their needs. We started from the analysis of the main materials used, bamboo and earth, which are abundant in the environment and their cost is low compared to others, knowing their behavior, advantages and disadvantages, we developed an architectural proposal of modular and scalar housing, with bamboo structure and prefabricated BTC panels, this design should meet the needs of an average family, so we start from the modular and functional analysis of the kitchen, which is proposed as the most important area of the house and around which the whole house is developed, With the architectural proposal proposed, the construction system was developed, following the same principles of low cost, easy construction and scalability, which is why it is proposed bolted joints which allow changes and extensions in the structure, as final points, but equally important, through the use of digital tools the seismic behavior of the house is simulated and necessary reinforcements were proposed, the process culminated with the development of a budget in which it is analyzed whether the proposal is viable or not, economically.

Keywords: Housing, BTC, bamboo, prefabricated, panels, economic, scalar

INDICE

ÍNDICE

CAPITULO 1

Introducción y objetivos

CAPITULO 2

2.1. Introducción	037
2.2. Marco teórico	038
2.2.1. Conceptos fundamentales	038
2.2.1.1. Vivienda	038
2.2.1.2. Vivienda modular	038
2.2.1.3. Vivienda sostenible	039
2.2.1.4. Sistema Constructivo Sandino:	040
2.3. El Bambú	041
2.3.1. Propiedades físico-mecánicas del bambú	041
Peso específico:	041
Conductividad térmica:	042
Resistencia a la compresión:	042
Resistencia a la tracción:	042
Resistencia a la cortante:	043
2.3.2. Floración y propagación del bambú	044
2.3.3. Sistema de secado, protección y preservación del bambú	044
Corte del bambú:	044
Métodos de preservación:	045
Secado del bambú:	046
2.3.4. Agentes de deterioro:	046
Hongos y mohos manchadores	046
Hongos de pudrición	046
Insectos	047
2.3.5. Sustancias y métodos de preservación	047
Tratamientos no químicos.	047
Tratamiento químico.	048
Tratamientos en bambú seco:	

2.4. La Tierra	049
2.4.1. Propiedades mecánicas de la tierra	050
2.4.2. La tierra adecuada para la construcción.	051
2.4.3. Características del BTC	051
La prensa:	050
La mezcla:	050
Fabricación:	050
2.4.4. Fabricación de paneles BTC.	053
2.4.5. Recomendaciones.	055
2.5. Normativas	056
2.5.1. Normativa del Bambú	056
Campo de aplicación	056
Identificación de la GaK Idónea para la Construcción	056
Bases para el Diseño Estructural	057
2.6. Conclusiones	059

CAPITULO 3

Propuesta arquitectónica

3.1. Introducción	062
3.2. Programa arquitectónico	063
3.3. Coordinación modular y dimensional	064
3.3.1. Zonificación	066
3.3.2. Análisis de función, actividades, espacio y mobiliario.	069

3.4. Propuesta de diseño arquitectónico.	070
La etapa 1	071
Planta	071
Axonometrías	072
Elevaciones	074
Renders	076
La etapa 2	078
Planta	078
Axonometrías	079
Elevaciones	081
Renders	081
La etapa 3	085
Planta	085
Axonometrías	086
Elevaciones	088
Secciones	090
Renders	092
Plantas de instalaciones	098
Carpinterías	100
3.5. Conclusiones	101

CAPITULO 4

Sistema Constructivo

4.1. Introducción	104
4.2. Trabajos preliminares	105
4.3. Cimentación	105
Detalles constructivos de cimentación	106
4.4. Elementos verticales de bambú	108
4.5. Elementos horizontales de bambú	109
4.6. Sistemas de unión en bambú	110
Detalles constructivos de uniones	111
4.7. Sistema de cubierta	116
4.8. Sistema de paneles de BTC mejorado	117
Detalles constructivos de uniones cubierta	118
Alternativas de envolvente	121
Planta constructiva	122
Sección Constructiva	123
4.9. Maquetas	124
4.10. Análisis estructural	126
4.11. Presupuesto	130
4.12. La autoconstrucción del sistema constructivo.	132
4.13. Analisis Comparativo de costos de vivienda.	133
4.14. Conclusiones	135

CAPITULO 5

Conclusiones y líneas de investigación

4.1. Conclusiones	138
4.2. Líneas de investigación futuras	139
Bibliografía	141

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

1. Le Modulor, Not located, 1945 http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb	040	19. Bambú en reemplazo. https://ecologicaltechnos.com/blogs/noticias/bamboo	045
2. Cubismo: CompVosition II - Piet Mondrian https://www.reprodart.com/a/mondrian-piet	040	20. Bambú en reemplazo. https://ecologicaltechnos.com/blogs/noticias/bamboo	045
3. Jardinera Cubista Arq. Robert Mallet https://www.santiagodemolina.com/2010/05/	040	21. Corte de la caña. https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/	046
4. Arquitectura con BTC Arq. Francis Kéré https://qz.com/africa	041	22. Corte de la caña. https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/	046
5. Arquitectura con Tierra y Bambú Arq. Anna Heringer https://arquitecturaviva.com/obras/anna-heringer-edificio-anandaloy-en-rudrapur-banglades-gye86	041	23. Inmersión de los culmos. https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/	046
6. Secciones de columnas Sistema Sandino. (Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)	042	24. Secado del bambú en caballete. https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/	046
7. Armado de vigas se cimentación. (Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)	042	25. Secado solar pasivo. (Morán Ubidia, 2015)	047
8. Colocación de columnas guía. (Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)	042	26. Secado solar activo. (Morán Ubidia, 2015)	047
9. Llenado de junta cimientto columna. (Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)	043	27. Secado solar activo. (Morán Ubidia, 2015)	047
10. Colocación de columnas intermedias. (Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)	043	28. Secado del bambú inyección de aire. https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/	047
11. Colocación de paneles. (Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)	043	29. Hongos manchadores https://www.infojardin.com/jardineria/arbustos/index-22.html	048
12. Colocación de ventanas. (Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)	043	30. Hongos de pudrición https://es.dreamstime.com/los-tallos-de-bamb%C3%BA-podridos-image199882471	048
13. Ensayo de compresión paralela. (Sánchez et al., 2020)	044	31. Insectos en Bambú. https://es.planetagarden.com/article/bamboo_pests	048
14. Ensayo de resistencia a la tracción del bambú. (Sánchez et al., 2020)	044	32. Vinagrado Manual de construccion con bambu (Hidalgo Lopez, 1981)	049
15. Ensayo de cortante paralelo a las fibras. (Sánchez et al., 2020)	044	33. Curado por inmersión Manual de construccion con bambu (Hidalgo Lopez, 1981)	049
16. Ensayo de cortante paralelo a las fibras. (Sánchez et al., 2020)	044	34. Ahumado sobre fuego Manual de construccion con bambu (Hidalgo Lopez, 1981)	049
17. Flor de bambu. http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb	045	35. Método Boucherie por gravedad Manual de construccion con bambu (Oscar Lopez Hidalgo)	050
18. Flor de bambu. https://guaduibambucolombia.co/2013/11/18/	045	36. Método Boucherie por presión (deslizamiento de sabia forzado) Manual de construccion con bambu (Oscar Lopez Hidalgo)	050

CAPITULO 2

37. Inmersión del bambú https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/	050	55. Ensayo de consistencia. (Narváez y Parra, 2023).	056
38. Inmersión del bambú https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/	050	56. Ensayo de lavado. (Narváez y Parra, 2023).	056
39. Revoque de muro de tierra, construcción tradicional. https://funci.org/un-taller-de-construccion-en-tierra-en-el-sur-de-marruecos/	051	57. Secado al aire de tierra. (Narváez y Parra, 2023).	056
40. Casa lasso (Rama Estudio) Muros de tapial https://www.arquine.com/casa-lasso/	051	58. Cilindro tamizador y triturador. (Narváez y Parra, 2023).	056
41. Centro de Arquitectura de la Tierra / Kéré Architecture https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626675/	051	59. Cilindro tamizador y triturador. (Narváez y Parra, 2023).	056
42. Ensayos a compresión BTC (Mejía, 2018)	052	60. Armado de prensa. (Narváez y Parra, 2023).	056
43. Ensayos a compresión BTC (Mejía, 2018)	052	61. Prensado de paneles. (Narváez y Parra, 2023).	056
44. Ensayos a compresión BTC (Mejía, 2018)	052	62. Paneles elaborados. (Narváez y Parra, 2023).	056
45. Adobe tradicional https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/776406/el-adobe-de-canela	053	63. Paneles elaborados. (Narváez y Parra, 2023).	056
46. Varios tipos de BTC disponibles en el mercado https://sinelco.eco/produccion-btc-bloque-de-tierra-comprimida/	053	64. Secado y curado de paneles. (Narváez y Parra, 2023).	056
47. Prensa manual tipo CINVA RAM https://www.flickr.com/photos/gracomaq/2049716535/in/photostream/	054	65. Resultado final de paneles. (Narváez y Parra, 2023).	056
48. Prensa industrial para fabricacion de BTC https://gracomaq.net/index.php/productos/gracoram-hidraulica/	054	66. Resultado final de paneles. (Narváez y Parra, 2023).	056
49. Preparación de mezcla para BTC 10% cemento 90% tierra https://www.youtube.com/watch?v=e5NoVoYlioY	054		
50. Prensado manual del BTC. https://www.flickr.com/photos/gracomaq/2049716535/in/photostream/	054		
51. Ensayo del olor. (Narváez y Parra, 2023).	055		
52. Ensayo de la mordedura. (Narváez y Parra, 2023).	055		
53. Ensayo de la bola. (Narváez y Parra, 2023).	055		
54. Ensayo de corte. (Narváez y Parra, 2023).	055		

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla 1: Comparación de resultados esfuerzo ultimo a compresión paralela	046
Tabla 2: Comparación de resultados esfuerzo ultimo a tensión paralela	047
Tabla 3: Comparación de resultados esfuerzo ultimo a corte paralelo	047
Tabla 4: Conicidad admisible de la GaK (NEC – SE – GUADÚA, 2016)	058
Tabla 5: Límites de fisuras en la GaK (NEC – SE – GUADÚA, 2016)	059
Tabla 6: Combinaciones de cargas para el diseño. (NEC – SE – GUADÚA, 2016)	059

DEDICATORIA

A mis padres Carlos López y Martha López por todo el cariño, trabajo y sacrificio que han hecho por mi todos estos años, por el apoyo incondicional e inculcarme con el ejemplo que el esfuerzo y dedicación son fundamentales para cumplir mis metas.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañandome y por el apoyo moral , que me brindaron a lo largo de esta etapa.

A mis amigos que estuvieron paso a paso en este desafío educacional y me ayudaron con un consejo e información necesaria para culminar ciclo a ciclo la carrera, en especial a mi amigo, compañero de tesis y futuro colega Carlos Farfán por sus aportaciones muy valiosas, pero en especial su paciencia para poder organizarnos y desarrollar la tesis con éxito y calidad.

A Cami Valarezo por ser parte de esta gran etapa, ayudarme en momentos difíciles, ser un gran apoyo motivacional y ocasionar que mi experiencia universitaria sea de mucho agrado.

Una dedicatoria especial, por enseñarme con su ejemplo que en la vida hay que ser valiente, buena persona y alegre ante todo, a mi abuelita Victoria que me acompaña y me cuida siempre que me dirijo al cielo.

Carlos Andrés López

A mis padres: Benito y Lucia, por todo el apoyo que me han brindado por el cariño e interés que han puesto en mí, por sus consejos tan valiosos y por todas las enseñanzas que han construido la persona que soy hoy.

A todos mis hermanas hermanos, cuñadas, cuñados, sobrinas, y sobrinos, parte esencial en mi vida, por haber estado presentes durante todo este proceso, por la alegría y paz que brindan con su presencia, y especialmente a mi Hermano Zhonny y mi Cuñada Liliana, por ser mi gran ejemplo de amor, fortaleza y resiliencia, que me han enseñado que a pesar de todos los obstáculos se puede seguir adelante con el mismo entusiasmo.

A Lisbeth, por ser una de las personas que más ha impactado en mi vida y me inspira a continuar luchando, por todo el tiempo, cariño y apoyo que me ha brindado.

A todos mis amigos y colegas, por compartirme su conocimiento y amistad durante tantos años, especialmente a Carlos Lopez que sin sus aportaciones este objetivo no se cumpliría.

Carlos Eduardo Farfán

AGRADECIMIENTO

A nuestro director de tesis Ing. Xavier Cardenas, por su gran apoyo en el desarrollo de este proyecto, con gran entusiasmo y sugerencias constructivas de gran valor, a lo largo de todo este proceso.

Al Arquitecto Leonardo Ramos por su valiosa asesoría y su tiempo invertido en el desarrollo de la parte arquitectónica de esta tesis, de lo cual nos llevamos un gran aprendizaje.

A la Universidad de Cuenca por brindarnos los espacios y herramientas necesarias para el desarrollo de este trabajo de grado.

A nuestros familiares, padres, hermanos, hermanas, y amigos por el cariño y apoyo durante cada etapa en nuestras vidas y la inspiración para conseguir los objetivos cumplidos.

CAPÍTULO 1

Introducción y objetivos

Problema

En el Ecuador es un problema adquirir una vivienda digna para un gran número de familias, el costo ofertado de una vivienda se comercializa en un rango mayor a la posibilidad de pago de familias en la pobreza y pobreza extrema, a lo que se suma el poco interés por la viviendas de aspecto social que promuevan alternativas con diferentes materiales no industrializados y ayuden favorablemente al cambio climático.

El bambú es uno de los materiales más utilizados históricamente para la elaboración de armas, cañas de pesca, y sobre todo para la construcción, este material se posiciona como una de las materias primas más sustentables para construcción, debido a su rápido crecimiento, a su alta durabilidad, versatilidad y ligereza.

Sin embargo, se percibe como un material frágil y poco duradero, debido a la pérdida del conocimiento tradicional y a su mal uso al exponerlo a la humedad y radiación solar, en la actualidad el bambú, y otros materiales tradicionales, como la tierra; son considerados como "material de pobres". A pesar de este concepto erróneo, estos materiales son los más adecuados para la construcción debido a su bajo contenido energético, lo cual puede dar solución a los problemas medioambientales que esta industria genera.

OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar una propuesta de vivienda prefabricada, combinando el bambú y paneles de bloque de tierra compactada mejorada, con el fin de propender la autoconstrucción en nuestro país.

ESPECIFICOS:

- Plantear una propuesta arquitectónica de vivienda modular con bambú y paneles de bloque de tierra compactada adicionada con cemento.
- Desarrollar los detalles del sistema constructivo arquitectónico y estructural del sistema modular de vivienda propuesta.
- Realizar el cálculo del presupuesto de la vivienda propuesta y comparar con otro sistema constructivo.

CAPITULO 2

Estado del arte

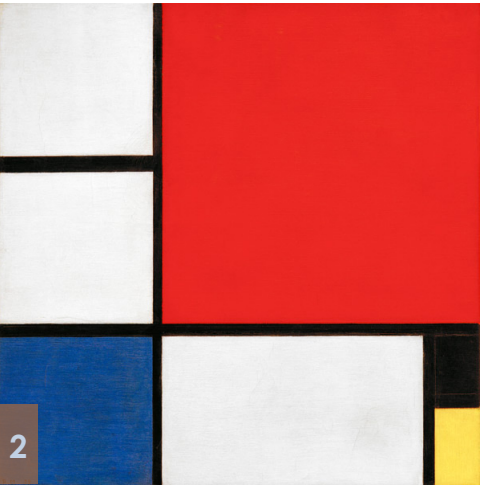
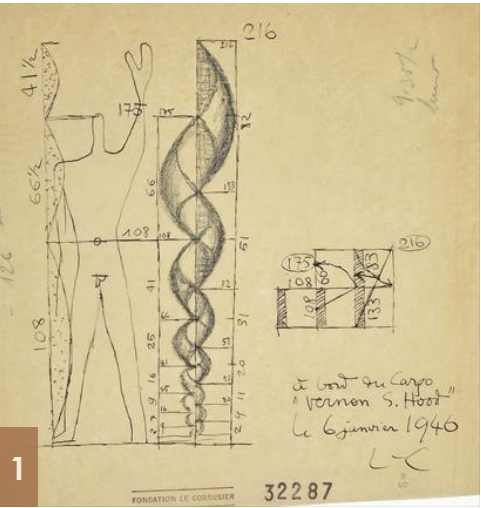
2.1. Introducción

La construcción con los avances tecnológicos es uno de los campos que más cambios ha tenido en el tiempo (Martín-Gómez, 2006), desde sistemas, metodologías y sobre todo materiales que se van descubriendo, el crecimiento acelerado de las urbes a generado la búsqueda de alternativas de producción en masa que agilicen los procesos de construcción mermando así los tiempos de mano en obra, sin embargo, la alta demanda de recursos requeridos genera un impacto ambiental significativo. Si bien es cierto estos problemas se presentan a mayor escala en países desarrollados, la crisis ambiental es un tema global y responsabilidad de todas las naciones (Enshassi et al., 2014).

Debido a esto, la arquitectura en la época actual ha puesto mayor enfoque a condiciones sociales, económicas y ambientales (Mosquera, 2006), retomando los sistemas constructivos tradicionales de la mano de criterios contemporáneos mediante la reinterpretación de estos, garantizando mejores resultados, puesto que estos métodos se siguen percibiendo en muchos de los casos como inestables y para pobres, sin embargo, su durabilidad, estabilidad y aspecto formal dependerá de la adecuada forma de uso, de manera coherente con los materiales, tal cual lo requieren el acero, el hormigón y otros materiales de construcción (Moran, 2015).

Un material de construcción económico, sostenible y versátil es el bambú, ha sido muy utilizado puesto que presenta varias ventajas estructurales a diferencia de otros materiales, pues es muy liviano, de alta resistencia y trabaja muy bien a tracción (Yadav & Mathur, 2021), de igual manera la tierra ha sido un material muy común en la arquitectura tradicional, siendo el material más abundante, que a diferencia del bambú trabaja de mejor manera a compresión, por lo que es pertinente combinarlas en un sistema constructivo que aproveche las ventajas estructurales del bambú y las características térmicas y acústicas de la tierra.

El presente trabajo busca analizar los sistemas tradicionales en tierra y bambú, así como los prefabricados y técnicas contemporáneas con el fin de combinar estos lenguajes arquitectónicos que conllevan un entendimiento físico de los materiales para luego aplicarlos en un prototipo de vivienda con características sostenibles.



2.2. Marco teórico
2.2.1. Conceptos fundamentales

2.2.1.1. Vivienda

La vivienda, al ser un sistema tan complejo en el cual influyen un sinnúmero de variables, se hace realmente difícil darle una definición, la RAE la define como “un lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas.”, sin embargo, esta definición es insuficiente, pues la vivienda es mucho más que un elemento físico material, el diseño de una vivienda requiere un enfoque en las características, necesidades y expectativas de los usuarios, considerar el entorno en el que se emplaza y tener relación con la ciudad, esto favorece a la sustentabilidad urbana y contribuye a elevar el bienestar con un menor costo a futuro, reduciendo también el impacto ambiental (Perez, 2016).

La vivienda es un espacio seguro para el ser humano, este lo protege de las inclemencias del tiempo, por lo tanto, los agentes climáticos definirán la forma de la edificación y los materiales empleados para la misma, por consecuencia la vivienda dependerá no solo de la variable social o necesidades y gustos del ocupante, si no también está condicionada por la variable de lugar y entorno en el que esta se implanta.

2.2.1.2. Vivienda modular

La modulación está muy presente en la arquitectura, sobre todo en elementos prefabricados, los cuales tienen medidas estandarizadas, como los paneles de OSB, yeso - cartón, contrachapado, etc. Su medida estándar es 1.22 x 2.44 m, de igual manera en el mercado se encuentran cerámicas, porcelanatos, perfiles metálicos, elementos de hormigón, entre muchos más, los mismos son producidos en serie y medidas normalizadas. La modulación no es un concepto nuevo, el arquitecto Le Corbusier hace ya más de 50 años plantea el Modulor **Ver Img. 1** como un sistema de medida con el objetivo en la normalización, prefabricación y la industrialización.

El cubismo fue influyente en la arquitectura modular, **Ver Img. 2 y 3** “El cubismo es el primer estilo que trata de realizar estructuras con la intención de que se puedan descomponer en formas, idea que se utilizará en la Arquitectura Modular” (Aznar, 2012).

Un sistema constructivo modular es una alternativa para la construcción de viviendas que permiten tener rapidez y durabilidad, esta se desarrolla bajo criterios de sostenibilidad y haciéndolo amigable con el medio ambiente, pues permite disminuir los residuos de materiales, ya que no se realizan cortes de piezas, y en ciertos casos los sobrantes pueden reutilizarse como materia prima para elaboración de nuevos materiales reciclados (Otero-Ortega & Bravo, 2019).

La arquitectura prefabricada ha tenido gran importancia en los últimos años debido a la facilidad económica que supone, pues parte de componentes ya diseñados, que se acoplan entre sí y con producción a gran escala. Así, disminuye considerablemente el tiempo y costo de construcción. (Aznar, 2012).

1. Le Modulor, Not located, 1945
<http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb>

2. Cubismo: Composition II - Piet Mondrian
<https://www.reproart.com/a/mondrian-piet>

3. Jardinera Cubista Arq. Robert Mallet
<https://www.santiagodemolina.com/2010/05/>

2.2.1.3. Vivienda sostenible

Para entender este concepto es necesario comprender el significado de sostenibilidad dentro de la arquitectura, principalmente está enfocado en el manejo racional y eficiente de los recursos, satisfaciendo las necesidades de las generaciones actuales y al mismo tiempo sin comprometer las necesidades de generaciones futuras, de esta manera una vivienda sostenible fomenta el uso eficiente de la energía, aprovecha los recursos del entorno en el que se emplaza y genera un mínimo o nulo impacto sobre el ambiente.

Ver Img. 4

Bajo este concepto se puede considerar a la arquitectura bioclimática como arquitectura sostenible, pues está comprometida con el medio ambiente, mediante la orientación de las edificaciones busca el máximo aprovechamiento de la luz solar, el viento y varias estrategias para el máximo aprovechamiento de los recursos, consiguiendo así una vivienda sostenible que es eficiente en el aprovechamiento de los recursos naturales y no genera gastos innecesarios de energía. Ver Img. 5

La vivienda sostenible puede ayudar a atenuar las consecuencias del cambio climático, en la actualidad hay una necesidad urgente por reducir el impacto sobre el medio ambiente mediante la utilización de materiales, equipos y prácticas de construcción ecológicas.

Es por eso que se plantea el "Sistema constructivos de vivienda con paneles BTC y Bambú" este busca generar una propuesta accesible, ecológica, y de fácil construcción, al mismo tiempo presentar el sistema constructivo en una propuesta arquitectónica eficiente que considere el entorno en el que se emplaza para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales, sol, viento, sombra, etc.

El sistema constructivo de BTC y Bambú parte del principio de prefabricación, tomando como referencia el sistema Sandino, utilizado en Cuba, el mismo que se describe a continuación.



4. Arquitectura con BTC Arq. Francis Kéré

<https://qz.com/africa>

5. Arquitectura con Tierra y Bambú Arq. Anna Heringer

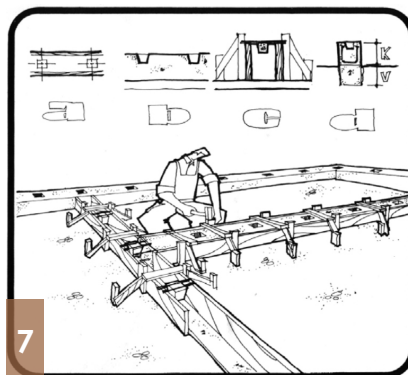
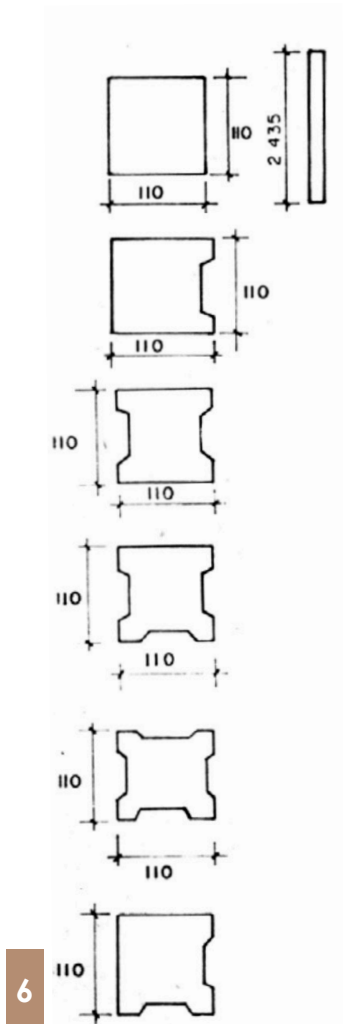
<https://arquitecturaviva.com/obras/anna-heringer-edificio-anandaloy-en-rudrapur-banglades-gye86>

2.2.1.4. Sistema Constructivo Sandino:

Es un sistema constructivo prefabricado de baja escala, desarrollado por el Arq. José Novoa, en Cuba, en la década de los 50 □s, se utilizó mayormente en la construcción de viviendas populares, por su bajo costo, simpleza y rapidez de construcción.

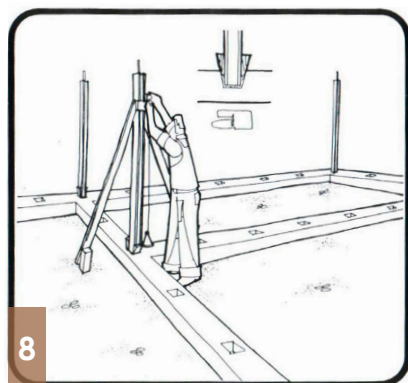
El sistema se basa en el ensamblaje de elementos de bajo peso, lo suficiente para ser manipulados por una o dos personas, el cual oscila alrededor de los 65kg, se compone de columnas y paneles prefabricados, su modulo es de 1.04m entre ejes de columnas, estos elementos se ensamblan de manera sencilla como se detalla a continuación.

La luz en cubierta es fundamentalmente de 3.12m, el caso de usar luces mayores se debe diseñar vigas o cerchas.



1.

Se arman vigas de cimentación dejando huecos para la colocación de las columnas, considerando la distancia del modulo que es 1.04m entre ejes de columna.



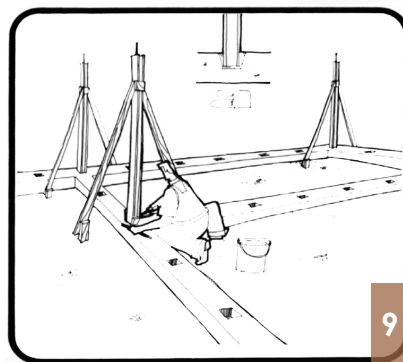
2.

Se colocan las columnas manualmente sobre las perforaciones, se inicia con las columnas guías que son las esquineras, estas deben quedar aplomadas y niveladas. Las columnas se anclan con maderas para mantenerlas en su posición.

6. Secciones de columnas Sistema Sandino.
(Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)

7. Armado de vigas se cimentación.
(Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)

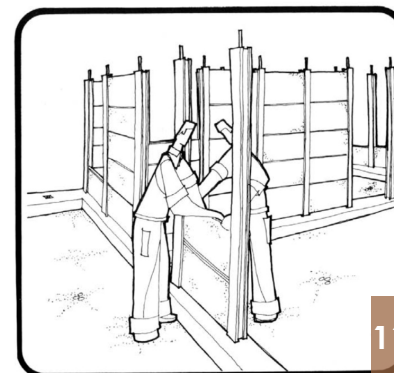
8. Colocación de columnas guía.
(Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)



9

3.

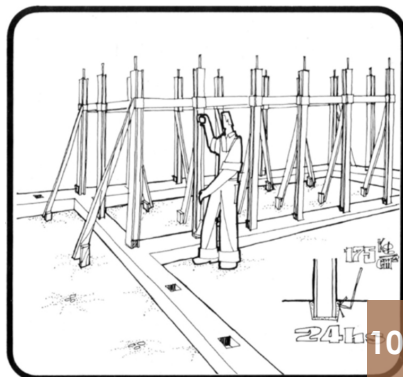
Se llenan las juntas entre el cimiento y la columna con hormigón, cuando el hormigón alcanza su resistencia óptima se retiran las cuñas de madera.



11

5.

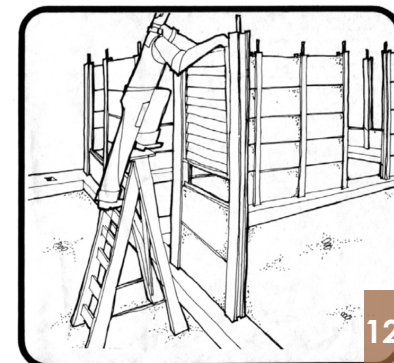
Los paneles se colocan hasta llegar a la altura requerida para ventanas o en su defecto se colocan a la altura final.



10

4.

Se colocan las columnas intermedias, guiadas por las columnas esquineras y se realiza el mismo procedimiento de anclaje mediante hormigón en la junta.



12

6.

Se deslizan por las aberturas de las ventanas diseñadas considerando el mismo modulo de los paneles.

2.3. El Bambú

2.3.1. Propiedades físico-mecánicas del bambú

Como ya se mencionó anteriormente el bambú es un material con muy buenas características de resistencia mecánica, en algunos casos es superior a la madera, además de otras ventajas, como el tiempo de crecimiento comparado con otras especies maderables.

A continuación se presenta las propiedades físicas y mecánicas de este material:

Peso específico:

Como toda especie maderable este varía con la humedad, pero con 18% de humedad este valor fluctúa entre 700 y 850 kg/m³. (Martínez, 2015)

Conductividad térmica:

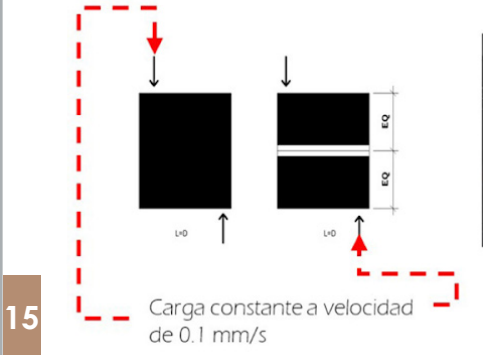
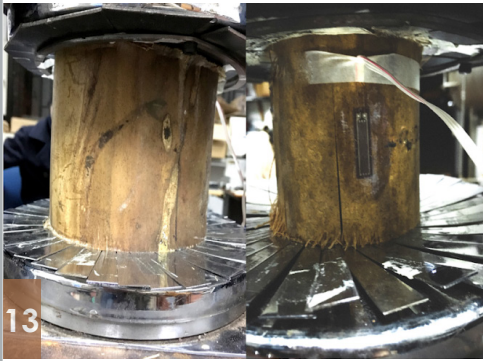
La conductividad mientras más bajo su valor significa que tiene mejor capacidad aislante. Este valor depende del sentido de propagación de la energía calórica, en el sentido perpendicular a las fibras el bambú presenta una conductividad de 0.088 Kcal/m·h·°C o 0.102 W/mK, en el sentido paralelo la conductividad es mayor teniendo un valor de 0.143 Kcal/m·h·°C o 0.166 W/mK. (Martínez, 2015)

9. Llenado de junta cemento columna.
(Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)

10. Colocación de columnas intermedias.
(Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)

11. Colocación de paneles.
(Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)

12. Colocación de ventanas.
(Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo , 2009)



16 La falla de estas probetas se manifiesta mediante fisuras verticales en los lugares donde estuvo apoyado el elemento.

Resistencia a la compresión:

En la construcción con bambú gran parte de los elementos estructurales están sometidos a compresión paralela a la fibras, la resistencia a la compresión del bambú es relativamente alta, pero esta carece de significado si no se conoce la esbeltez de la pieza y no se define el curado de la pieza, pues estos valores varían, por ejemplo, a mayor humedad se tiene peores prestaciones. También la relación entre la longitud del elemento y su sección mínima es de vital importancia para prevenir el pandeo. Ver Img. 6

En cuanto al valor que deberá resistir los elementos estructurales de bambú no están definidos por un valor estándar sino debido al análisis de cargas y esfuerzos a los cuales está sometida la vivienda tomando en cuenta las variables establecidos por la NEC en su capítulo de combinación de cargas de diseño, ya que cada elemento presenta condiciones diferentes que afectan en su resistencia.

Resistencia a la tracción:

Esto dependerá de la parte de la caña ensayada (base, centro o cima), del porcentaje de humedad o si presenta o no nudos. Es el esfuerzo más complicado al que se enfrentan las estructuras de bambú, pues al hacer una sección compuesta por varias piezas pueden aparecer rajaduras debido a los elementos de unión. Debido a esto no es fácil encontrar datos de resistencias frente a este tipo de cargas. (Martínez, 2015). Ver Img. 7

Resistencia a la cortante:

El esfuerzo de cortante es aquella fuerza que tiende a producir el deslizamiento de una sección de material frente a otra adyacente, este efecto es paralelo al plano que se aplica la fuerza, a diferencia de la tracción y compresión que son perpendiculares. Este esfuerzo se lo considera especialmente en el diseño de uniones y juntas, en la construcción con bambú se producen esfuerzos cortantes y estos pueden ser a lo largo de la fibra o en dirección perpendicular a la fibra. Ver Img. 8 y 9

“Ensayos realizados en Colombia con Guadua angustifolia (27 muestras) presentaron un valor máximo de 144 kg/cm² y el mínimo de 45 kg/cm², con promedio de 93 kg/cm².” (Rodríguez y Morales, 2008).

En la investigación de la Universidad Nacional de Colombia por (Sánchez et al., 2020) se realizan ensayos con el fin de estudiar las capacidades mecánicas del bambú utilizando 12 culmos de distintas zonas, a continuación se muestra los resultados obtenidos.

TABLA 1

ESFUERZO ULTIMO A COMPRESIÓN PARALELA				
DATOS ESTADÍSTICOS	TOLIMA	GUADUAS	OIBA	SOCORRO
NÚMERO DE DATOS (N)	28	77	77	75
PROMEDIO (MPa)	45.99	37.95	22.86	33.62
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (MPa)	8.04	5.59	8.21	6.95
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	17.0%	15.0%	36.0%	21.0%
PERCENTIL 5 (MPa)	34.82	29.43	6.56	23.52
VALOR CARACTERÍSTICO (MPa)	31.69	2.10	5.83	22.02

13. Ensayo de compresión paralela. (Sánchez et al., 2020)

14. Ensayo de resistencia a la tracción del bambú. (Sánchez et al., 2020)

15 y 16. Ensayo de cortante paralelo a las fibras. (Sánchez et al., 2020)

Tabla 1: Comparación de resultados esfuerzo ultimo a compresión paralela.

TABLA 2

ESFUERZO ULTIMO A TENSIÓN PARALELA				
DATOS ESTADÍSTICOS	TOLIMA	GUADUAS	OIBA	SOCORRO
NÚMERO DE DATOS (N)	36	67	75	73
PROMEDIO (MPa)	56.58	50.61	56.32	42.53
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (MPa)	15.55	10.54	9.53	13.33
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	27.5%	21.0%	35.0%	31.0%
PERCENTIL 5 (MPa)	34.84	31.33	27.00	25.23
VALOR CARACTERÍSTICO (MPa)	30.53	29.12	23.96	22.73

TABLA 3

ESFUERZO ULTIMO A CORTE PARALELO				
DATOS ESTADÍSTICOS	TOLIMA	GUADUAS	OIBA	SOCORRO
NÚMERO DE DATOS (N)	64	76	75	70
PROMEDIO (MPa)	4.46	7.57	3.95	7.82
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (MPa)	1.13	1.38	1.15	1.37
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	25.3%	18.0%	29.0%	18.0%
PERCENTIL 5 (MPa)	2.69	5.47	2.06	5.49
VALOR CARACTERÍSTICO (MPa)	2.46	5.16	1.87	5.18

2.3.2. Floración y propagación del bambú

El bambú es una especie vegetal que corresponde a la familia de las Gramíneas, es a su vez la que alcanza mayor altura entre las mismas dependiendo de la variedad y se constituye como recurso fitogenético que como cultivo representa gran importancia por sus variados usos, los cuales van desde procesos industriales con alta influencia tecnológica hasta procesos más silvestres con resoluciones empíricas. Existe información que registra más de 1000 aplicaciones, entre ellas la construcción (BAMBUPALM, 2013).

En cuanto a su crecimiento es en forma de arbusto, cuyo tallo es hueco, se encuentra formado por haces fibrosos que la recorren en toda su longitud; es una planta que crece muy rápido, se estima que en 24 horas puede aumentar desde 0.10 metros hasta 1.20 metros de altura, además que el bambú tiene ciclos de floración, el cual es uno de sus fenómenos misteriosos que oscilan entre los 30 y 60 años y hasta aproximadamente 120 años, dependiendo del ciclo de vida de la especie. En algunos casos se presenta una sola vez, después de lo cual la planta muere. Como es raro contar con la inflorescencia y flores para identificar las especies de bambúes, se utilizan características vegetativas como el tipo de rizoma, las dimensiones y forma de sus hojas, la forma y disposición de sus yemas, el número de ramas que emergen de cada nudo del culmo y algunas otras.

En el mundo existen alrededor de 1250 especies de bambú cuya distribución es de la siguiente manera: 63% en Asia, 32% en América y 5% en África y Oceanía. Sólo en América existen 440 especies de bambú, entre ellas se destaca el género Guadua que abarca 16 especies aproximadamente, la más destacada es Guadua angustifolia (Angeles, 2014).

Tabla 2: Comparación de resultados esfuerzo ultimo a tensión paralela.

Tabla 3: Comparación de resultados esfuerzo ultimo a corte paralelo.

17. Flor de bambu.
<http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb>

18. Flor de bambu.
<https://guadwabambucolombia.co/2013/11/18/>

19 y 20. Bambú en reemplazo.
<https://ecologicaltechnos.com/blogs/noticias/bamboo>



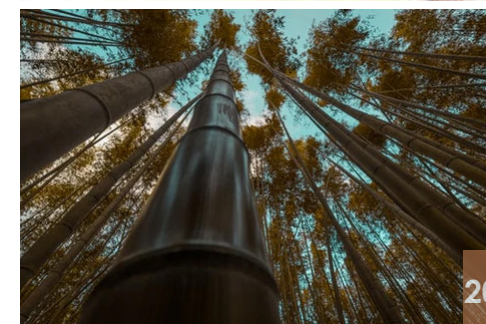
17



18



19



20

2.3.3. Sistema de secado, protección y preservación del bambú

El bambú como todas las especies maderables requiere un porcentaje de humedad específico para que se aproveche sus mejores características mecánicas, de igual manera está sujeto a agentes de degradación biológicos que pueden comprometer su integridad y por consecuencia afectar a su resistencia, es por esto que en la construcción con bambú es vital el conocer los procesos que se deben seguir en su secado, protección y su preservación, con el fin de alargar la vida útil del bambú.

En el "MANUAL DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ" (Morán Ubidia, 2015), se detallan los procesos y métodos de secado y preservación del bambú. A continuación se extraen los puntos importantes útiles para esta investigación.

Corte del bambú:

Una vez alcanzada la edad madura (a partir de los 3 a 5 años) para ser utilizado en la elaboración de estructuras para la construcción el bambú puede ser cosechado. En la etapa de corte del bambú, este debe ser realizado de una forma específica, pues de esa manera se garantiza la regeneración natural de la planta y se asegura la sostenibilidad. El corte se realiza por encima del primer o segundo nudo superior al nivel del suelo, para asegurar la regeneración de la planta en el corte, se debe considerar el tacón, este consiste en cortar muy cerca del nudo en la parte superior a la altura ya mencionada.

Ver Img. 14 Y 15

Métodos de preservación:

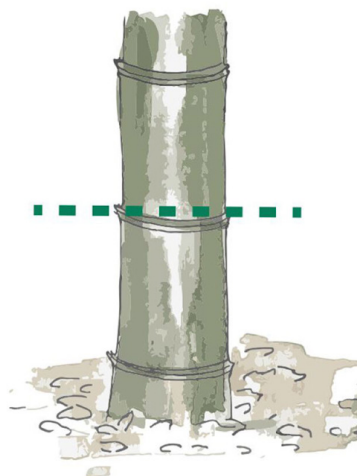
Para alargar la vida útil del bambú es necesario aplicar métodos de preservación o protección los cuales evitan la propagación de insectos o microorganismos.

Existen métodos tradicionales y químicos, los que se detallarán a continuación.

Vinagrado (Tradicional): Consiste en una vez realizado el corte la planta con sus ramas y hojas se coloca de pie sobre el tacón o una piedra por 3 semanas, en este tiempo la planta disminuye sus azúcares, almidones y humedad, desprende un olor a alcohol, por lo que se conoce como "caña borracha".

Preservación química: El método más recomendado es la inmersión en solución de bórax y ácido bórico, por su costo, y seguridad para el usuario y el medio ambiente. Este método consiste en sumergir las piezas de bambú en una cama de agua mezclada con los químicos, esto se detalla más adelante. Ver Img. 16

21



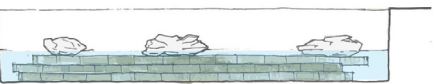
Correcto

Incorrecto

22



23



24



21 y 22. Corte de la caña.
<https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/>

23. Inmersión de los culmos.
<https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/>

24. Secado del bambú en caballete.
<https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/>

Secado del bambú:

El último proceso de preparación del bambú es el secado, este puede hacerse al aire libre o en secadores solares, también existen métodos alternativos menos utilizados.

Al aire libre:

Caballetes: En este método se colocan las cañas sobre un caballete, es importante que la punta inferior de la caña no toque directamente el suelo natural, este método de secado tarda entre 2 y 6 meses dependiendo del clima. **Ver Img. 17**

Almacenamiento bajo techo: En este método se almacena el bambú en montones con separadores entre hiladas para permitir el flujo del aire, esto se realiza bajo techo en una superficie protegida del sol, así se evitan torceduras y rajaduras del material.

Secador solar:

Secador pasivo: Se utiliza un invernadero cerrado, con paredes de plástico o vidrio, el calor atrapado en el interior permite el secado de la caña. **Ver Img. 18**

Secado activo: Consiste en agregar a la infraestructura del invernadero ventiladores que empujan el aire caliente haciéndolo fluir entre los elementos de bambú, así el tiempo de secado se reduce. **Ver Img. 19 Y 20**

Métodos alternativos:

Horno: Secado de la caña en hornos de la misma forma que se hace con la madera.

Inyección de aire caliente: Se colocan pequeñas mangueras al interior de cada caña y se inyecta aire caliente con un ventilador para secarlo desde el interior. **Ver Img. 21**



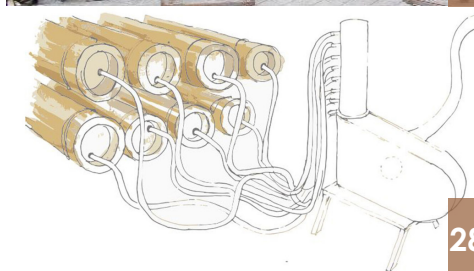
25



26



27



28

25. Secado solar pasivo.
(Morán Ubidia, 2015)

26. Secado solar activo.
(Morán Ubidia, 2015)

27. Secado solar activo.
(Morán Ubidia, 2015)

28. Secado del bambú inyección de aire.
<https://tocamaderablog.com/construccion-bambu-ii/>



29



30



31

2.3.4. Agentes de deterioro

Como material orgánico, el bambú puede ser atacado por diferentes agentes degradadores, que afectan su resistencia mecánica y su calidad, reduciendo su durabilidad natural. Los principales agentes de deterioro son:

Hongos y mohos manchadores

No afectan de forma grave la resistencia física del bambú, pero sí alteran la calidad estética y forma física con manchas y demás huellas que alteran su color. Los mohos crecen en la superficie del bambú como una capa de algodón y sus colores varían del blanco al negro, se pueden eliminar con un cepillo cuando los culmos están secos. Los hongos manchadores sí penetran en las paredes afectando ligeramente su resistencia.

Ver Img. 22

Hongos de pudrición

Es quizá el agente de deterioro que más daños genera, ya que afectan las propiedades físicas y químicas de las paredes celulares, dañando seriamente la resistencia del culmo. Estos hongos crecen o se desarrollan en ambientes que mantienen contenidos de humedad entre 27% y 32% en los culmos y temperaturas mayores a 12°C. Ver Img. 23

Existen tres tipos de pudrición:

- **Pudrición suave o blanda:** Causada mayormente por hongos destructores de celulosa que acaban rápidamente con las fibras del bambú, es superficial y degrada el bambú hasta una consistencia grasosa de color oscuro.
- **Pudrición blanca:** Destruye todos los componentes del bambú (lignina y carbohidratos), dejando un material residual con apariencia de un esqueleto de madera oscura.
- **Pudrición parda o café:** Descompone la celulosa, afectando poco o nada a la lignina, la parte atacada se contrae formando hendiduras perpendiculares y oblicuas. Es la que causa mayor daño. Algunas pruebas de laboratorio indican que el bambú es más propenso a las pudriciones suave o blanda y parda o café.

Insectos

Los escarabajos y termitas son insectos que amenazan la estructura física del bambú debido a que lo utilizan como alimento y refugio por su alto contenido de almidón, generando cavidades dentro del bambú generando daños que son proporcionales al contenido de almidón y por consecuencia disminuye la resistencia de los culmos. La guadua, en especial, tiene una resistencia natural contra las termitas que se reduce en lugares con mucha humedad. Si el culmo cortado conserva mucha humedad, es atacado por unos insectos llamados comúnmente gorgojos o barrenadores.

Cabe recalcar que si bien los insectos afectan o alteran el desarrollo normal del bambú no son un problema tan grave en plantaciones naturales debido a que están rodeados de una gran diversidad, las cuales ciertos de ellos actúan como enemigos naturales que cumplen el papel de control de plagas.

29. Hongos manchadores
<https://www.infojardin.com/jardineria/arbustos/index-22.html>

30. Hongos de pudrición
<https://es.dreamstime.com/los-tallos-de-bamb%C3%BA-podridos-image199882471>

31. Insectos en Bambú.
https://es.planetagarden.com/article/bamboo_pests

2.3.5. Sustancias y métodos de preservación

"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." (NEC – SE – GUADÚA, 2016)

El bambú tiene azúcares y almidones que son el alimento principal para insectos, por ello es necesario reducir la concentración de estos.

Tratamientos no químicos.

1. **El vinagrado** consiste en cortar el bambú en la estación más seca del año, es la época en la que el nivel de carbohidratos en la planta es el más bajo, esta se debe cortar en la edad madura del bambú. Una vez cortado el bambú se deja de pie con todas sus ramas separado del suelo natural, en ese tiempo los niveles de carbohidratos se reducirán en el tallo. *Ver Img. 25*
2. **La inmersión** en agua es un método utilizado en Asia en el que el tallo recién cortado se sumerge en agua corriente o estancada al igual que el método anterior en este periodo de inmersión los carbohidratos se reducen. "Algunos trabajos han recomendado que un periodo de inmersión de 4 a 12 semanas es suficiente." (Burgos, 2003). *Ver Img. 26*
3. **El ahumado sobre fuego** consiste en rotar el bambú sobre fuego de esta manera se reduce también los niveles de azúcares y almidones del tallo, también se colocan en hornos entre 120 a 150 °C por 20 minutos. *Ver Img. 27*

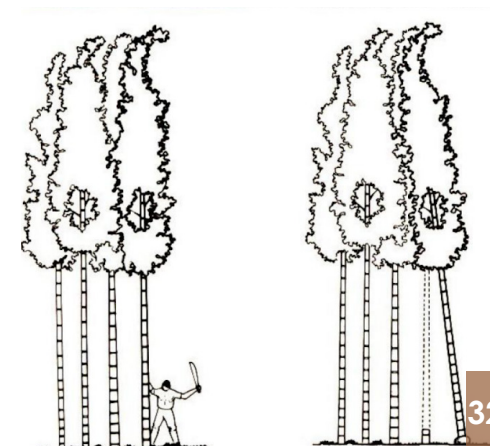
Tratamiento químico.

Los tratamientos no químicos son eficaces contra los insectos taladradores que se alimentan de los carbohidratos de la planta, pero no son eficaces contra hongos y otros agentes biológicos por lo que se requiere complementar con tratamientos químicos.

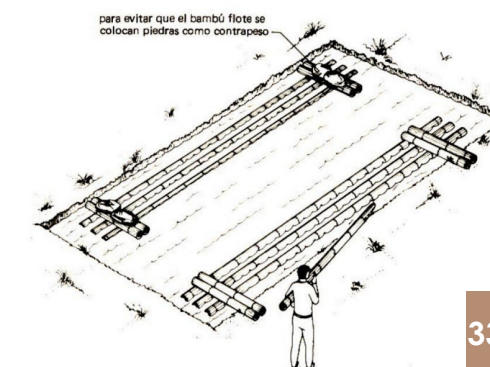
Amarilis Burgos F. (2003) en el artículo "Revisión de las Técnicas de Preservación del Bambú" describe distintos tratamientos químicos estos los separa en dos grupos tratamientos en bambú fresco y seco.

Tratamientos en bambú fresco:

1. **El deslizamiento de savia** consiste en cortar el bambú redondo a la mitad y sumergirlo unos 25 cm verticalmente en una solución con concentración de entre 5 al 10% de preservante hidrosoluble, por ejemplo ácido bórico-bórax, ácido cúprico-cromo, CCA, etc. Por acción capilar la solución química sube a medida que desplaza la savia.



32



33



34

32. Vinagrado

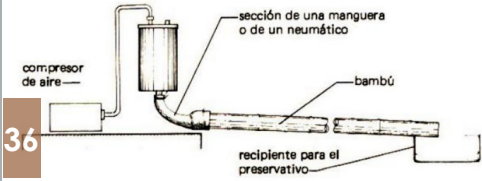
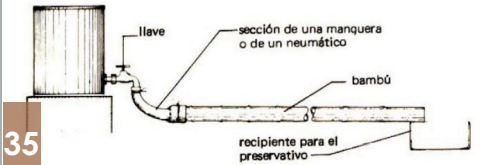
Manual de construcción con bambú (Hidalgo López, 1981)

33. Curado por inmersión

Manual de construcción con bambú (Hidalgo López, 1981)

34. Ahumado sobre fuego

Manual de construcción con bambú (Hidalgo López, 1981)



2. **En el proceso de difusión** los cultivos recién cortados con alto contenido de humedad superior al 50% son sumergidos en soluciones de preservantes hidrosolubles por un período de 10 a 20 días para obtener la retención requerida. Debido a que la capa exterior del bambú es impermeable, se realizan pequeñas perforaciones en los nudos para que la solución penetre. Experimentos realizados han demostrado que con el proceso de difusión, utilizando una solución de sulfato de cobre (20%) durante 96 h, seguido por una solución de dicromato de sodio (20%) por 96 h y luego almacenamiento del material tratado bajo cubierta durante un mes, resulta en un 40% de penetración y una retención de 13 kg/m3 para *Dendrocalamus strictus* (Singh y Tewari, 1981).
3. **El proceso Boucherie** es un método que reemplaza la savia por una solución de sales hidrosolubles, el tratamiento es sencillo, consiste en colocar un recipiente elevado con la solución conectado a mangueras que por gravedad bajan y penetran en el culmo, se ha modernizado el método agregando una bomba neumática que inyecta más rápido la solución así bajando el tiempo que toma completarlo de días a horas. Ver Img. 28 y 29

Tratamientos en bambú seco:

Para que el bambú reciba el líquido preservante debe tener una humedad inferior o igual al 20%.

1. **La inmersión** consiste en sumergir el bambú en una solución que dependerá de la edad y especie. "Investigaciones realizadas en especímenes de *D. strictus* y *B. polymorpha* sumergidos en preservantes hidrosolubles (CCA al 5%) indican que la penetración de la solución fue rápida en el estado inicial y gradualmente más lenta al transcurrir el tiempo." (Burgos, 2003). La absorción es mejor si se realizan perforaciones en las paredes del bambú o si se divide la pieza. Una mezcla utilizada es llamada "Pentaborato" es 1 kg de ácido bórico, un 1 kg de bórax diluidos en agua hasta completar 50 litros de solución, la inmersión se realiza en un lapso de 5 a 8 horas, y se deja escurrir en posición vertical. Ver Img. 30 y 31
2. **El baño caliente** consiste en sumergir en una solución preservante caliente y después en una a temperatura ambiente, este método se utiliza, ya que al calentar el bambú este se expande y deja salir su humedad y al sumergirlo en la solución fría se crean vacíos que mejoran la capacidad de absorción. Lo recomendado es que el tiempo de exposición del baño frío sea el doble que el caliente. Se recomienda el uso de preservantes oleosolubles, porque permite calentarlos a 70 a 90°C.
3. **El tratamiento a presión** se aplica en algunos países, pero es el menos recomendado por su costo y debido a que se necesitan instalaciones especiales, es la inyección a presión de soluciones preservantes, algunos culmos de paredes delgadas pueden romperse por la presión empleada, se emplean preservantes hidrosolubles como CCA o CCB SE puede realizar correctamente empleando presiones de 3,5 Kg/cm2 durante una hora, logrando retenciones de más de 8 Kg/m3.

35. Método Boucherie por gravedad
Manual de construcción con bambú (Oscar López Hidalgo)

36. Método Boucherie por presión (deslizamiento de savia forzado)
Manual de construcción con bambú (Oscar López Hidalgo)

37 y 38. Inmersión del bambú
<https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>

2.4. La Tierra

La tierra como material de construcción ha sido el más usado a nivel mundial desde el inicio de las civilizaciones, en climas cálidos-secos y templados. "Aun en la actualidad un tercio de la humanidad vive en viviendas de tierra y en países en vías de desarrollo esto representa más de la mitad." (Gatti, 2012).

Este es el material de construcción más económico y abundante en todo el planeta, que con el pasar de los años se ha dejado de utilizar debido principalmente a su mal uso y como consecuencia una percepción errónea del material como no apto para la construcción, débil y muchas veces visto como un "material para pobres".

La crisis ambiental y la alta demanda de vivienda actual nos impulsa a buscar nuevas técnicas de construcción amigables con el medio ambiente y al mismo tiempo económicas, accesibles.

A día de hoy la tendencia de no construir viviendas con tierra ha cambiado, pues las investigaciones realizadas rescatan el valor de este material al conocer sus "cualidades plásticas, excelente comportamiento térmico y acústico, bajo coste económico, ahorro energético, ausencia de contaminación, reutilización indefinida y disponibilidad en abundancia, que pueden dar soluciones a algunos problemas actuales de vivienda, medioambiente, ahorro energético" (Yuste, 2010).

Mediante la búsqueda e investigación de nuevas estrategias constructivas con tierra se descubre que es una alternativa viable para la construcción ecológica, económica y sustentable.



39



40

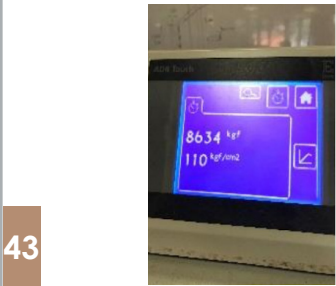


41

39. Revoque de muro de tierra, construcción tradicional.
<https://funci.org/un-taller-de-construccion-en-tierra-en-el-sur-de-marruecos/>

40. Casa lasso (Rama Estudio) Muros de tapial
<https://www.arquine.com/casa-lasso/>

41. Centro de Arquitectura de la Tierra / Kéré Architecture
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626675/>



2.4.1. Propiedades mecánicas de la tierra

Las propiedades mecánicas de los materiales hacen referencia a la descripción de los comportamientos del material ante fuerzas aplicadas sobre él, por eso es que son necesariamente importantes al escoger el material con el cual se planea construir un determinado objeto.

La norma se refiere a las características mecánicas de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, al diseño sismorresistente para edificaciones de tierra reforzada, a los elementos estructurales fundamentales de las edificaciones de tierra reforzada, así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial, de acuerdo a la filosofía de diseño sismorresistente. (NORMA E.080, 2017).

La tierra es un material versátil que va a depender según su propósito de uso, la preparación y composición del material, lo que hace que presente diferentes propiedades mecánicas, en este se abordaron temas en torno a los bloques de tierra comprimida (BTC). Los BTC son elementos de tierra geométricos con propiedades físicas y mecánicas homogéneas. Es fundamental tener conocimiento y conciencia de las propiedades mecánicas del BTC y su comportamiento debido a que nos permite deducir la resistencia y durabilidad de las estructuras construidas en base a este material.

Una de las características básicas y comúnmente aceptadas para medir la calidad de las unidades de BTC es el esfuerzo a compresión debido a que la tierra es un material de construcción que responde satisfactoriamente ante esfuerzos de compresión pero no a tracción.

Las propiedades mecánicas obtenidas en BTC y BTC estabilizados con un 8% de su peso de cemento nos muestran una diferencia considerable en la resistencia a compresión teniendo como resultados en el caso de BTC de 1.22 MPa y en el caso de BTCE de 3.64 MPa ambos realizados a los 28 días de su conformación (Mejía, 2018).

Según datos obtenidos por Browne (2009), la resistencia a compresión en unidades de BTC ha sido de 2.0 MPa y debido a antecedentes históricos de datos el resultado obtenido está dentro del rango aceptado para viviendas sociales.

2.4.2. La tierra adecuada para la construcción.

No todo tipo de tierra es apto para la construcción, se debe seleccionar la tierra adecuada para cada tipo de construcción, un requerimiento esencial es que la tierra no contenga componentes orgánicos como hongos, bacterias, raíces, etc. Todos estos se encuentran en la capa superior del suelo el cual no es apto para la construcción. La tierra para la construcción es una mezcla de arcilla, limos y arena, y en algunos casos puede contener cantidades de grava y piedras. Estos componentes deberán tener las cantidades adecuadas para ser utilizados.

Una tierra adecuada para la construcción se debe extraer bajo la capa vegetal, no debe contener materia orgánica y su composición aproximada debe ser 0-15% grava, 40-65% arena, 18-35% limos y 15-20% de arcilla. (Yuste, 2010).

La arcilla es el componente aglomerante, de la cantidad de esta dependerá las características del elemento de tierra, la grava, arena y limos son simplemente agregados y no tienen capacidad de cohesión. En el caso de que la mezcla contenga mucha arcilla esta al secarse tiende a agrietarse por la pérdida de humedad, se corrige agregando arena o limos hasta obtener los porcentajes ya mostrados. Si la mezcla contiene poca arcilla es quebradiza y no tiene cohesión, se debe estabilizar agregando cemento, cal o arcilla como tal.

Si se va a usar tierra para la construcción es necesario realizar un muestreo y distintas pruebas y análisis previos, los cuales se detallaran más adelante.

2.4.3. Características del BTC

El BTC o Bloques de Tierra Comprimida son una evolución innovadora del adobe tradicional **Ver Img. 38**, estos bloques se fabrican en molde por compresión o prensado y se desmoldan inmediatamente, no requiere un proceso de cocción del bloque, para mejorar las capacidades mecánicas del BTC se recurre a la estabilización granulométrica o a la estabilización química como el cemento o cal. "Generalmente, del 3% al 9% de estabilizante se utiliza en el BTC para aumentar la resistencia física de erosión superficial y capacidad de carga." (Yuste, 2010)

Las prensas utilizadas son diversas, estas se acoplan a las necesidades de cada construcción, pueden ser sencillas prensas manuales o mecánicas, o también se puede recurrir a sistemas más complejos de fabricación de BTC, máquinas de producción industrial que pulverizan, tamizan, mezclan y prensan el material.

Los BTC se pueden utilizar en la construcción de cualquier tipo, ya sea, como muros de cerramiento o también muros portantes, siempre que se considere las capacidades mecánicas del material y las cargas aplicadas sobre el mismo. **Ver Img. 39**



45



46

45. Adobe tradicional
<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/776406/el-adobe-de-canela>

46. Varios tipos de BTC disponibles en el mercado
<https://sinelco.eco/produccion-btc-bloque-de-tierra-comprimida/>



La utilización de BTC trae varias ventajas, son de rápida producción, al tener un contenido de agua bajo su secado se puede hacer bajo techo, por el proceso de compresión es posible aplanarlos para su secado y no requiere grandes áreas para esto como otros bloques prefabricados, se puede aprovechar la tierra extraída de la propia excavación de la obra, las dimensiones de las piezas no son variables gracias a la producción en moldes, no genera contaminación, ya que el consumo de energía para su elaboración es muy bajo.

La preparación del suelo es muy sencilla, se realiza un tamizado para retirar las partículas y agregados de gran tamaño, para ser triturados si se trata de suelo o evitarlos en el caso de piedras. El diámetro máximo recomendado es de 5mm para lograr facilitar la cohesión y la compactación entre partículas. (Mejía, 2018)

La prensa: Existen distintos tipos, manuales, semi industriales e industriales. **Ver Img. 40 y 41**

Gran parte de las máquinas manuales son una variación al invento del ingeniero chileno Raúl Ramírez en 1950 conocida como CINVA RAM, este tipo de máquina utiliza solo la fuerza de un operador para la compresión del bloque por medio de una palanca. Estas máquinas son muy versátiles y económicas.

En máquinas semi industriales e industriales hay gran variedad, de tamaños, producción, estáticas, transportables, recargables y variedad de moldes. Se utilizan para producción a mayor escala y comercialización de BTC.

La mezcla: La humedad de la tierra debe ser entre 15% y 20%, deberá presentar granulometría fina, diámetro máximo de partículas 5 mm. La estabilización se realiza con cal entre 3% y 15% o cemento entre 5% y 15%. **Ver Img. 42**

El uso de cal o cemento se recomienda en suelos lateríticos, estos son los que tienen alta concentración de hierro y aluminio y bajo en sílice, suelos propios de climas cálidos. También se ha demostrado que la adición de fibras vegetales a la mezcla mejora un 35% la resistencia a la tracción. (Mejía, 2018)

Fabricación: Una vez el suelo esté listo se lo introduce en el molde en la cantidad adecuada, el molde se tapa y se aplica compresión mediante una palanca, el modelo de máquina más usado es el ya mencionado CINVA RAM, "la palanca de la máquina como multiplicador de esa fuerza para lograr una compresión al BTC de hasta 7 Mpa, aproximadamente." (Mejía, 2018) **Ver Img. 43**

47. Prensa manual tipo CINVA RAM
<https://www.flickr.com/photos/gracomaq/2049716535/in/photostream/>

48. Prensa industrial para fabricacion de BTC
<https://gracomaq.net/index.php/productos/gracoram-hidraulica/>

49. Preparación de mezcla para BTC 10% cemento 90% tierra
<https://www.youtube.com/watch?v=e5NoVoYlioY>

50. Prensado manual del BTC.
<https://www.flickr.com/photos/gracomaq/2049716535/in/photostream/>

2.4.4. Fabricación de paneles BTC.

Selección de la tierra: Para la fabricación de los Paneles BCT se parte de la selección y caracterización de la tierra. Esta deberá cumplir con ciertas características ya descritas anteriormente, para la utilización de la tierra es necesario realizar previamente pruebas empíricas y determinar si esta es apta para la elaboración de paneles.

Se realiza la selección de 4 tipos de suelo, consecutivamente se realizan las pruebas empíricas: Ensayo del olor, ensayo de la mordedura, ensayo de la bola, ensayo de corte, ensayo de consistencia y ensayo de lavado. Ver **Img. 51- 56** (Narváez y Parra, 2023).

Secado y cernido de material: Se esparce la tierra y se seca al aire por 7 días, para garantizar el tamaño homogéneo de las partículas se construye un cilindro tamizador y triturador del material. Ver **Img. 57- 59** la elaboración de este cilindro permite tener una eficiencia más alta y así hacer viable la creación en masa de paneles BTC (Narváez y Parra, 2023).

Dosificación: Usando como referencia otros trabajos en los que se logra estabilizar paneles esbeltos para definir una dosificación inicial que se aplica para la construcción: 5% de goma, 20% de cemento, Fibras de cabuya (No se menciona el porcentaje), 75% de tierra (50% de arena y 50% de arcilla), Trabajan con una presión de entre 25 kg/cm² y 33 kg/cm² (Narváez y Parra, 2023).

Prensado del material: Se elabora una prensa hidráulica manual que admite la dimensión de los paneles planteados para el diseño (30x90x7 cm), esta prensa genera una carga de 50 Tn permite ejercer una presión de 18.52 kg/cm². Ver **Img. 60 y 61**

Curado y secado de los paneles: En el curado se hidratan los paneles que contengan cemento y cal durante 7 días, mientras que los que contengan tierra y fibras solo es necesario protegerlos del sol para evitar agrietamientos. Se debe permitir el flujo del aire para un correcto curado por lo que se almacena como se ve en la **Img. 64** (Narváez y Parra,



51



52



53



54

51. Ensayo del olor.
(Narváez y Parra, 2023).

52. Ensayo de la mordedura.
(Narváez y Parra, 2023).

53. Ensayo de la bola.
(Narváez y Parra, 2023).

54. Ensayo de corte.
(Narváez y Parra, 2023).



55



59



63



56



60



64



57



61



65



58



62



66

55. Ensayo de consistencia.
(Narváez y Parra, 2023).

56. Ensayo de lavado.
(Narváez y Parra, 2023).

57. Secado al aire de tierra.
(Narváez y Parra, 2023).

58 y 59. Cilindro tamizador y triturador.
(Narváez y Parra, 2023).

60. Armado de prensa.
(Narváez y Parra, 2023).

61. Prensado de paneles.
(Narváez y Parra, 2023).

62 y 63. Paneles elaborados.
(Narváez y Parra, 2023).

64. Secado y curado de paneles.
(Narváez y Parra, 2023).

65 y 66. Resultado final de paneles.
(Narváez y Parra, 2023).

2.4.5. Recomendaciones

En toda construcción es primordial conocer las características de los materiales a utilizar, la construcción con tierra no es una excepción, para aprovechar sus virtudes se requiere conocer su comportamiento, sus ventajas y desventajas.

Como ya se mencionó anteriormente, no todo tipo de tierra es adecuado para la construcción por ello es necesario estudiar las normativas vigentes de cada país y entender los estudios previos que se deben realizar para considerar si un tipo de tierra se puede utilizar o no.

La estructura debe tener durante toda su vida útil el mismo uso para el que fue diseñada.

La higroscopicidad de la tierra no se comporta de manera favorable ante la humedad, esta puede presentar erosiones o absorber mucha humedad, por ello se recomienda protegerla mediante aleros, sobrecimientos, y en algunos casos en el armado de BTC se agrega un % de emulsión asfáltica para mejorar su resistencia a la penetración del agua. (Cañola et al., 2018)

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

- %con** Porcentaje de conicidad de la pieza
- D₋** Diámetro mayor en mm
- D₊** Diámetro menor en mm 90% tierra
- L** Longitud de la pieza de GaK en mm

TABLA 4

Parte de la Guadúa	Conicidad
Sepa	0.17%
Basa	0.33%
Sobrebasa	0.55%

2.5. Normativas
2.5.1. Normativa del Bambú

La información recopilada en esta sección tiene como base el Proyecto Normativo de Guadua presentado por INBAR (organización compuesta por 41 países de la que Ecuador forma parte), bajo la autoría del maestro Jorge Morán Ubidia, arquitecto ecuatoriano referente internacional en la construcción con bambú y se tomó como referencia la Norma Técnica E 100 Bambú del Ministerio de Vivienda, Construcción, Saneamiento del Perú, y la Norma Sismo Resistente NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y 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 (NEC – SE – GUADÚA, 2016).

Campo de aplicación

Esta norma está dirigida al diseño estructural de edificaciones de hasta dos niveles, con Guadua angustifolia Kunth (GaK) y otros bambúes de similares características físico – mecánicas. Considerando que se requerirá de diseño estructural, en casos específicos. 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.

Identificación de la GaK Idónea para la Construcción

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

- a) La guadua debe estar seca, lo que significa que su contenido de humedad debe ser igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar. 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.
- 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 4 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”. (NEC – SE – GUADÚA, 2016)

Tabla 4: Conicidad admisible de la GaK
(NEC – SE – GUADÚA, 2016)

e) La GaK 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 5.

f) TABLA 5

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 GaK, si se presenta este tipo de falla se deberá cortar la parte defectuosa del culmo, pero el resto podrá ser usado sí cumple con los demás requisitos descritos en la requisitos descritos en la NEC-SE-GUADÚA punto Identificación de la GaK idónea para la construcción.
- g) Los culmos de GaK 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.

Bases para el Diseño Estructural

Todos los elementos de GaK de una estructura deben ser diseñados, contruidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de las cargas de servicio como:

- 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.

Ver tabla 6.

De igual manera, el sistema estructural empleado debe cumplir los requisitos de resistencia sísmica señalados en el apartado 3.2 capítulo NEC-SE-VIVIENDA, y a su vez evidenciar todas las posibles cargas que actúan sobre la estructura durante las etapas de construcción y servicio; además de las condiciones ambientales que puedan generar anomalías en las deducciones de diseño o que pueden afectar la composición de otros componentes estructurales, ajustándose al sistema constructivo escogido.

Los elementos se considerarán homogéneos, pero no deben considerarse rectos o lineales para realizar un cálculo de esfuerzos producidos por las cargas aplicadas. Para esto debe considerarse como parámetro geométrico constante, una imperfección vertical natural de 1.298% de excentricidad natural respecto a la longitud del culmo.

TABLA 6

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 EQx
18	D - 0.7 EQy

Tabla 5: Límites de fisuras en la GaK
(NEC – SE – GUADÚA, 2016)

Tabla 6: Combinaciones de cargas para el diseño.
(NEC – SE – GUADÚA, 2016)

2.6. Conclusiones

Luego de haber analizado y estudiado conceptos fundamentales, el comportamiento, características físicas y mecánicas del bambú y la tierra se establecen las siguientes conclusiones:

- La vivienda es un sistema complejo en el que influyen muchas variables, su diseño requiere un estudio de las condicionantes, ubicación geográfica, clima, contexto natural o construido, entre otras variables que deben ser consideradas para un adecuado diseño, los sistemas modulares permiten rapidez y facilidad en la construcción, reduce los desperdicios. La utilización de materiales como el bambú y la tierra son una alternativa ambientalmente sostenible, además de que son económicos y de bajo contenido energético, lo cual reduce el costo.
- El bambú es un material muy versátil que presenta buenas características físico mecánicas y es de rápido crecimiento comparado con otras especies maderables, por lo que es apto para su uso estructural, no obstante este material es vulnerable ante la humedad, insectos y hongos, puesto que es obligatorio el curado y secado como medidas de conservación y prevención, con el fin de alargar vida útil.
- La tierra como material de construcción se ha utilizado por siglos, en los últimos años los estudios de este material han permitido considerarlo como una buena alternativa ecológica, eficiente y económica para construir, es un buen aislante térmico y acústico, lo cual ayuda en el confort interno de la vivienda. Una de sus debilidades es su resistencia por lo que es necesario mejorarla mediante estabilizadores como el cemento o cal, también se puede agregar fibras para mejorar la resistencia a la tracción.

CAPITULO 3

Propuesta arquitectónica

Capítulo 3: Propuesta arquitectónica

3.1. Introducción

La vivienda corresponde a una vivienda social, cuyo objetivo es aprovechar todos los beneficios que brinda el bambú, además de garantizar una arquitectura sostenible que tenga la capacidad de ser escalar, es decir vaya creciendo según la situación económica y la necesidad de los usuarios.

El proyecto se propone como una vivienda para la autoconstrucción, con la finalidad de reducir costos en mano de obra, es por ello que se genera un análisis a detalle del sistema constructivo en base a las características de los materiales. El resultado de los análisis realizados ayuda a tener un mejor entendimiento del proceso que se tiene que llevar a cabo previo - durante y una vez finalizada la construcción, con el fin de aprovechar las propiedades de los materiales a utilizar asegurando la durabilidad de los mismos.

Por otra parte, al ser una propuesta de aspecto social se plantea aprovechar todos los espacios mediante una arquitectura modular y con el fin de reducir el desperdicio, dando como resultado la posibilidad de ser reutilizable en un 90 % de sus materiales por lo que se propone que sea desmontable.

3.2. Programa arquitectónico

La vivienda debe contar con los espacios mínimos necesarios para el desarrollo de actividades básicas de la vivienda, los cuales son: espacios de descanso (habitaciones), de servicio (cocina y baño) y espacios sociales (sala y comedor).

Al ser un proyecto de vivienda escalar se considera 3 etapas que se van ampliando acorde a la modulación;

- 1) La primera corresponde a la vivienda mínima que estima un área de 42 m², la misma que consta de cocina, comedor/área social, baño y una habitación.
- 2) Mientras que la segunda etapa cuenta con un área de 56 m², la cual a la etapa inicial (cocina, comedor/área social, baño, una habitación) se le agrega una habitación más.
- 3) Finalmente la tercera corresponde con un área de 72 m², en esta etapa a la vivienda se le aumentará una sala, teniendo como programa final Cocina, comedor, sala, baño y dos habitaciones.

Se debe considerar que para estas propuestas se ha tomado como aspecto importante la existencia de un patio central, el mismo que tiene una relación directa con la modulación y a su vez permite iluminar y ventilar todos los espacios



Etapa 1

Etapa 2

Etapa 3

3.3. Coordinación modular y dimensional

La arquitectura modular se fundamenta en tres tipos de modulación:

- 1) A partir de una medida específica.
- 2) En base a la dimensión de un material.
- 3) Según la estructura.

En donde la finalidad es crear un módulo eficiente y funcional, en el que se puedan desarrollar con facilidad las actividades en determinado espacio y que permita una rápida construcción, de forma simple y reduciendo al mínimo posible los desperdicios.

Todo tipo de modulación debe responder a la exigencias de cada proyecto y deberá tener relación y coherencia con la forma de habitar y construir el espacio.

La propuesta de vivienda parte de una modulación base de múltiplos de **30 cm**.

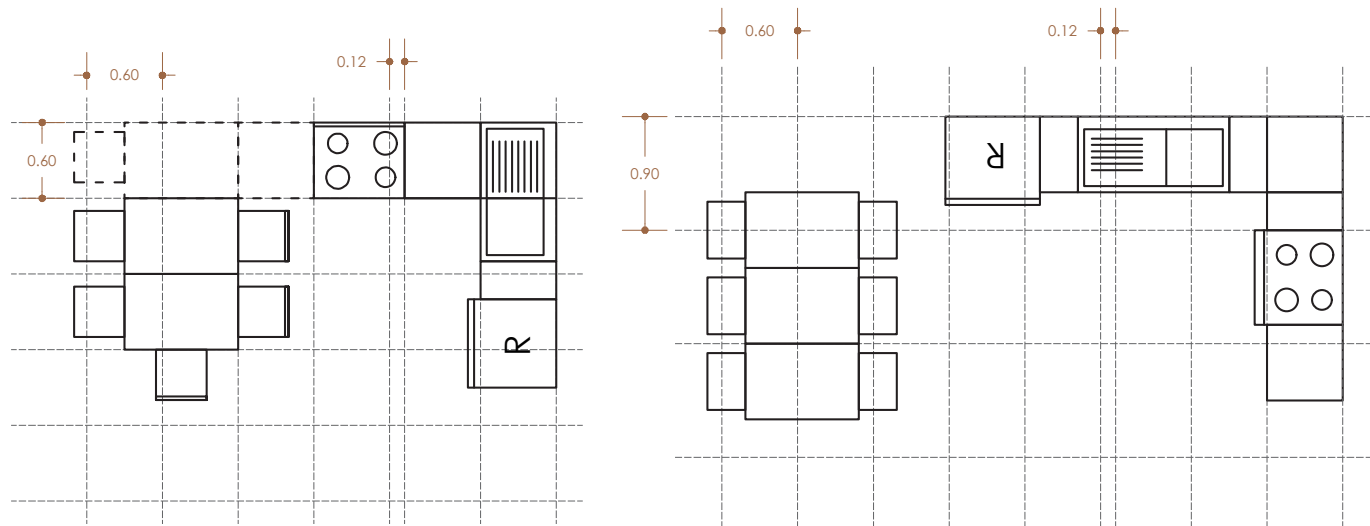
Se parte de la medida base 30 cm y se plantean diferentes alternativas de módulo **60 cm x 60 cm** y **90 cm x 60 cm**, con estas medidas se módulo de analiza espacialmente la vivienda considerando aperturas para puertas, ventanas, pasillos de circulación pasillos, etc.

Se toma una zona esencial como objeto de análisis, la cocina, en donde se consideran las dimensiones mínimas funcionales basados en el mobiliario necesario que permita al usuario la percepción de confort, comodidad y funcionalidad de su entorno.

El módulo **60 cm x 60 cm** limita el funcionamiento de pasillos y puertas debido a que estos deben tener una medida mínima de 90 cm, por lo que es descartado.

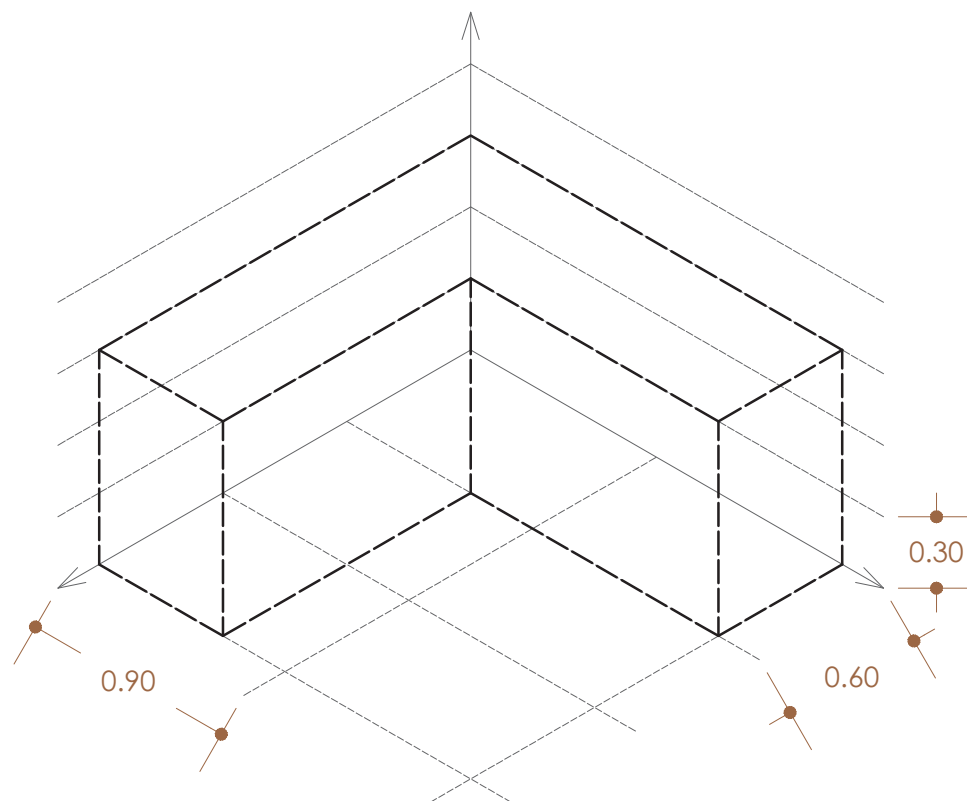
El módulo **60 cm x 90 cm** permite la apertura de pasillos y puertas, de tal manera que se acople con la estructura y así evitar complicaciones en el momento de su armado.

Otra ventaja del módulo escogido es la rapidez en la construcción, ya que al tener elementos de 90 cm se puede cubrir una mayor área con paneles en muros de forma más rápida comparado con un panel de 60 cm, es decir, a mayor tamaño del panel menos elementos se necesitan colocar.



Alternativa 1: módulo 60 cm x 60 cm

Alternativa 2: módulo 60 cm x 90 cm

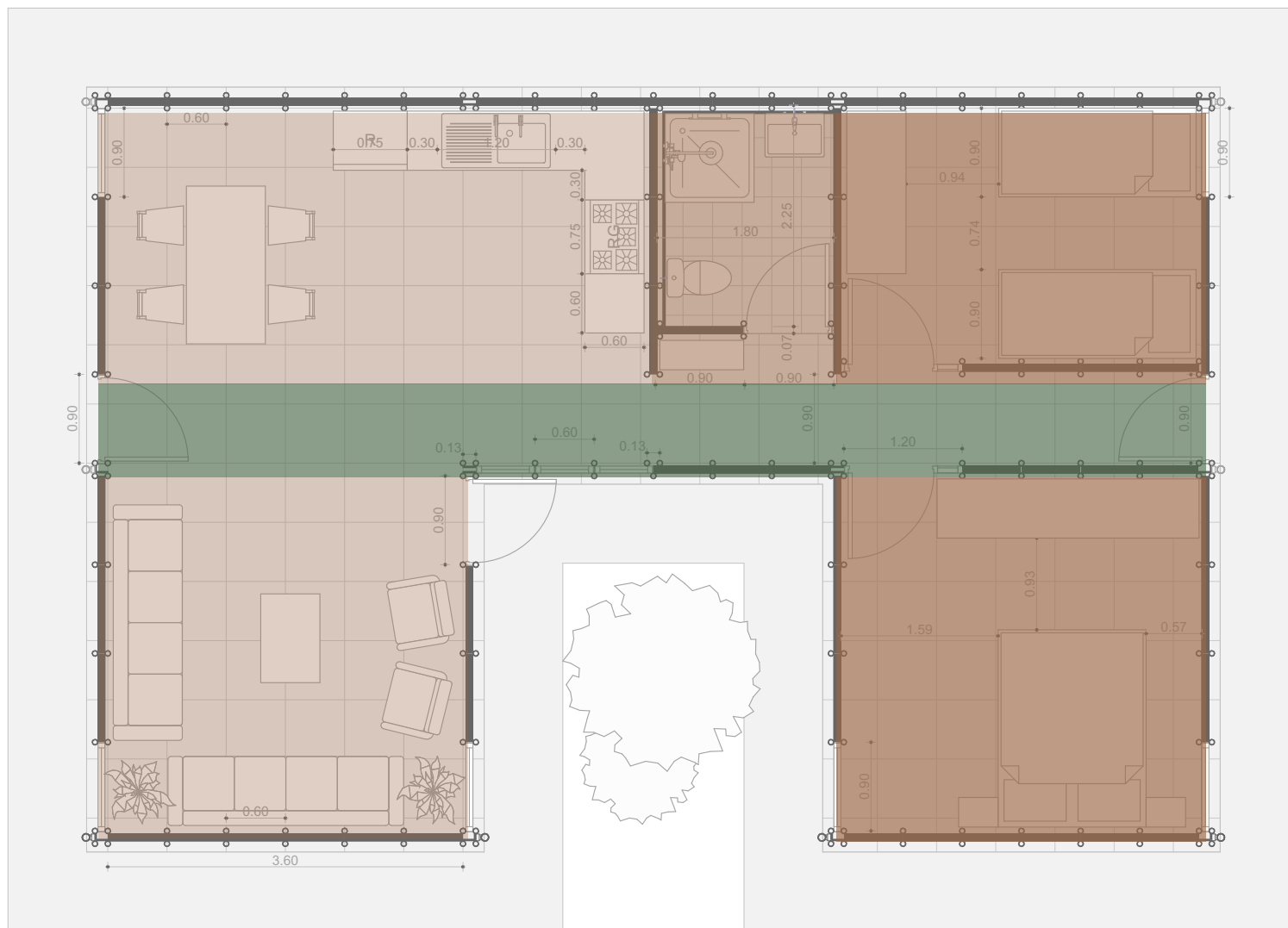


Alternativa escogida: módulo 60 cm x 90 cm



-
- This isometric diagram illustrates the roof structure and internal layout of a building. The roof is shown as a series of interconnected rectangular panels in shades of brown and green, with a central green strip. Dashed vertical lines connect the roof panels to the internal structure below, which includes a grid of columns and beams. The internal layout shows various rooms, including a large central hall, a kitchen area with a sink and stove, and a bathroom with a bathtub. The building is situated on a grey base, and a small set of stairs is visible on the left side.

This architectural floor plan shows a house with a dining area, kitchen, bathroom, and living area. The dining area is located on the left, featuring a table and four chairs. The kitchen is adjacent to the dining area, equipped with a sink, stove, and refrigerator. The bathroom is situated in the center, containing a toilet, sink, and bathtub. The living area is on the right, with a large sofa and a coffee table. The plan includes various dimensions for furniture and room areas, as well as a central circular feature.

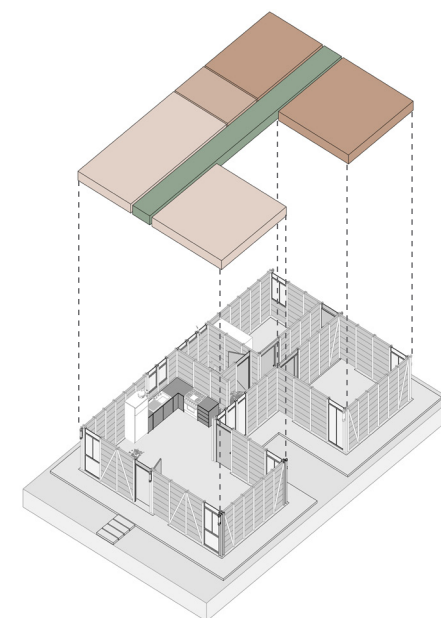


ZONA SOCIAL
(COMEDOR - COCINA)

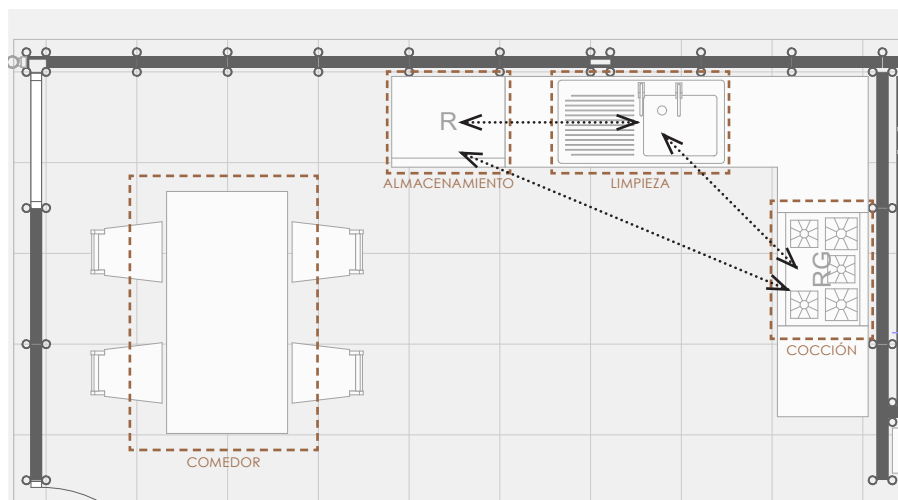
ZONA DE SERVICIO
(BAÑO)

ZONA PRIVADA
(DORMITORIOS)

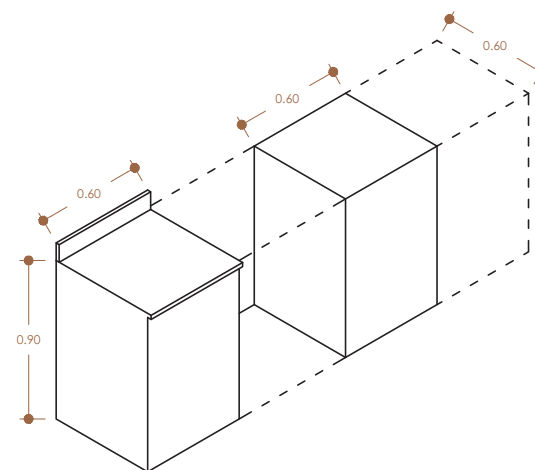
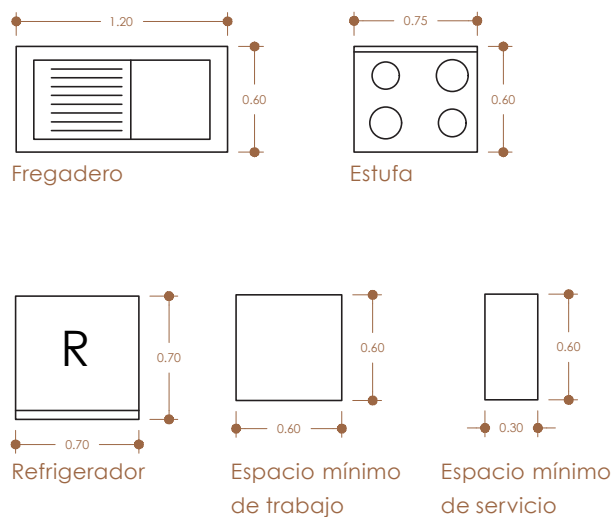
ZONA DE CIRCULACIÓN
(PASILLO)



Ampliación 2



Funcionalidad de la cocina.



Vista axonométrica modulación de cocina

3.3.2. Análisis de función, actividades, espacio y mobiliario.

La vivienda debe responder a las necesidades del usuario y permitir que todas las actividades básicas puedan ser desarrolladas de manera cómoda en el espacio proyectado, es por esto que se parte desde la cocina como el núcleo de la vivienda, esta se diseñó como una línea de producción en la cual se considera almacenaje, limpieza, preparación y cocción, generando así un diseño eficiente que responde al modo de usar el espacio, las dimensiones de los muebles de cocina responden a la modulación base de 30 cm considerando sus múltiplos y submúltiplos y así se plantea el espacio mínimo funcional para una cocina.

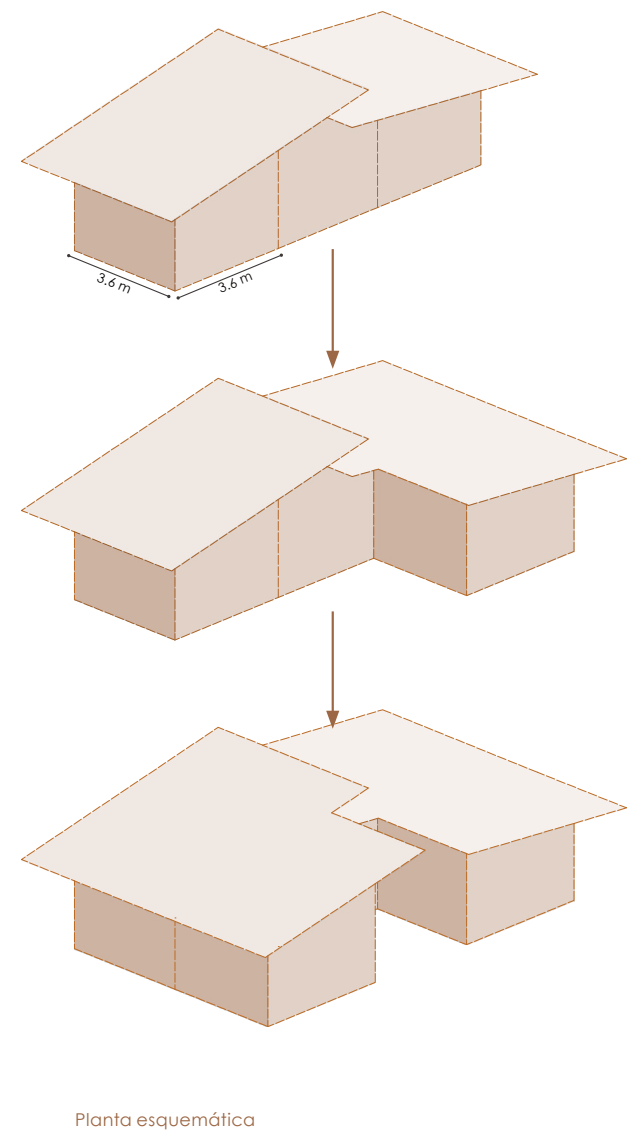
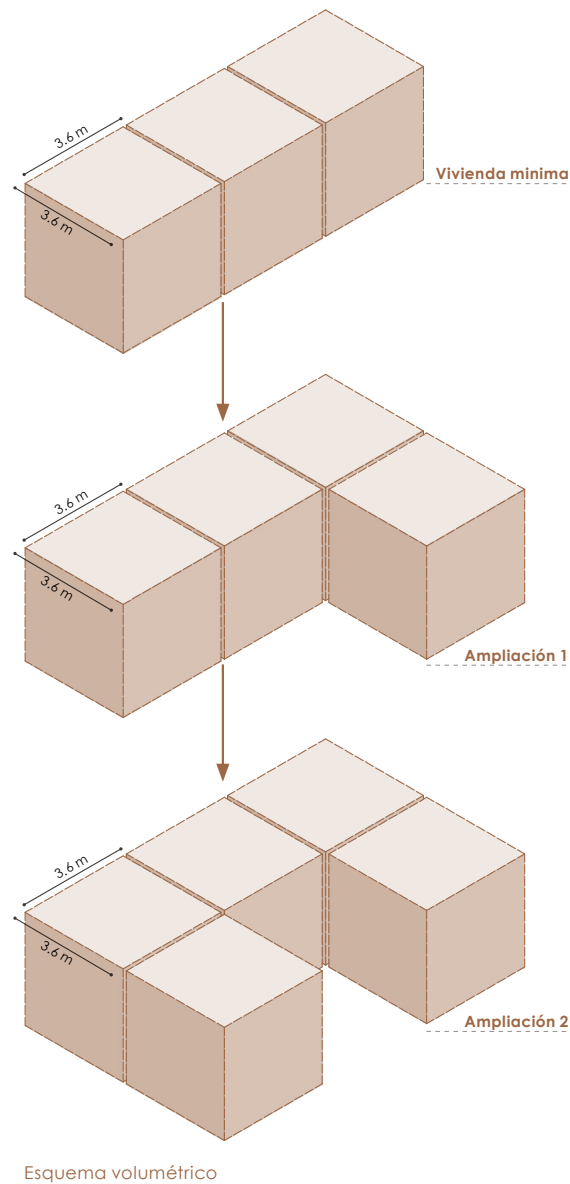
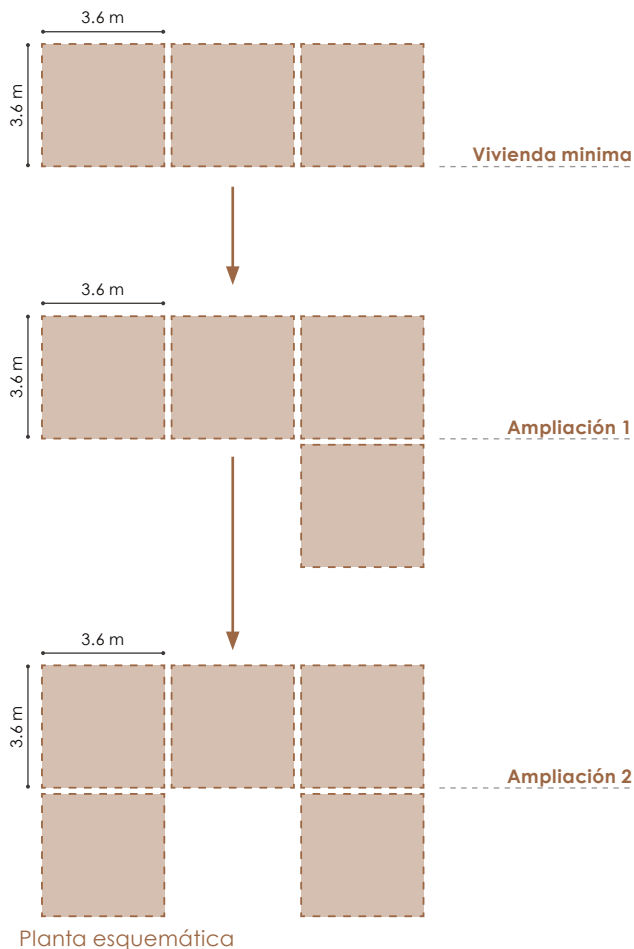
En esta etapa se plantean las dimensiones mínimas funcionales de: fregadero, estufa, refrigerador, y área de servicio mínima, se considera como área de servicio al espacio mínimo que complementa las áreas de trabajo, por ejemplo, la zona de estufa requiere un espacio mínimo junto a esta para colocar utensilios necesarios, este espacio mínimo es de 30 cm x 60 cm de profundidad del mesón.

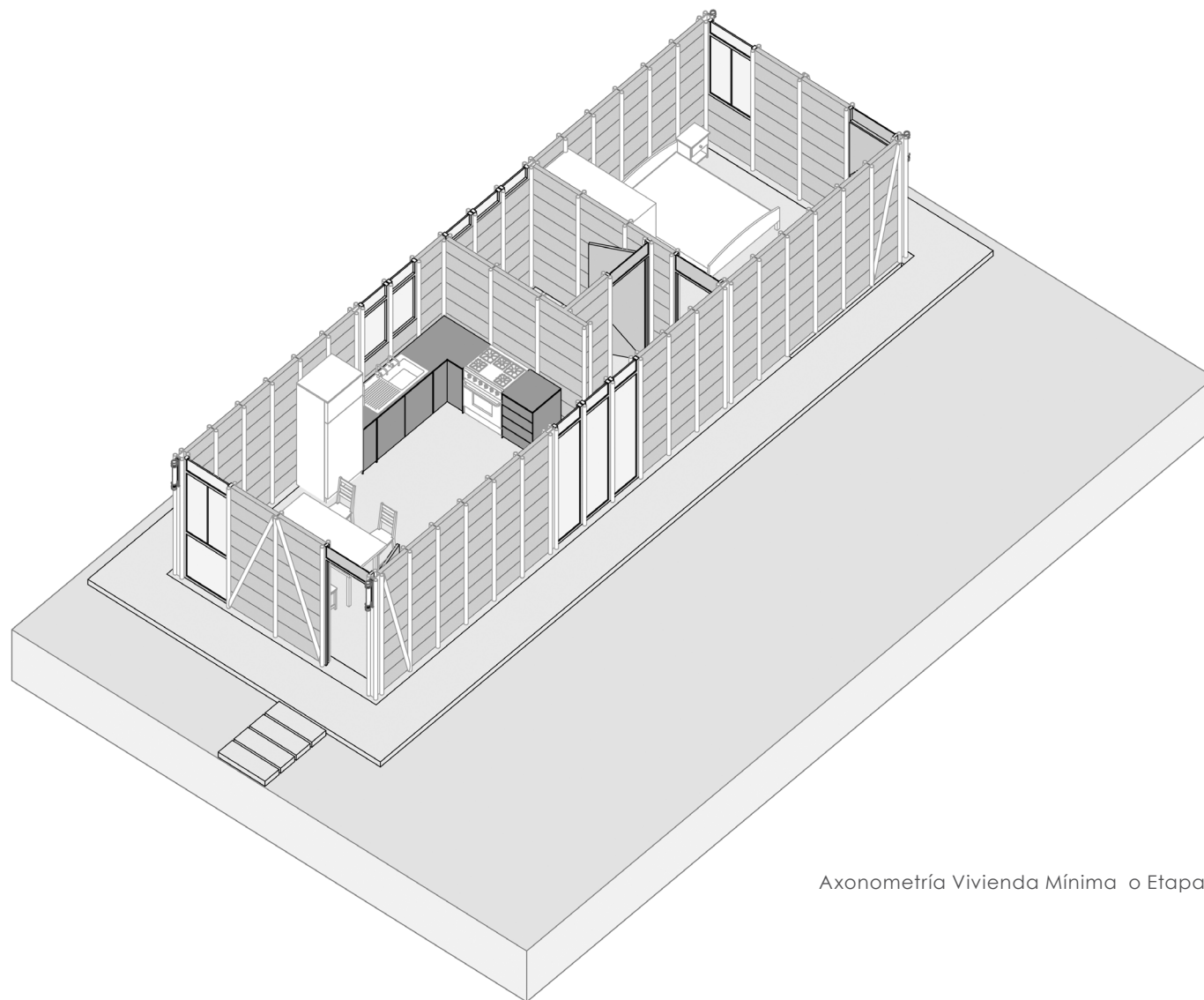
A partir de la cocina se van planteando los diferentes espacios, el más próximo es el comedor que en la propuesta de vivienda mínima se utilizara también como un espacio de convivencia pues no se cuenta con una sala en esta etapa pero posteriormente será un espacio complementario que se implementará en una futura ampliación según las etapas ya mencionadas anteriormente, las zonas sociales se separan de los espacios privadas por medio del baño el cual al estar centralizado da servicio a todas las zonas de la vivienda, las zonas privadas constan de 2 habitaciones que no se relacionan directamente con el espacio social.

3.4. Propuesta de diseño arquitectónico.

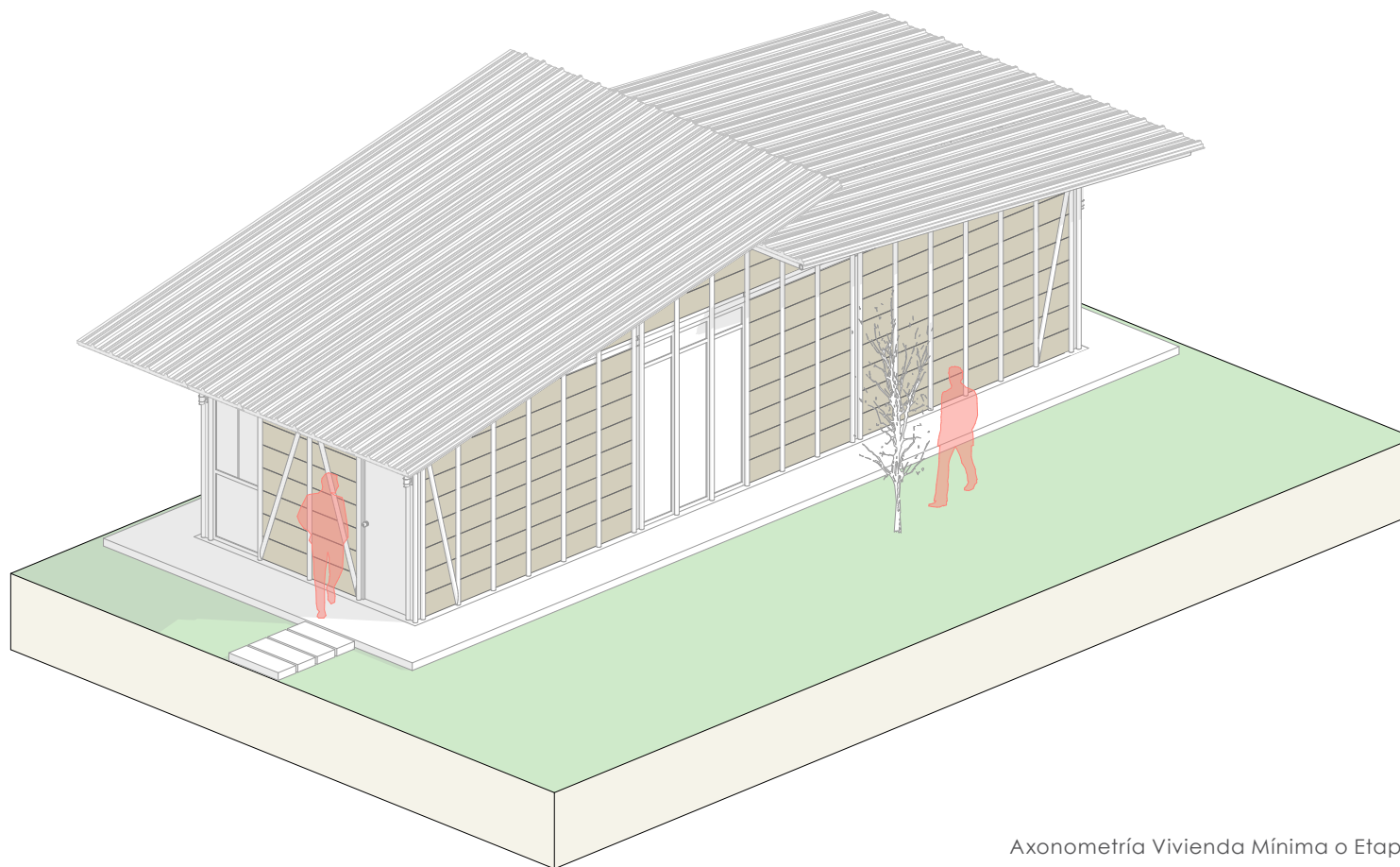
La propuesta arquitectónica parte del módulo que ya mencionado "30 cm" del cual se genera una malla de 60 cm x 90 cm sobre ésta se desarrolla el diseño y distribución de la vivienda, considerando el módulo base se plantean los ejes estructurales principales a cada 3.6 m, así se obtienen módulos funcionales de 3.6 x 3.6 m (Espacio libre entre columnas), estos se repiten según la distribución espacial.

Se plantean estructuras principales y secundarias mediante el uso de bambú y paneles prefabricados de tierra comprimida que responden dimensionalmente a lo ya mencionado basados en múltiplos y submúltiplos de 30 cm, su ensamblaje está basado en el sistema sandino del cual se hablará en el capítulo siguiente.

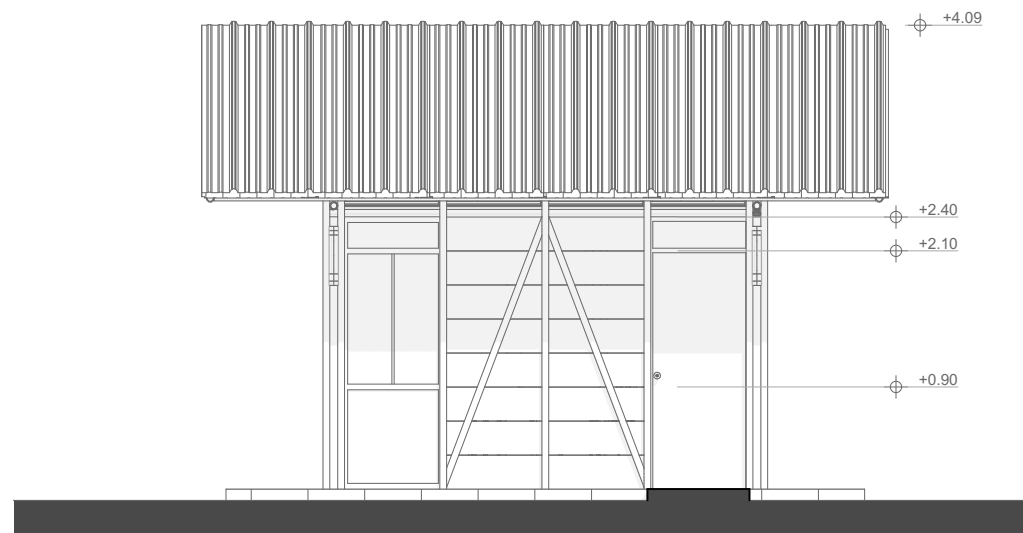




Axonometría Vivienda Mínima o Etapa 1

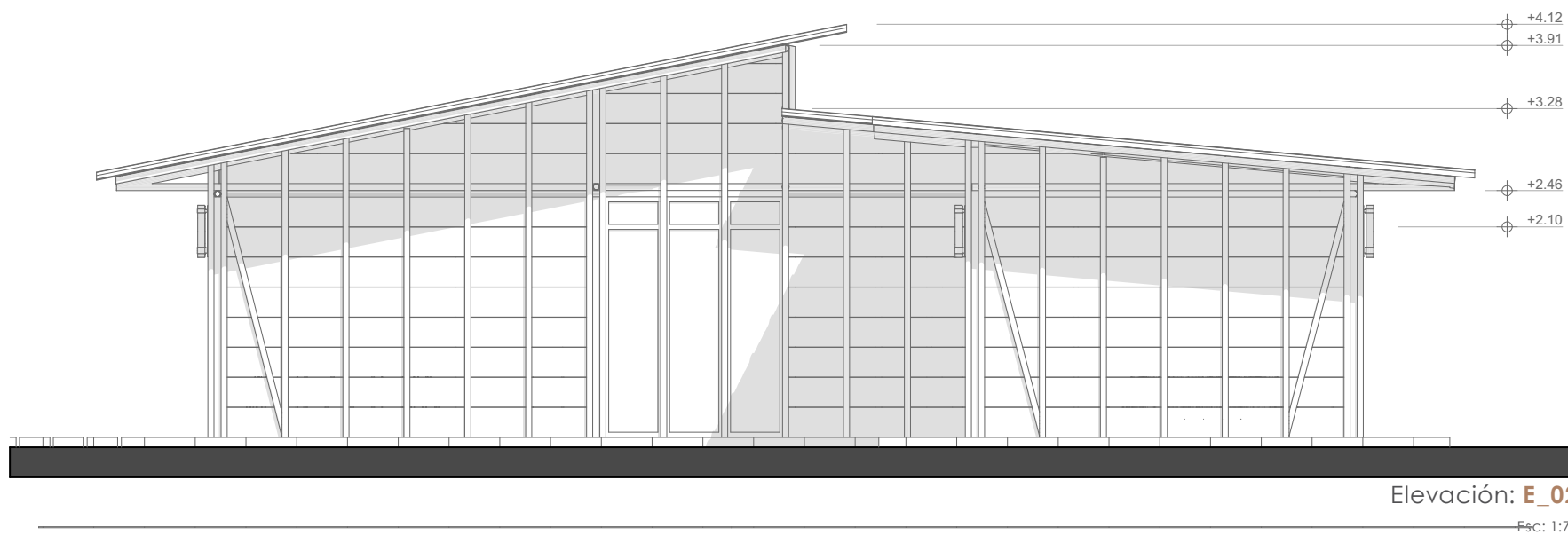


Axonometría Vivienda Mínima o Etapa 1



Elevación: **E_01**

Esc: 1:75

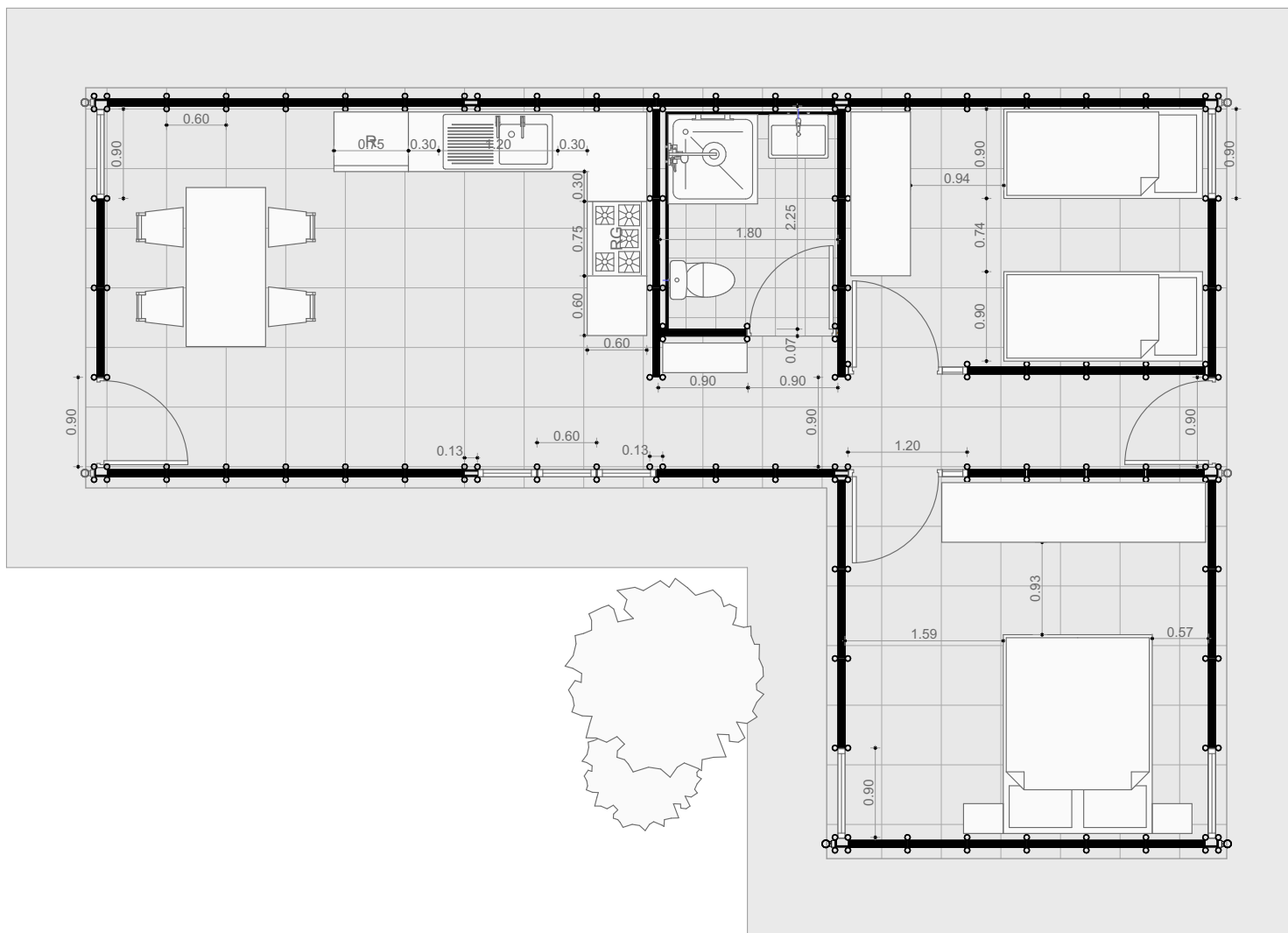






La etapa 2, de requerirse más espacio se plantea la aplicación de un dormitorio el cual se plantea en el módulo de 3,6 m ya mencionado anteriormente. Debido a que la necesidad de descanso y un espacio privado pesa más que la necesidad de un espacio social amplio se plantea esta aplicación como segunda etapa en el desarrollo de la vivienda de bambú y bloques prefabricados de tierra comprimida.

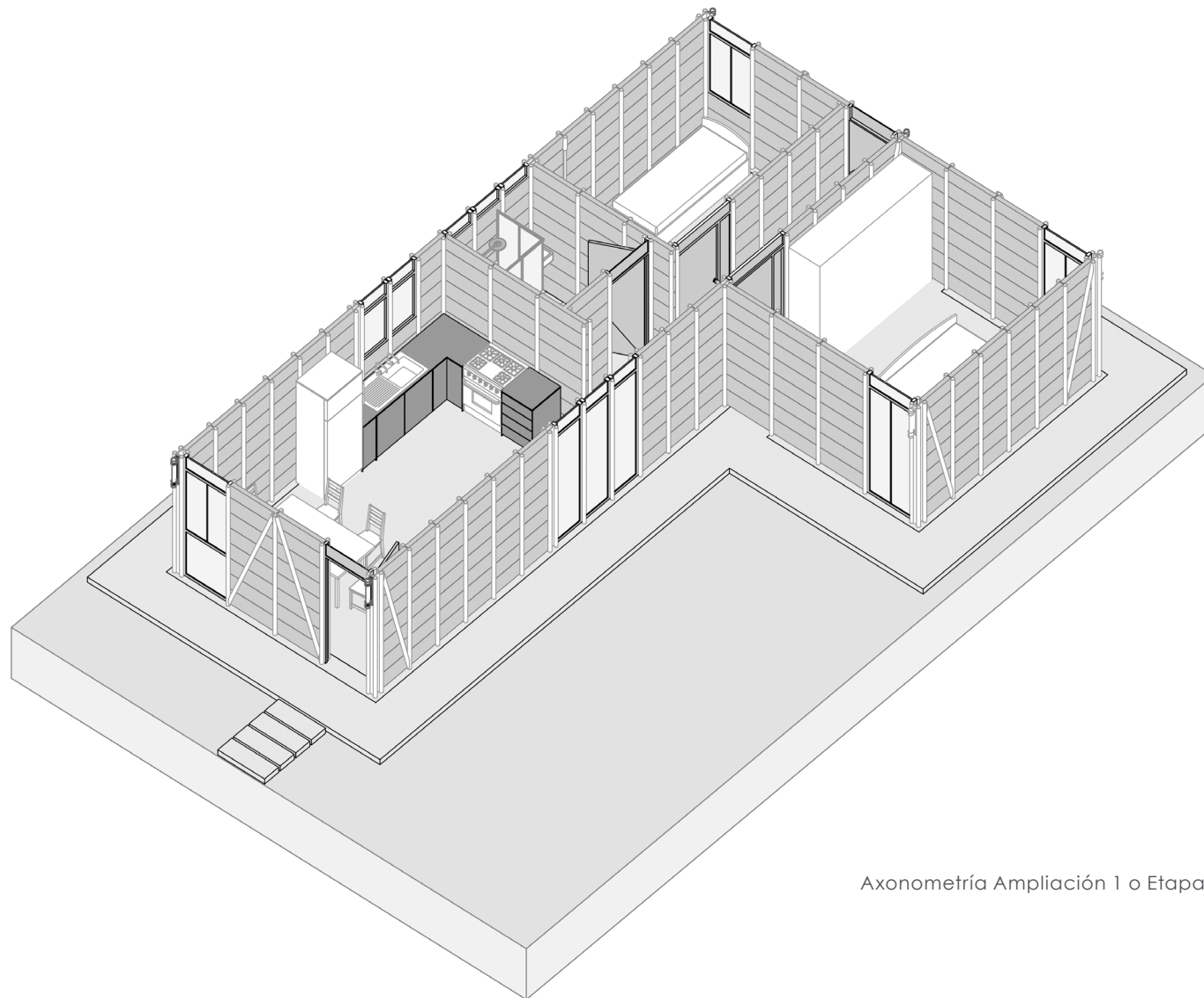
E_03



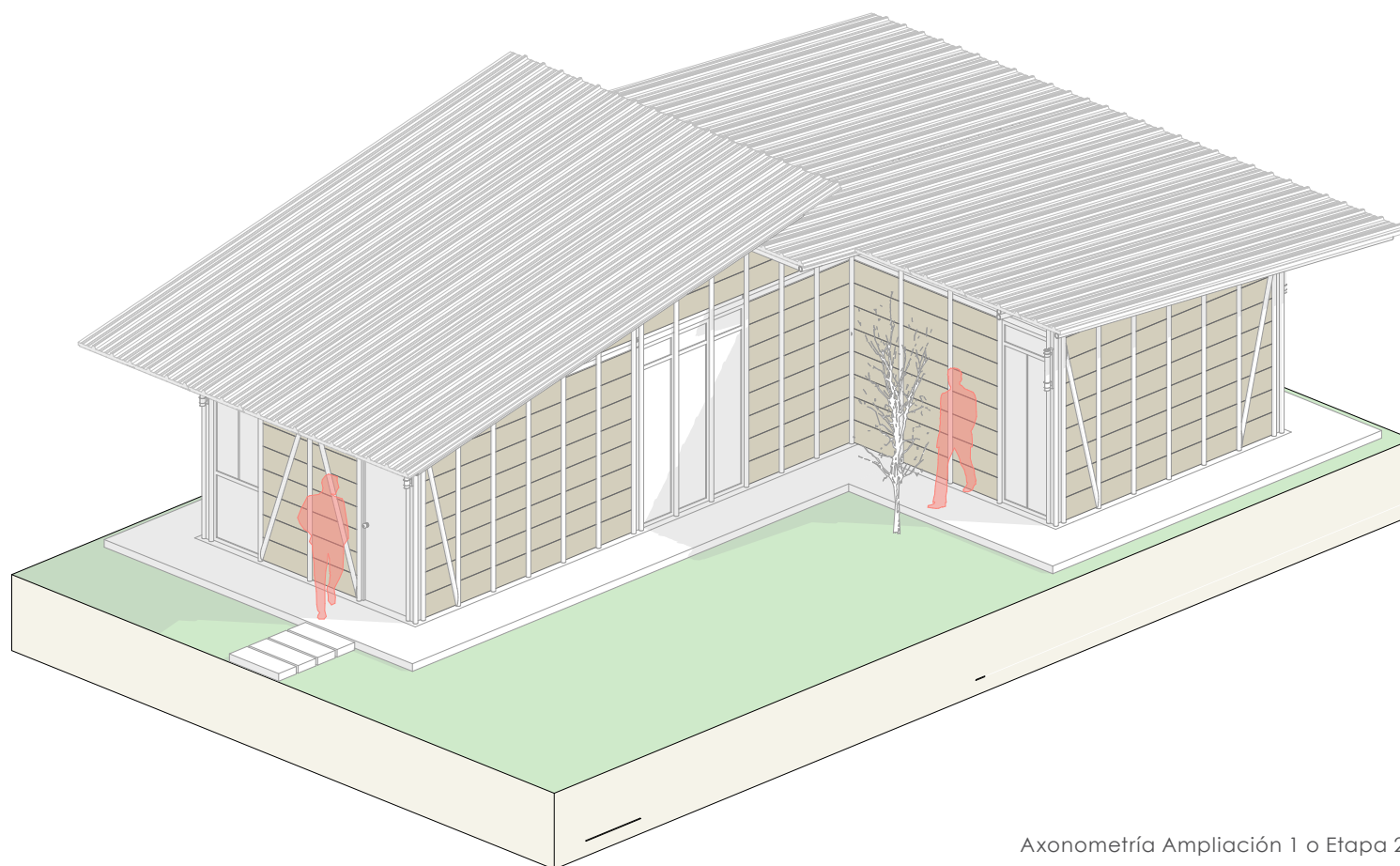
E_04

Planta Arquitectónica Ampliación 1 o Etapa 2

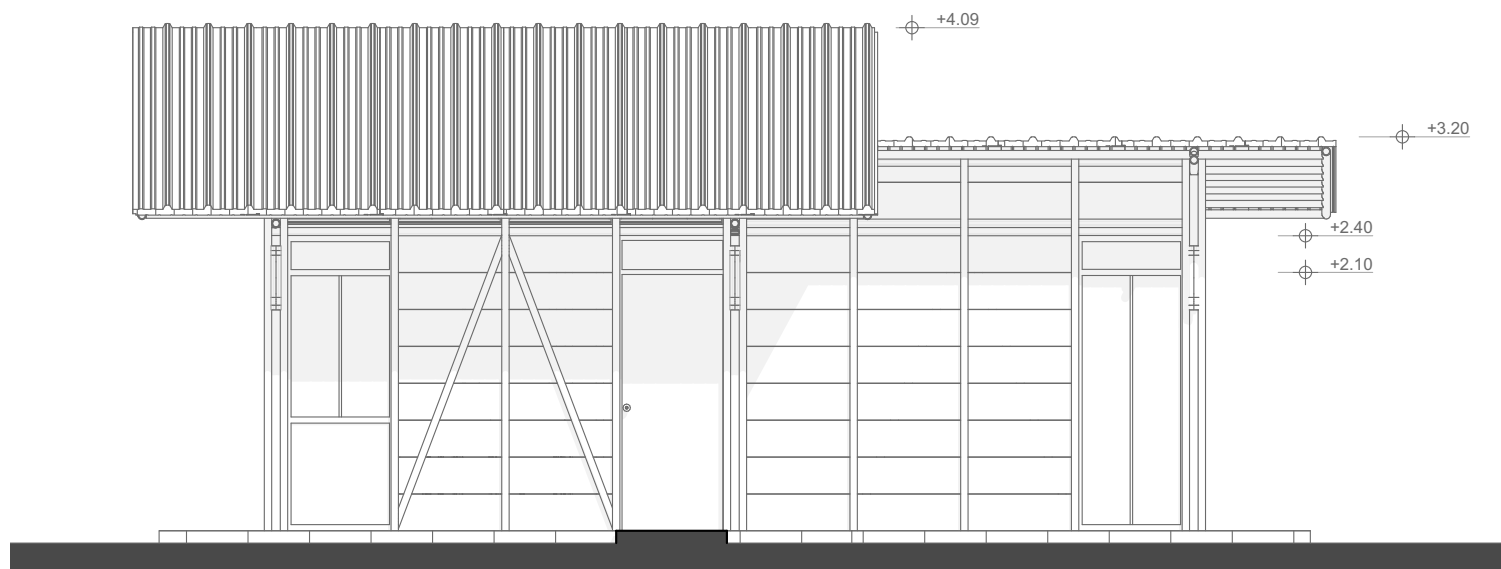
Esc: 1:75



Axonometría Ampliación 1 o Etapa 2

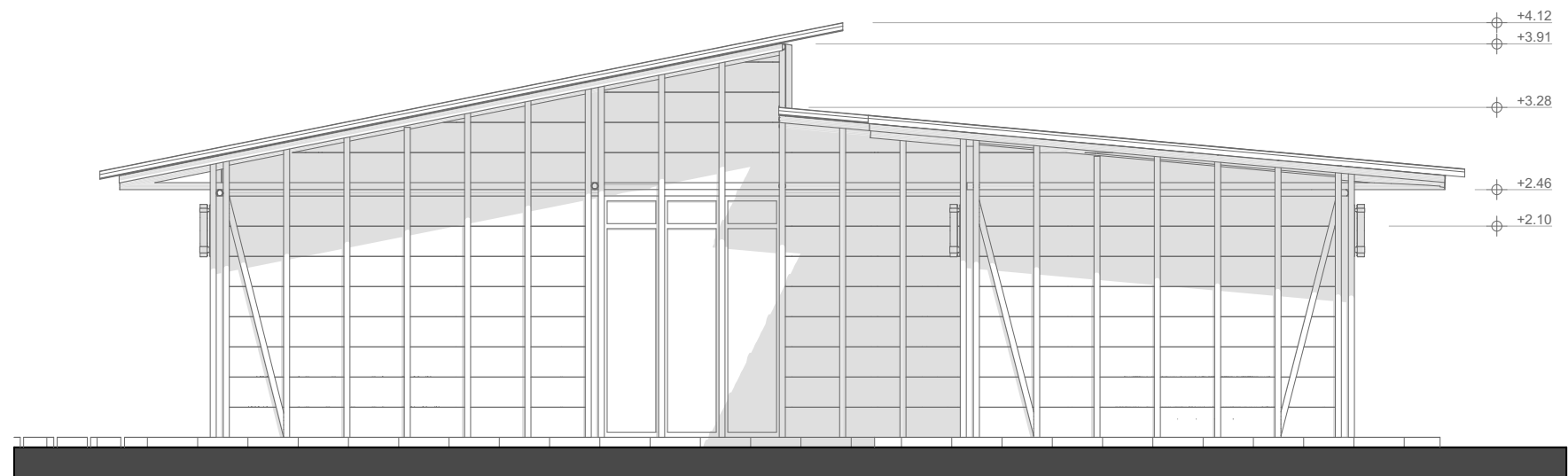


Axonometría Ampliación 1 o Etapa 2



Elevación: **E_03**

Esc: 1:75



Elevación: **E_04**

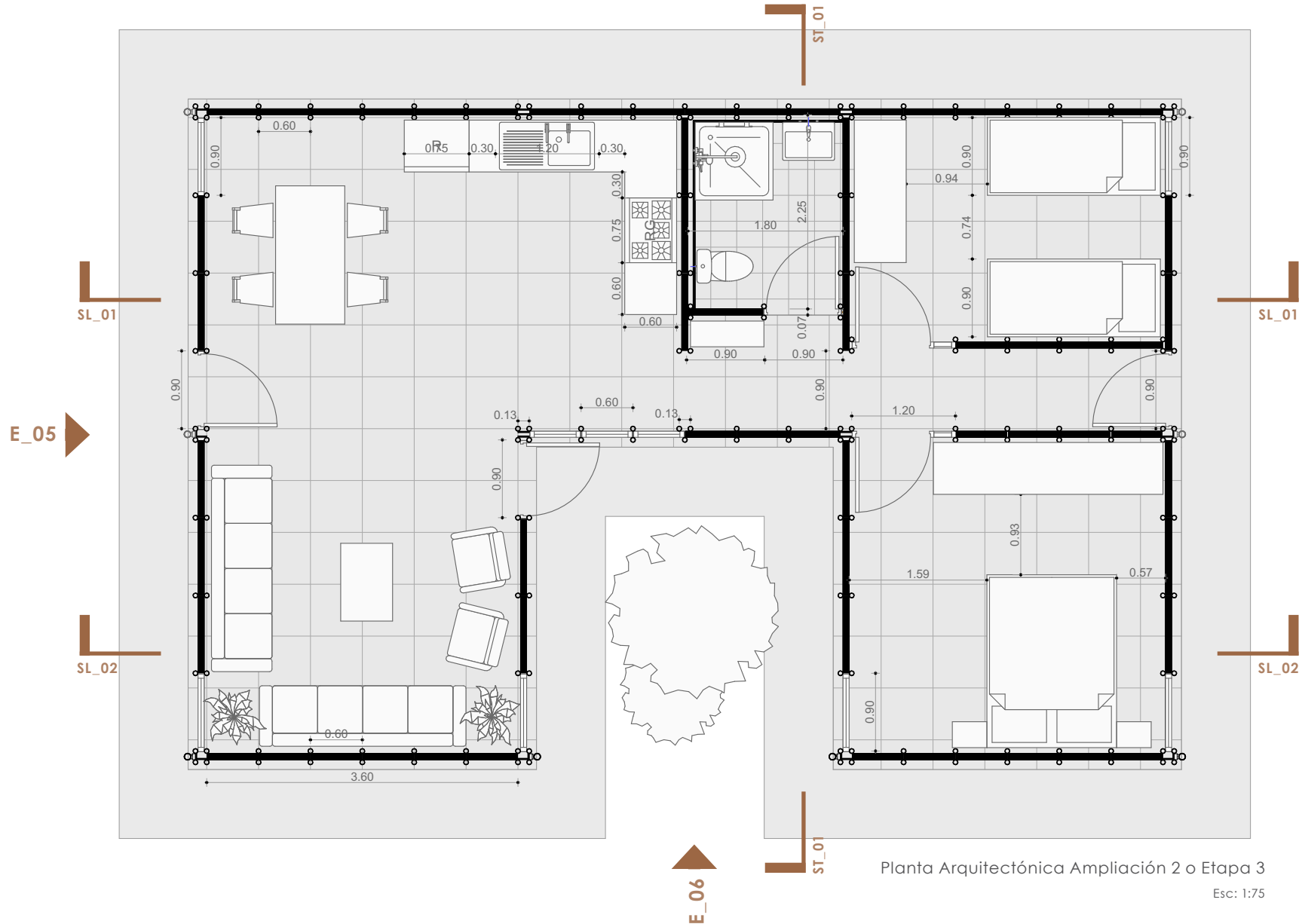
Esc: 1:75

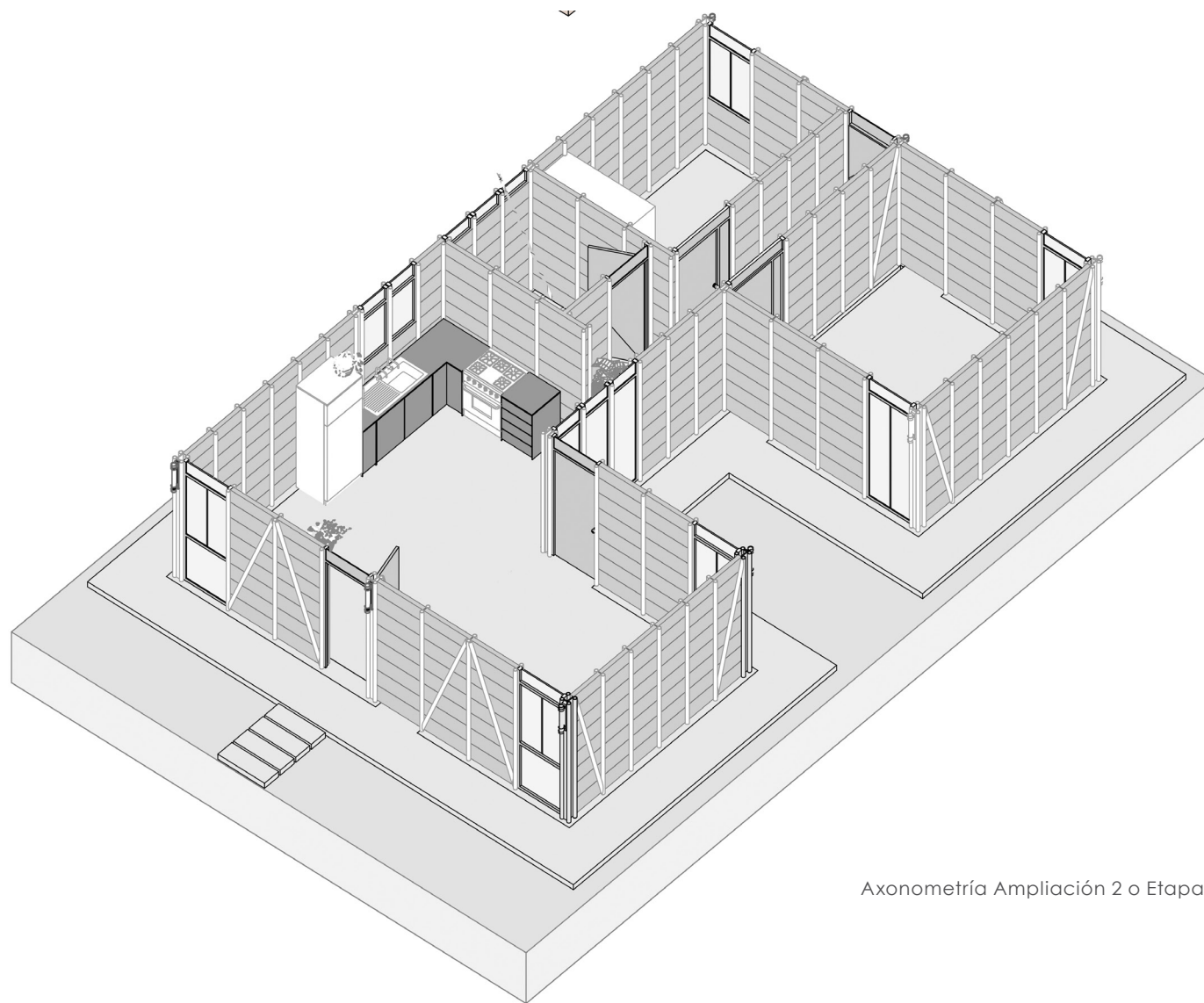




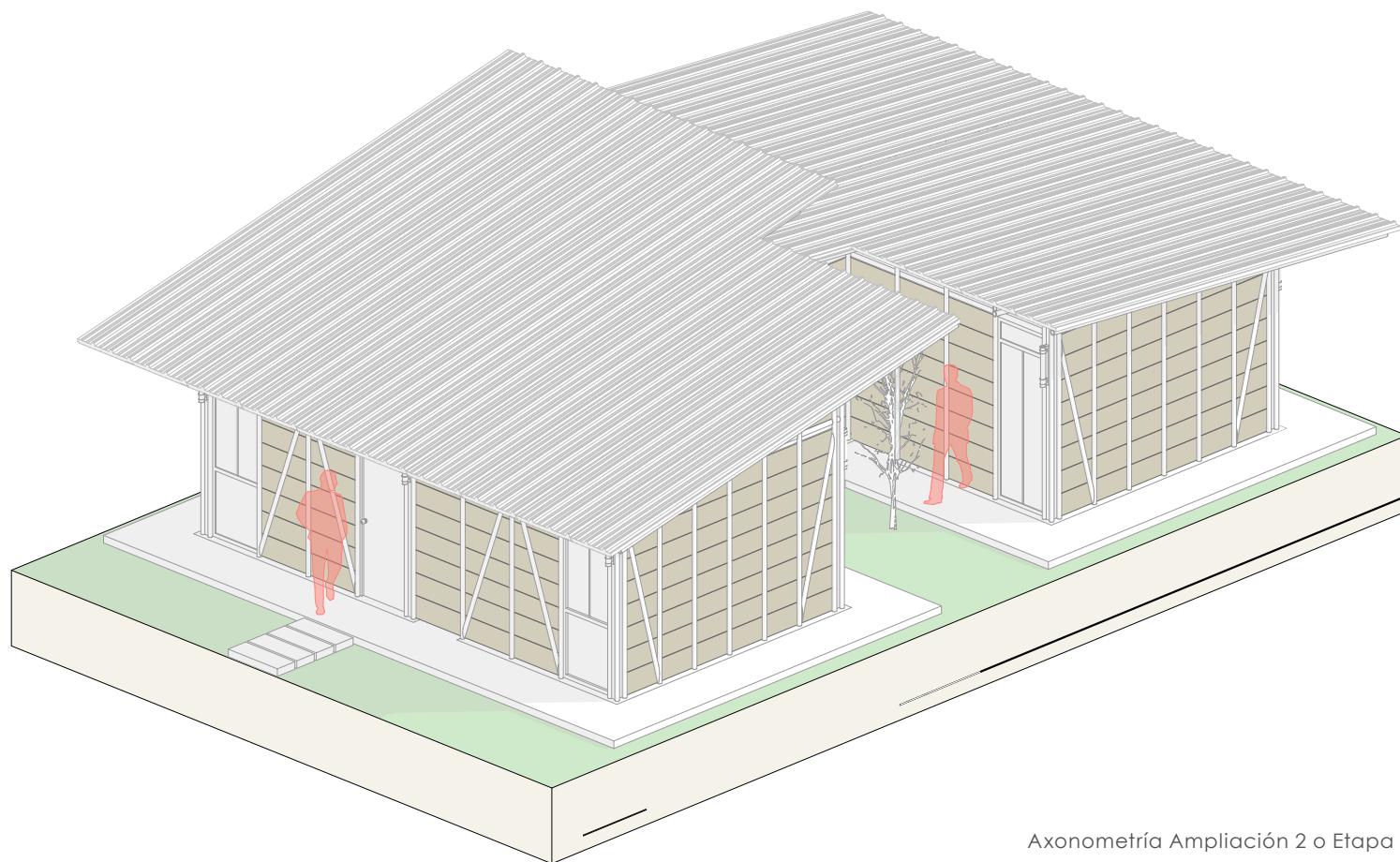
La etapa 3, consiste en la ampliación de una sala vinculada al espacio social planteada como tercera etapa debido a que el orden de prioridad la necesidad de espacios sociales es secundaria, conecta etapa de completa los espacios mínimos requeridos para habitar considerándose el grupo familiar promedio según estadísticas de 3.6 a 4 personas por familia según datos del INEC.

Además de los espacios mencionados se plantea un patio interno, espacio muy importante ya que da ventilación e iluminación a la vivienda, y es muy necesario en el caso de que existan varias viviendas adosadas.

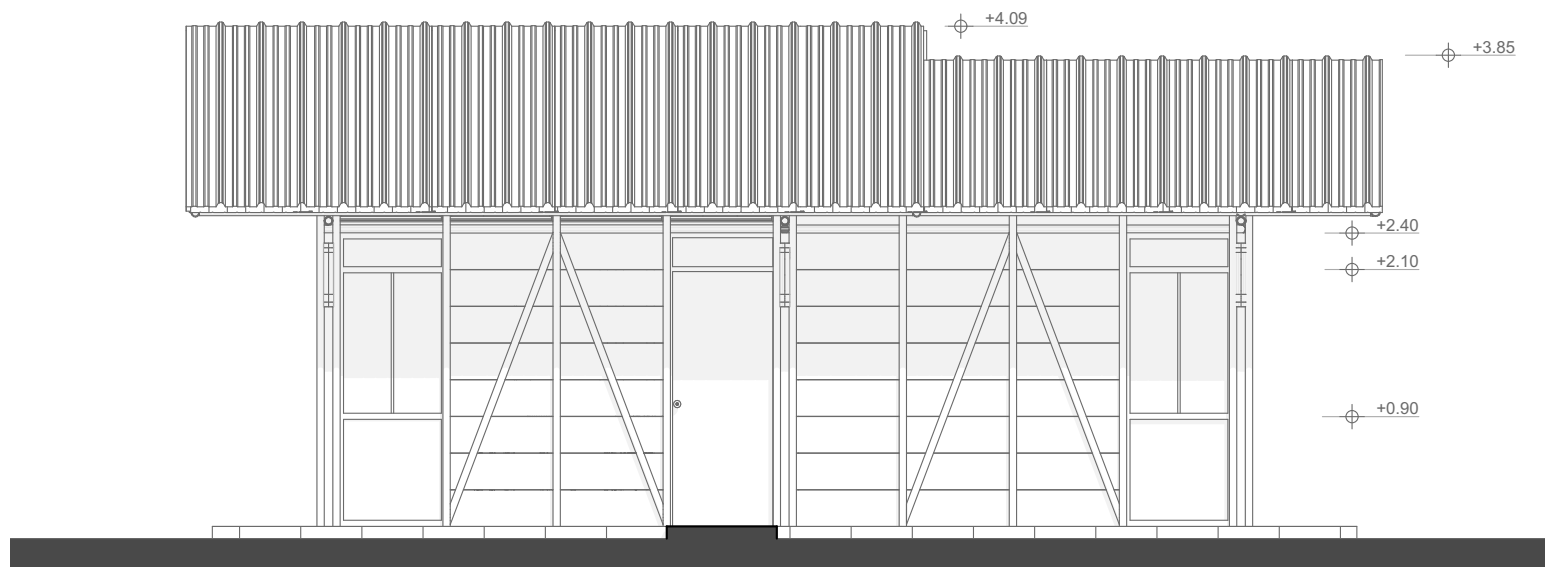




Axonometría Ampliación 2 o Etapa 3

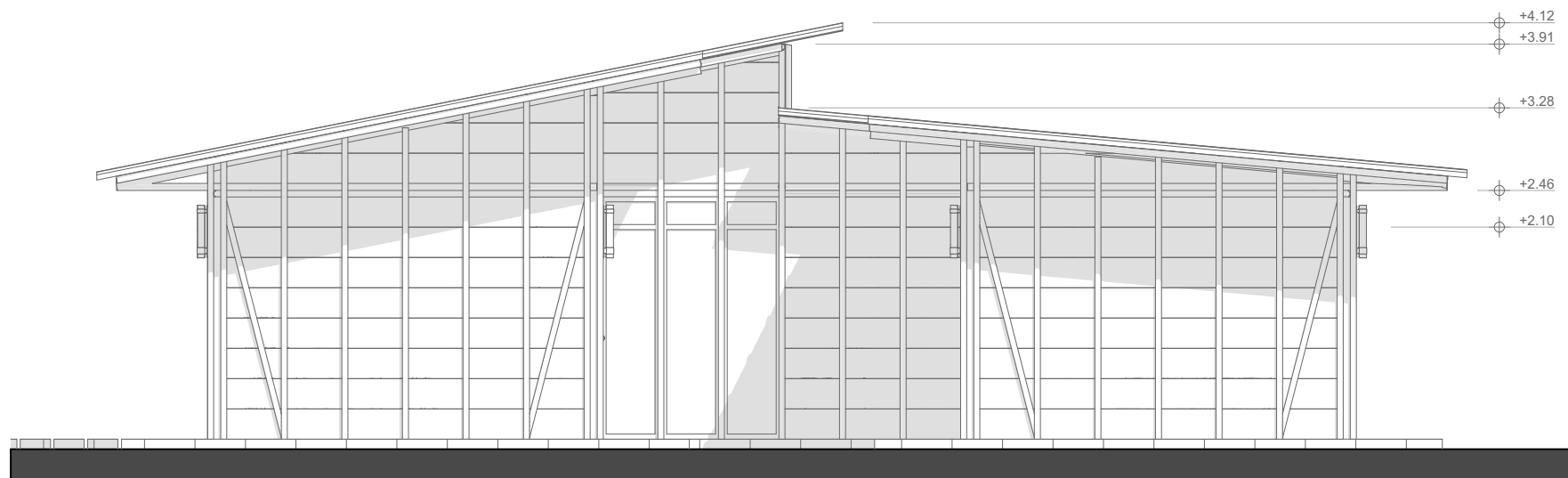


Axonometría Ampliación 2 o Etapa 3

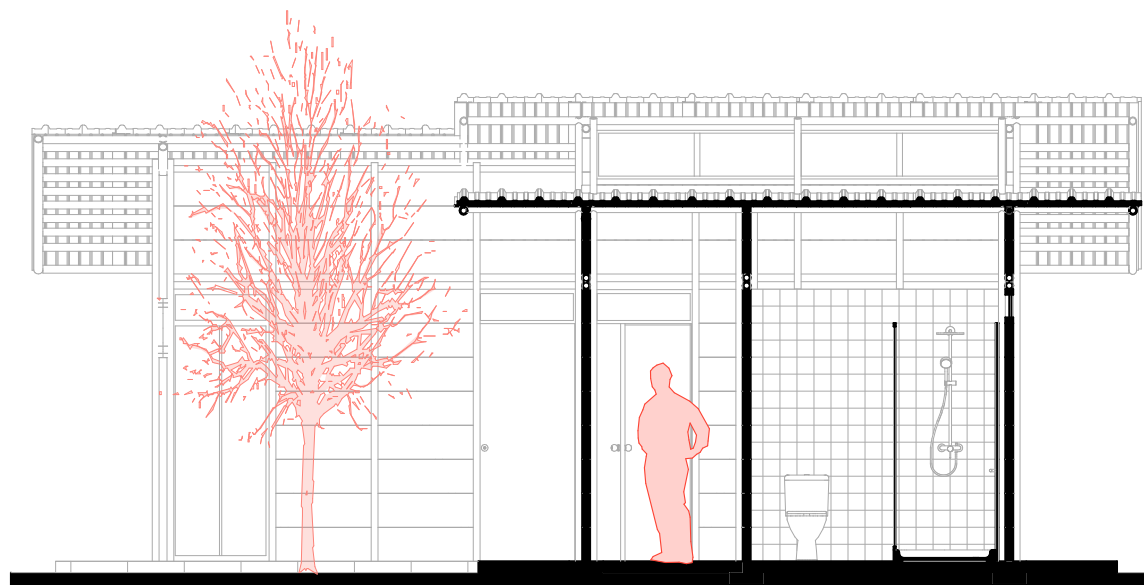


Elevación: **E_05**

Esc: 1:75

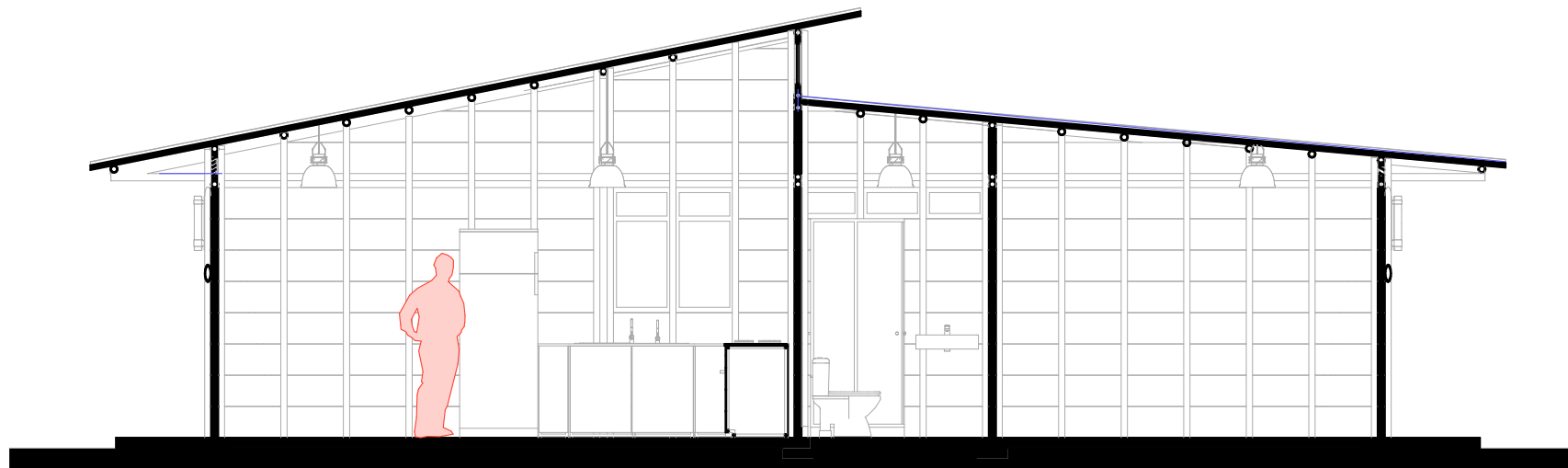
Elevación: **E_06**

Esc: 1:75

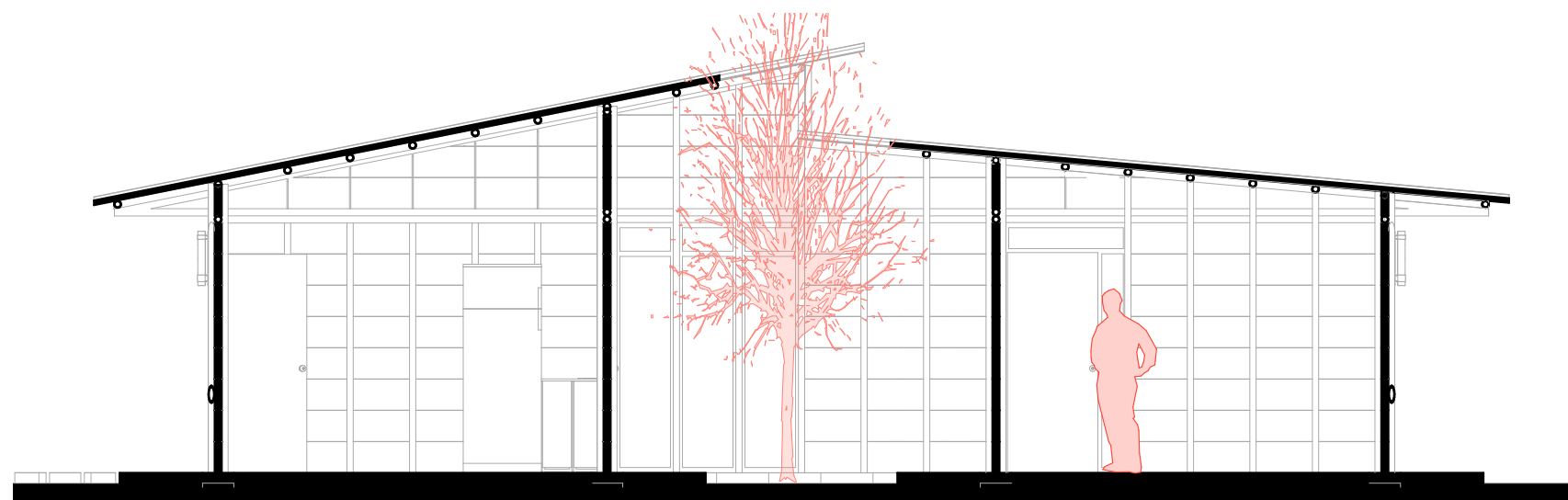


Sección transversal: **ST_01**

Esc: 1:75

Sección longitudinal: **SL_01**

Esc: 1:75

Sección longitudinal: **SL_02**

Esc: 1:75

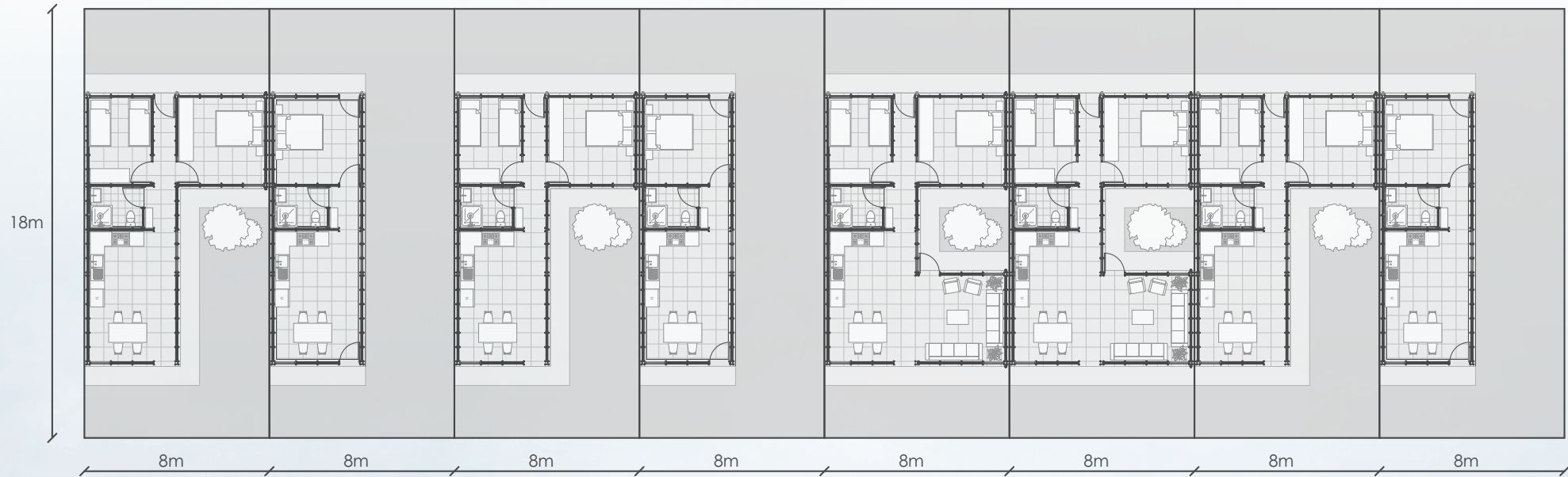




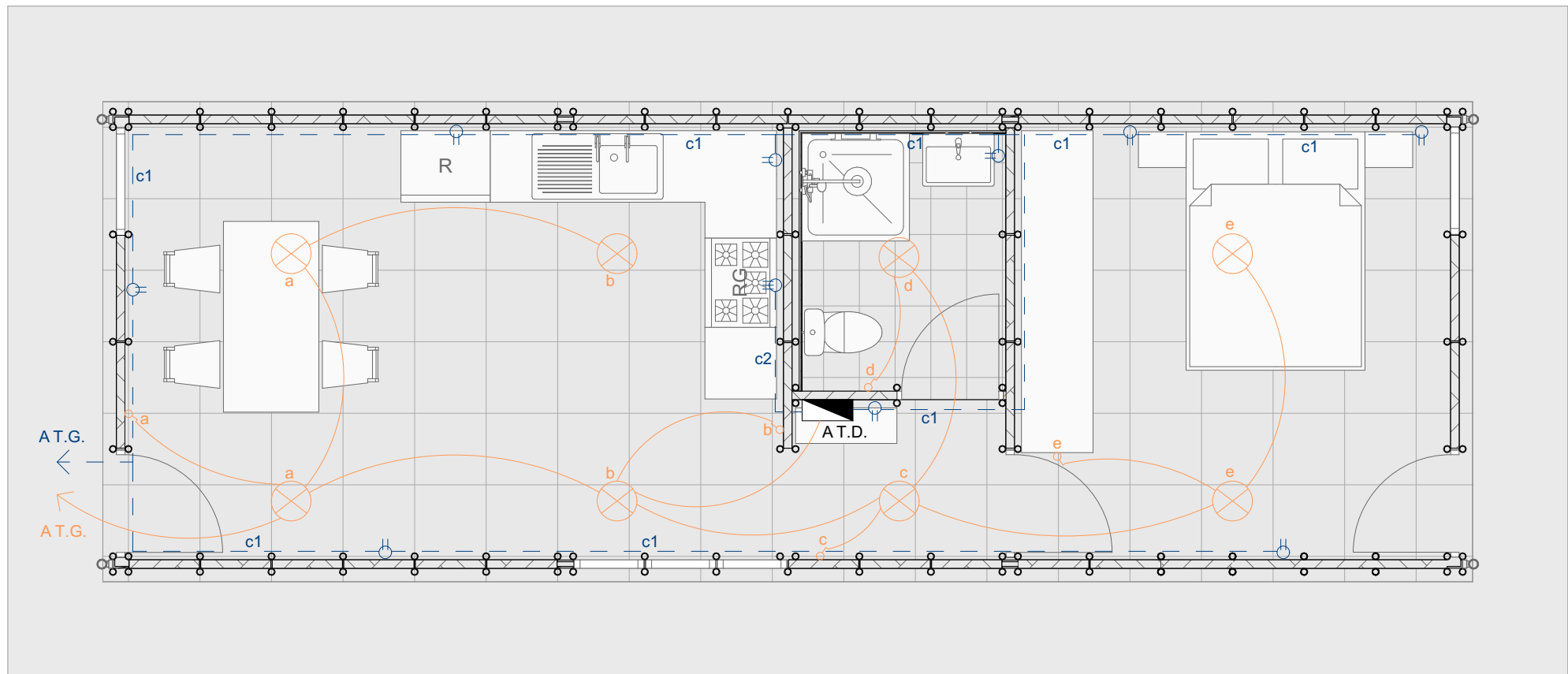




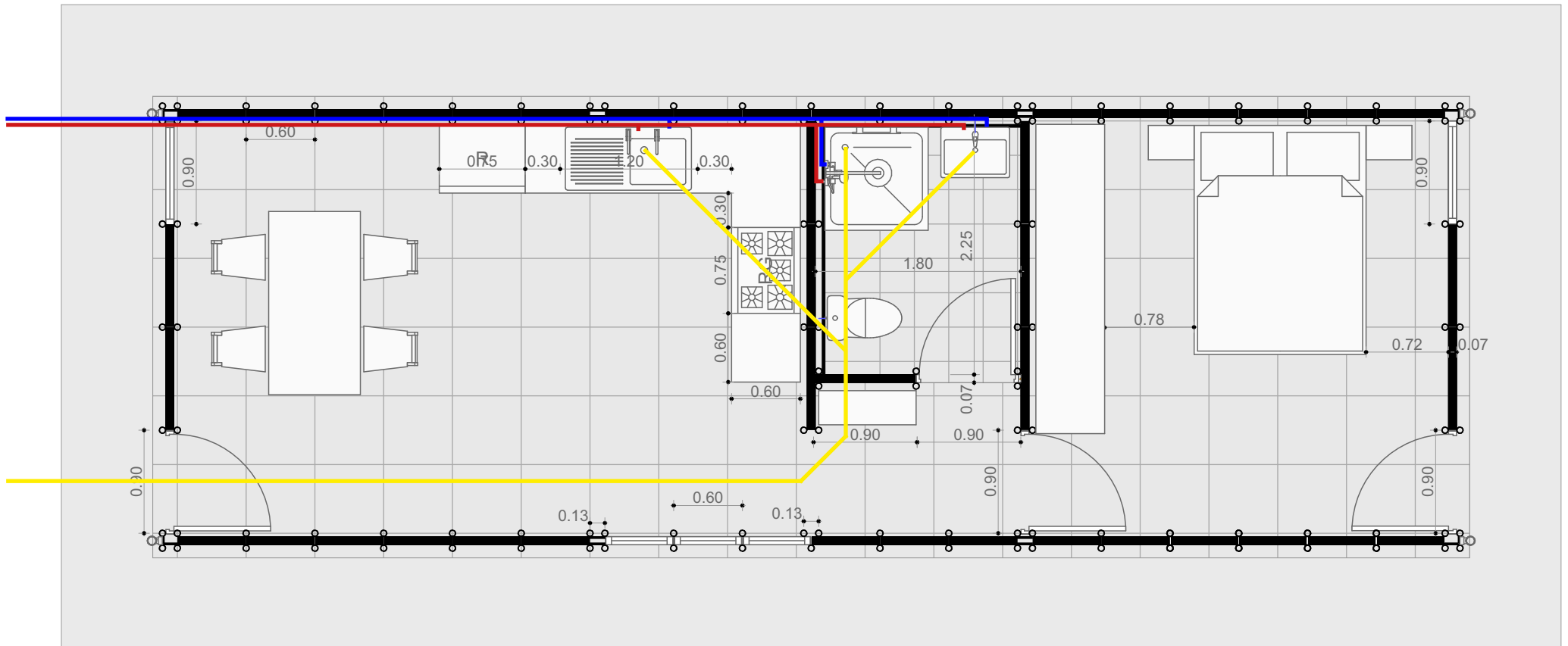
El fin de esta propuesta no es aplicarla únicamente para viviendas aisladas en terrenos de gran tamaño, también se propone generar asentamientos que se construyan en comunidad, al realizar el presupuesto de la vivienda el cual se detalla en el siguiente capítulo se concluye que el costo de la prensa, necesaria para la elaboración de los paneles de tierra comprimida, es un poco elevado en comparación del costo final de la vivienda, es por esto que se plantea la idea de desarrollar una construcción en comunidad, así, al construir 5 o 10 viviendas a la vez el costo de adquisición o elaboración de la prensa se podría dividir entre varias familias y por ende, este sería mucho más accesible, así se tiene la posibilidad de dotar de una vivienda digna a más familias.



Planta de instalaciones eléctricas.



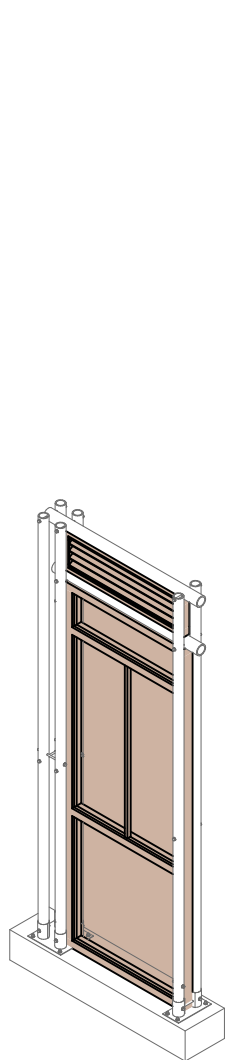
Planta de instalaciones sanitarias.



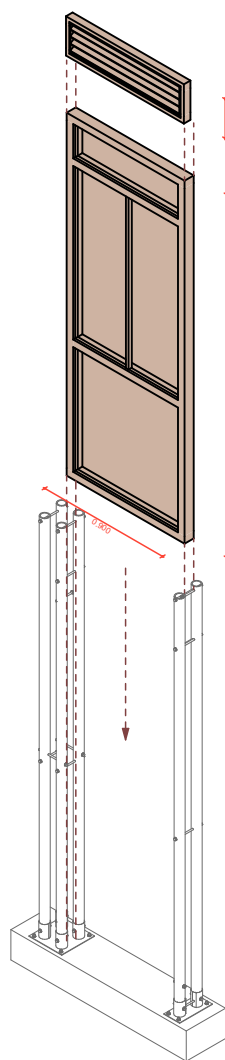
- Agua fría.
- Agua caliente.
- Aguas servidas.

Carpinterías: se planteó carpinterías de madera para puertas y ventanas moduladas a las medias de los paneles BTC utilizados, es decir de 60 cm y 90 cm. El sistema planteado permite colocar ventanas en el lugar que requiera el diseño pues al ser modular tiene la flexibilidad de acoplarse a distintos puntos de la pared siempre que encaje con el módulo.

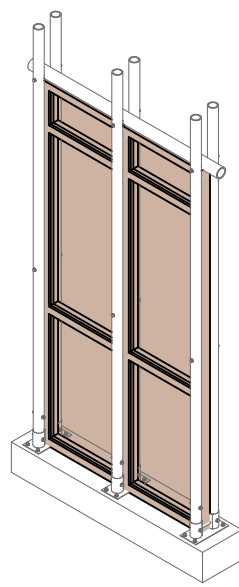
Es necesario mencionar que este modelo de vivienda puede tener modificaciones dependiendo del terreno en el que se emplace ya sea por sus dimensiones o la pendiente del suelo, la ventaja de este sistema constructivo es que puede adaptarse a las exigencias y necesidades de cada caso siempre y cuando respete la modulación ya mencionada.



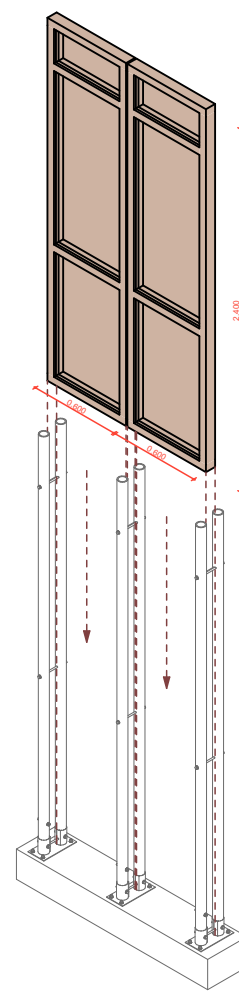
Axonometría:
Ventanas 90 cm



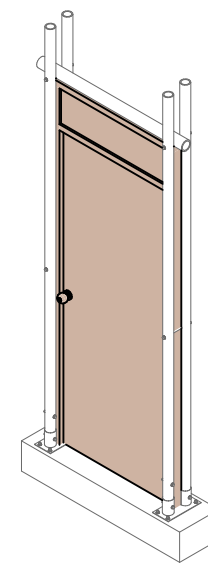
Axonometría explotada:
Ventanas 90 cm



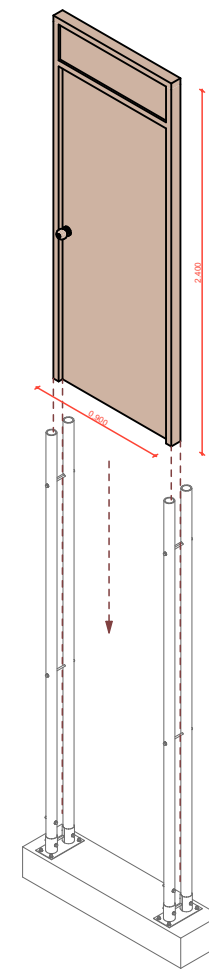
Axonometría:
Ventanas 60 cm



Axonometría explotada:
Ventanas 60 cm



Axonometría:
Puertas



Axonometría explotada:
Puertas

3.5. Conclusiones

- La propuesta busca dar solución a la vivienda de interés social incorporando materiales tradicionales, renovables que a su vez son de bajo consumo energético y por ende de bajo costo.
- El sistema mediante una propuesta arquitectónica que genera espacios regulares y uniformes posibilita la autoconstrucción ya que se convierte en un método que se repite en base a un módulo simple, lo que genera ahorro adicional en mano de obra.
- La modulación es muy importante en todo diseño y más aún si es de aspecto social, lo que nos ayuda a relacionar la escala de cada espacio y optimizar el uso de material con el fin de evitar desperdicios.
- Las zonas o espacios de servicio son muy importantes en una vivienda mínima y se tiene que planificar en torno a ellas para de esta manera generar circulaciones directas y reducir recorridos que compensen con mayor área útil en cada una de las zonas de la vivienda.
- En este tipo de viviendas que permiten el crecimiento de la misma según las necesidades y posibilidades de los usuarios es indispensable prever el ingreso de luz solar conforme crece la vivienda por lo que se plantea un patio central.

CAPITULO 4

Sistema Constructivo

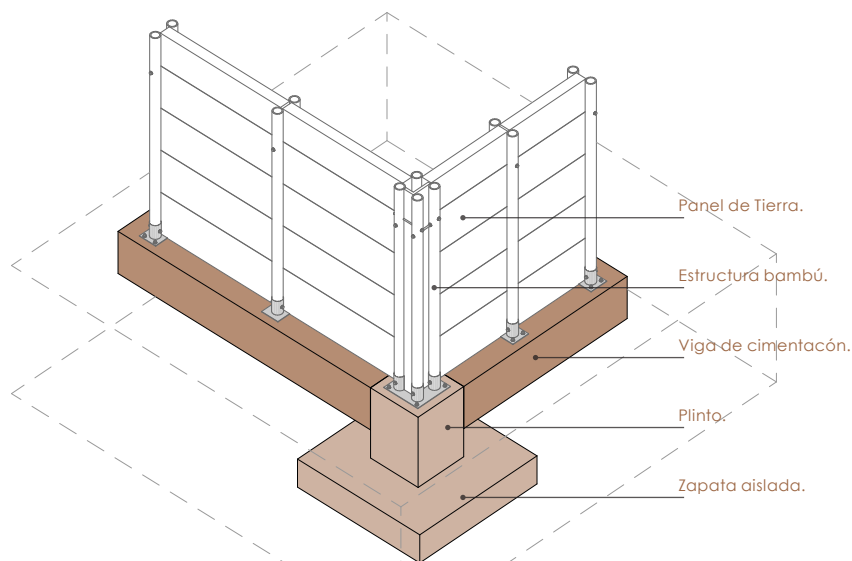
Capítulo 4: Sistema Constructivo

4.1. Introducción

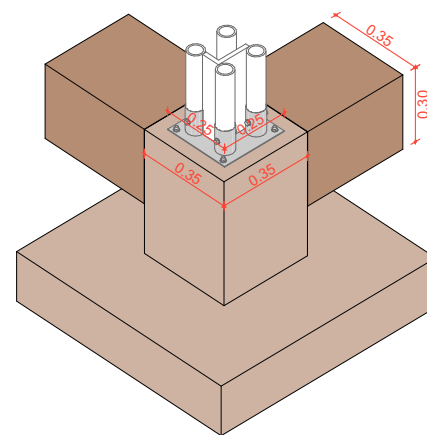
Después de estudiar el comportamiento del bambú y la tierra como materiales de construcción se plantea el sistema constructivo para viviendas utilizando como estructura principal elementos de bambú y paneles prefabricados de tierra comprimida como elementos de cierre y divisiones entre espacios.

Se utiliza como referencia el sistema constructivo sandino que se describió en el capítulo 2, se plantean columnas principales y secundarias que funcionan como rieles para colocar el panel prefabricado de tierra comprimida, las columnas principales se conforman de 4 bambus unidos por medio de pernos, esta estructura tiene una separación entre ejes de 3.72 m y las columnas secundarias, las cuales se conforman de 2 bambus separadas 90 cm y 60 cm según el sentido de la modulación. Todos los elementos estructurales como columnas vigas y estructura de cubierta se conforman a partir de elementos de bambú con un diámetro de 7 cm y se conectan a través de pernos y abrazaderas metálicas lo que permite un rápido ensamblaje y desensamblaje del sistema para posteriores cambios que se puedan dar.

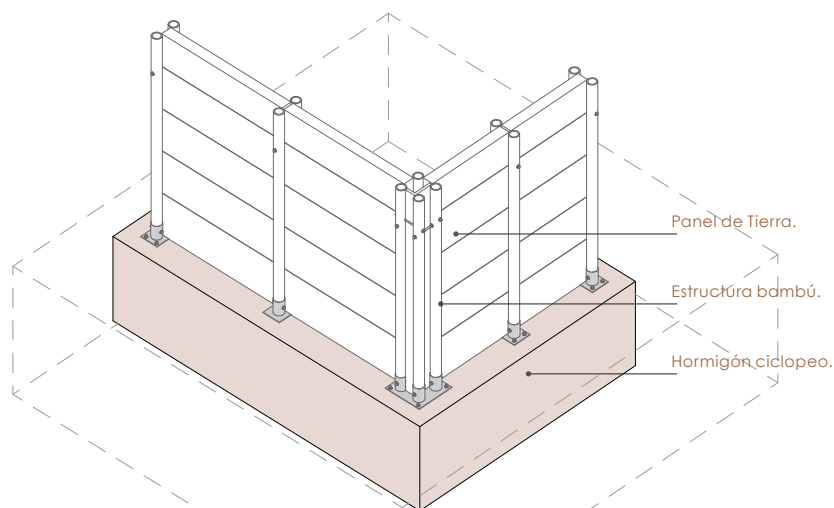
El sistema de muros conformado por paneles de tierra comprimida se fundamentan en el principio del sistema sandino, siendo las columnas los rieles en las que se coloca el panel y posteriormente estas se cierran generando presión, esto asegura el panel a la estructura. Adicionalmente a esto, en este capítulo se analiza el comportamiento sísmico del sistema constructivo propuesto con el uso de Herramientas como Excel y Etabs y su viabilidad económica mediante el desarrollo de un presupuesto.



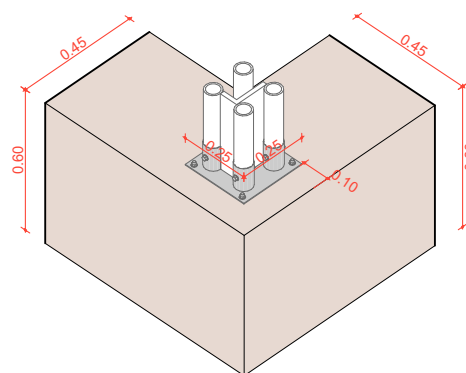
Cimentación con zapata aislada y viga.



Anclaje Placa-Cimiento. .



Cimentación con hormigón ciclópeo.



Anclaje Placa-Cimiento.

4.2. Trabajos preliminares

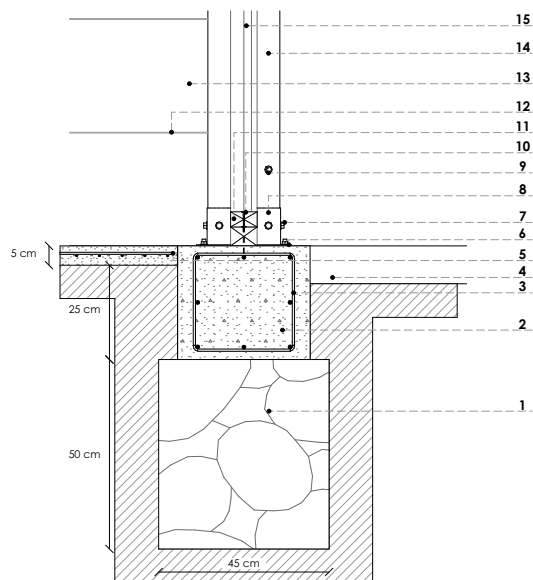
Este tema depende netamente del lugar donde se plantea construir la vivienda ya que estos trabajos consisten en limpieza, desbroce, excavaciones rellenos, drenajes, demoliciones, acarreo de materiales, etc. Todo esto cambiará según el lugar y tipo de terreno donde se emplace la vivienda.

4.3. Cimentación

Se plantea inicialmente una cimentación de zapatas aisladas que recibirán la carga de la estructura principal (columnas de 4 bambúes) y cadenas sobre hormigón ciclópeo, estos elementos reciben la carga de los paneles de tierra y las columnas secundarias (rieles), siempre y cuando las condiciones del terreno sean muy desfavorables y requieran este tipo de cimentación. Las dimensiones de los elementos dependen del tipo de suelo donde se implanta la edificación y también de la dimensión de los elementos que se asientan sobre este, por ejemplo, las columnas principales de bambú tienen una dimensión total de 21 cm esta se ancla a una placa metálica la cual tiene una dimensión de 25 x 25 cm, por lo que el plinto que soporta esta carga tendrá una medida de 35 x 35 cm. Las columnas secundarias, conformadas por 2 bambúes se anclan a una placa de 12.5 cm x 25 cm, es por esto que la viga que soporta la carga de los muros debe tener una dimensión de 35 cm para poder anclar la placa y un el peralte de 25 cm.

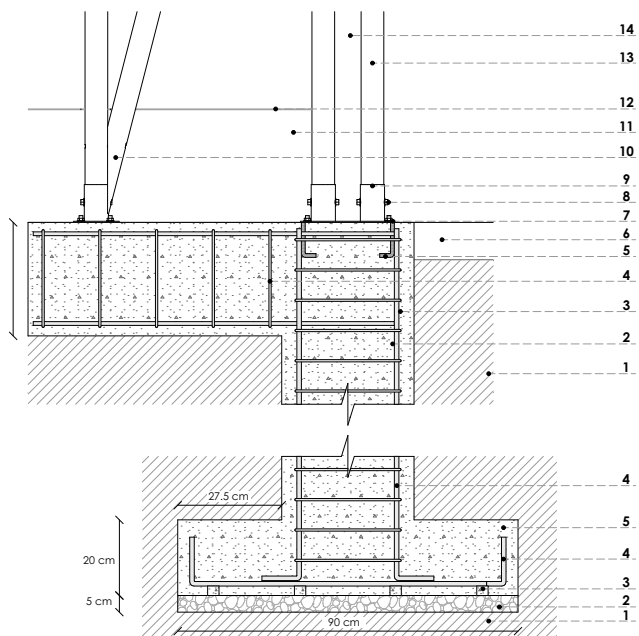
No obstante, las dimensiones de los elementos son demasiado grandes si consideramos la carga que estos van a soportar (paneles de tierra, columnas, y cubierta) y también el costo que estos elementos tendrían no es favorable si la intención es desarrollar una vivienda de bajos costos. Es por ello que se plantea otra alternativa de cimentación, más simple y económica, basada en las viviendas tradicionales de adobe, elaborada de hormigón ciclópeo con dimensiones de 45 cm de ancho por 60 cm de altura, esta cimentación podría quedar vista como sobrecimiento en el caso de ser necesario.

Es importante recalcar que todas las dimensiones de los elementos se deberían definir con un estudio estructural y un estudio de suelos. Dependiendo del lugar y tipo de suelo donde se implantaría la vivienda.



Detalle viga de cimentación y unión con placa.

Esc: 1:20



Detalle viga de zapata y unión con placa.

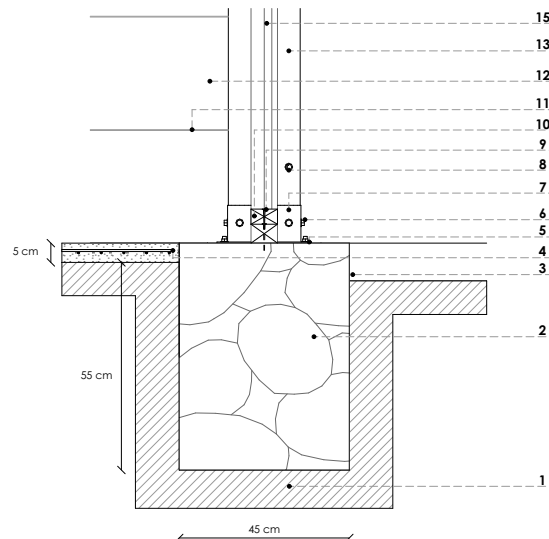
Esc: 1:20

Descripción

1. Hormigón ciclopeo (60% H°, 40% piedra)
2. Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
3. Estribo $\varnothing = 10 \text{ mm}$
4. Vereda de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
5. Malla electro soldada R-84
6. Placa metálica $e = 4 \text{ mm}$
7. Perno de anclaje $3/8'' \times 3 \text{ 1/2''}$
8. Tubo metálico $\varnothing 7 \text{ cm}$, $e = 3 \text{ mm}$
9. Varilla lisa con puntas roscadas de 24 cm
10. Tornillo de madera $8 \times 2 \text{ 1/2''}$
11. Marco de madera de ventana
12. Mortero de tierra
13. Panel BTC de $0.60 \times 0.30 \times 0.07 \text{ m}$
14. Bambú $\varnothing = 7 \text{ cm}$
15. Vidrio claro $e = 6 \text{ mm}$

Descripción

1. Mejoramiento compactado
 2. Plinto de zapata aislada
 3. Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 4. Viga de cimentación corrida
 5. Anclaje con varilla roscada \varnothing de 14 mm
 6. Vereda de hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 7. Sujeción con arandela plana, arandela de presión y tuerca de 14 mm .
 8. Perno de anclaje $3/8'' \times 3 \text{ 1/2''}$
 9. Tubo metálico $\varnothing 7 \text{ cm}$, $e = 3 \text{ mm}$
 10. Diagonal de bambú $\varnothing = 7 \text{ cm}$
 11. Panel BTC de $0.60 \times 0.30 \times 0.07 \text{ m}$
 12. Mortero de tierra
 13. Bambú $\varnothing = 7 \text{ cm}$
 14. Tabla de $7 \times 2 \text{ cm}$
1. Mejoramiento compactado
 2. Replanteo de 15 cm hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 3. Dado de hormigón
 4. Parrilla de acero $\varnothing = 12 \text{ mm}$
 5. Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 6. Acero de refuerzo

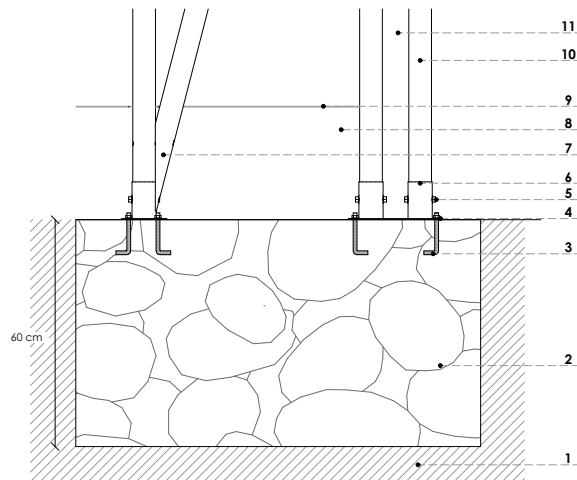


Detalle de cimentación H°C° y unión con placa.

Esc: 1:20

Descripción

1. Mejoramiento compactado
2. Hormigón ciclópeo (60% H°, 40% piedra)
3. Vereda de Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
4. Malla electro soldada R-84
5. Placa metálica $e = 4 \text{ mm}$
6. Perno de anclaje $3/8'' \times 3 \frac{1}{2}''$
7. Tubo metálico $\varnothing 7 \text{ cm}$, $e = 3 \text{ mm}$
8. Varilla lisa con puntas rascadas de 24 cm
9. Tornillo de madera $8 \times 2 \frac{1}{2}''$
10. Marco de madera de ventana
11. Mortero de tierra
12. Panel BTC de $0.60 \times 0.30 \times 0.07 \text{ m}$
13. Bambú $\varnothing = 7 \text{ cm}$
14. Vidrio claro $e = 6 \text{ mm}$



Detalle de cimentación H°C° y unión con placa.

Esc: 1:20

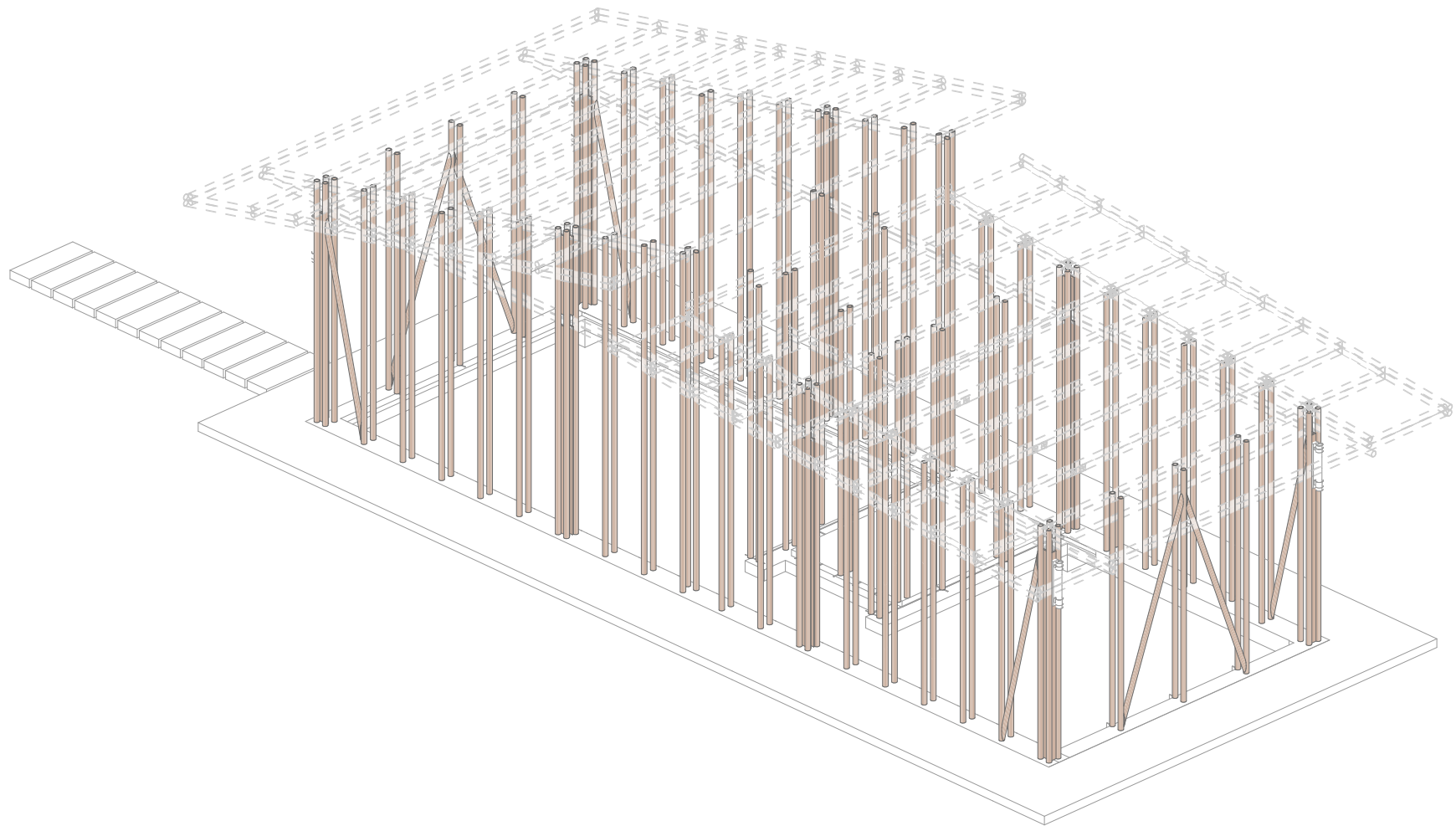
Descripción

1. Mejoramiento compactado
2. Hormigón ciclópeo (60% H°, 40% piedra)
3. Anclaje con varilla roscada \varnothing de 14 mm
4. Sujeción con arandela plana, arandela de presión.
5. Perno de anclaje $3/8'' \times 3 \frac{1}{2}''$
6. Tubo metálico $\varnothing 7 \text{ cm}$, $e = 3 \text{ mm}$
7. Diagonal de bambú $\varnothing = 7 \text{ cm}$
8. Panel BTC de $0.60 \times 0.30 \times 0.07 \text{ m}$
9. Mortero de tierra
10. Bambú $\varnothing = 7 \text{ cm}$
11. Tabla de $7 \times 2 \text{ cm}$

4.4. Elementos verticales de bambú

Los elementos verticales están conformados por las columnas principales (4 bambus), columnas secundarias (2 bambus) los cuales trabajan como rieles para los paneles de tierra, también se considera como elementos verticales a las diagonales de arriostamiento colocadas en puntos clave (extremos) de la edificación que permiten aumentar la rigidez del conjunto para un comportamiento adecuado ante sismos.

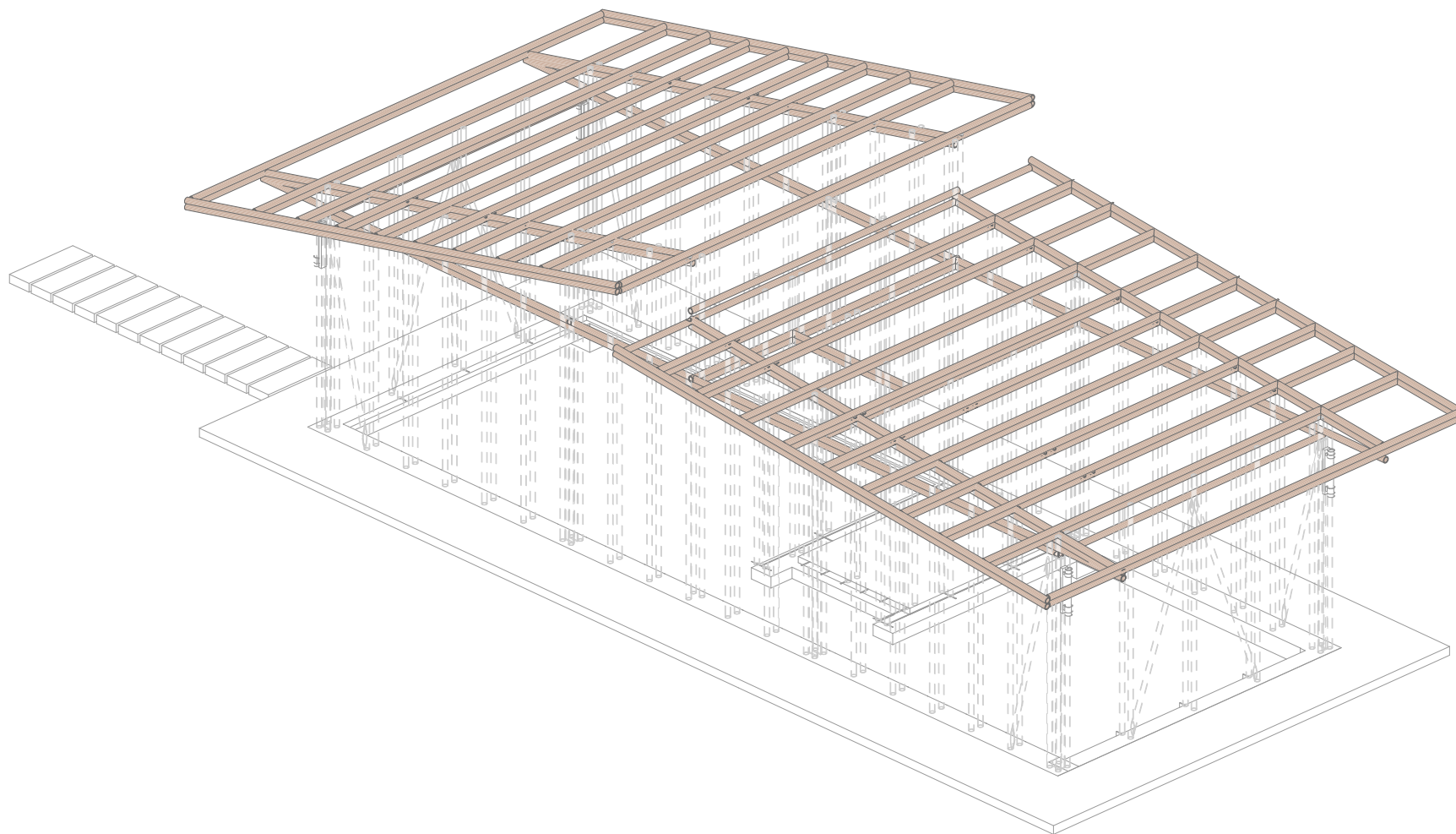
Todos estos elementos se conforman a partir de la unión de 2 o 4 bambús de 7 cm de diámetro aproximadamente con el fin de mejorar la sección del elemento y este resista adecuadamente ante esfuerzos, especialmente sísmicos.



Axonometría elementos verticales de bambú

4.5. Elementos horizontales de bambú

Los elementos horizontales en este sistema son las vigas, colocadas a una altura de 2.4 m (medida múltiplo de 30 cm utilizado en el desarrollo de toda la edificación), los elementos horizontales se conforman de 2 bambus con un diámetro de 7 cm para mejorar su comportamiento sísmico al aumentar su sección teniendo un peralte de 14 cm. Estos se conectan con todos los elementos verticales y se conforma una estructura aporticada. La luz entre apoyos para la cubierta es de 3.6m, considerando que la Norma NEC propone una luz máxima de 3m, es por ello que se realizó el análisis estructural para comprobar los tamaños de secciones de elementos de bambú a utilizar para cumplir con los requerimientos de resistencia ante cargas sísmicas.

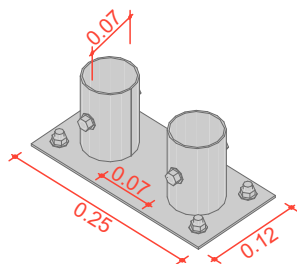


Axonometría elementos horizontales de bambú

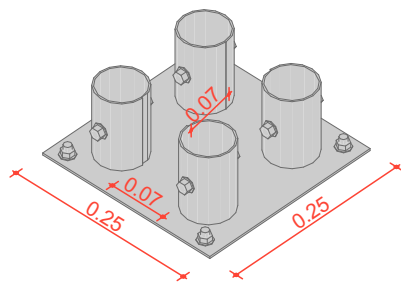
4.6. Sistemas de unión en bambú

Tanto los elementos verticales, horizontales y el sistema de cubiertas se unen a partir de pernos, se opta por este tipo de unión ya que permite un rápido ensamblaje o desensamblaje en caso de modificaciones o ampliaciones de la estructura, permite rapidez en la construcción y reduce el tiempo de mano de obra.

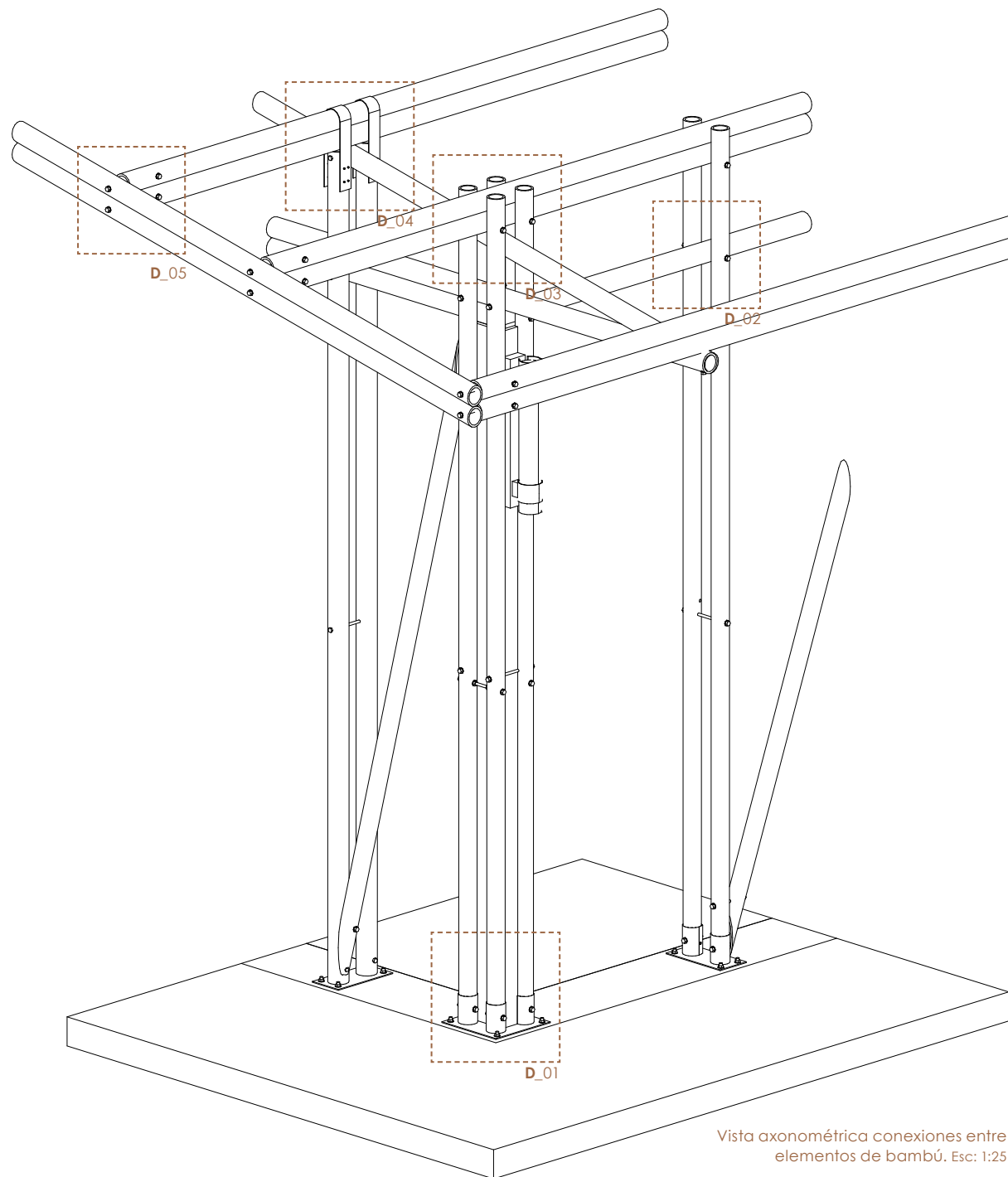
La unión entre elementos verticales y la cimentación se da a través de anclajes metálicos conformados por vasos y placas metálicas como de muestra a continuación.



Anclaje metálico en columnas secundarias.
Esc: 1:10



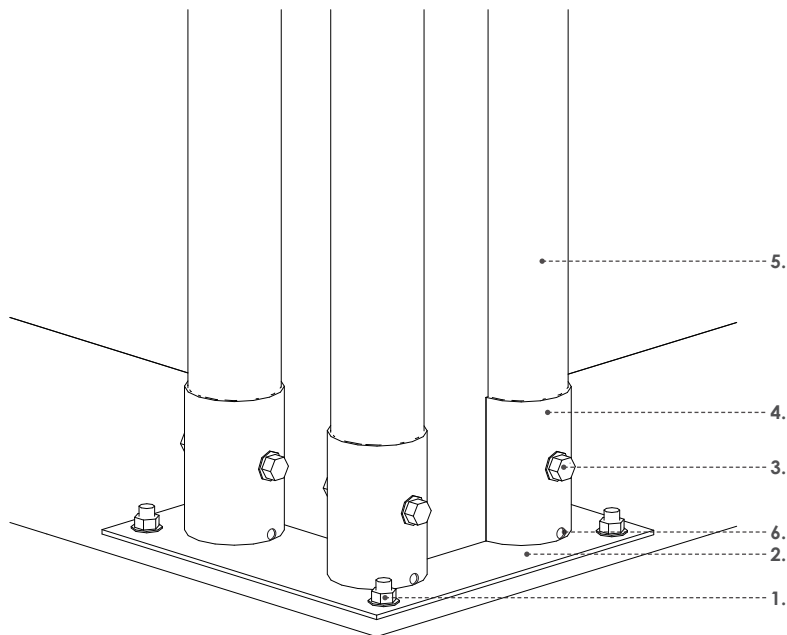
Anclaje metálico en columnas principales.
Esc: 1:10



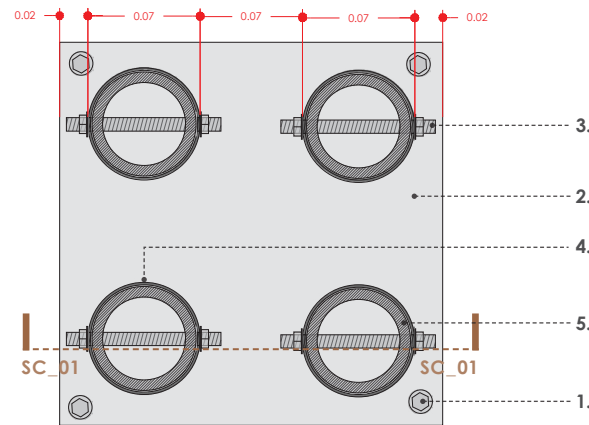
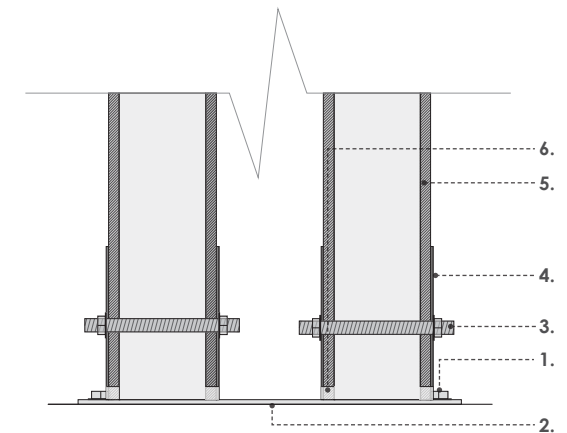
Vista axonométrica conexiones entre
elementos de bambú. Esc: 1:25

Detalle constructivo D_01**Descripción**

1. Perno de anclaje 3/8" x 3 1/2"
2. Placa metálica 4 mm
3. Varilla roscada 3/8"
4. Tubo metálico \varnothing 7 cm, e = 3 mm
5. Perno de anclaje 3/8" x 3 1/2"
6. Perforación 1/8".



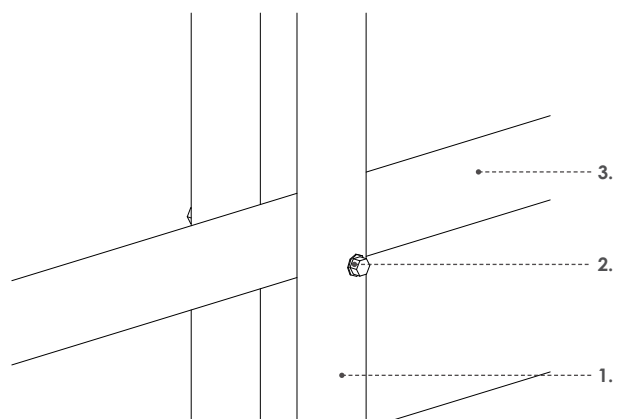
Unión Columnas – Placa metálica

Planta: Unión Columnas – Placa metálica
Esc: 1:5Sección constructiva **SC_01**:
Unión Columnas – Placa metálica
Esc: 1:5

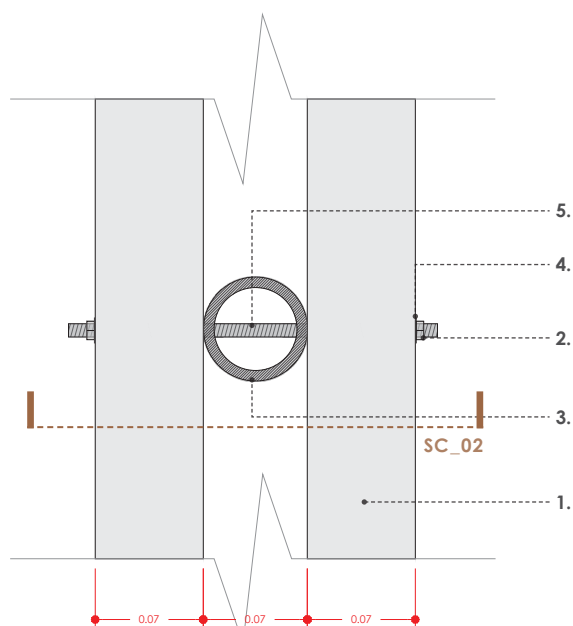
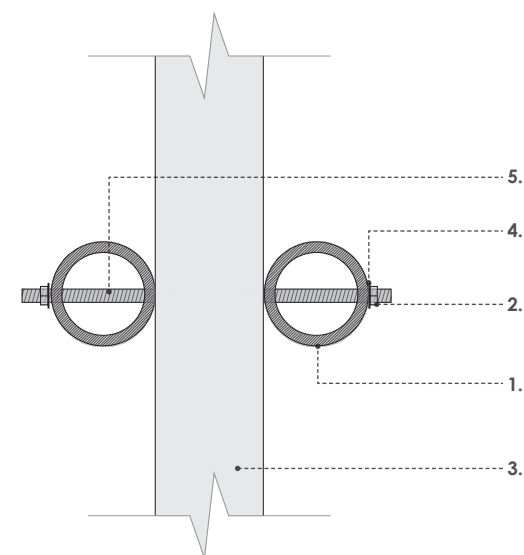
Detalle constructivo D_02

Descripción

1. Columna de bambú Ø 7 cm
2. Tuerca 3/8"
3. Viga de bambú Ø 7 cm
4. Arandela 3/8"
5. Varilla roscada 3/8"



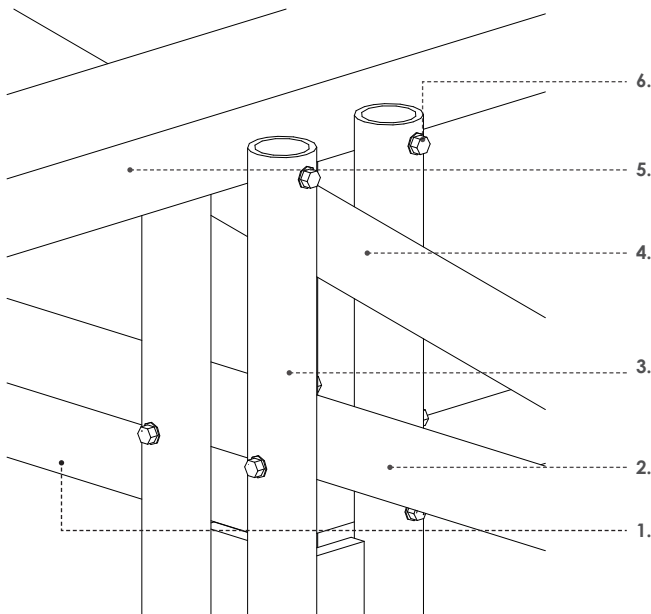
Unión Columna - Viga

Planta: Unión Columna - Viga
Esc: 1:5Sección constructiva **SC_02**:
Unión Columna - Viga
Esc: 1:5

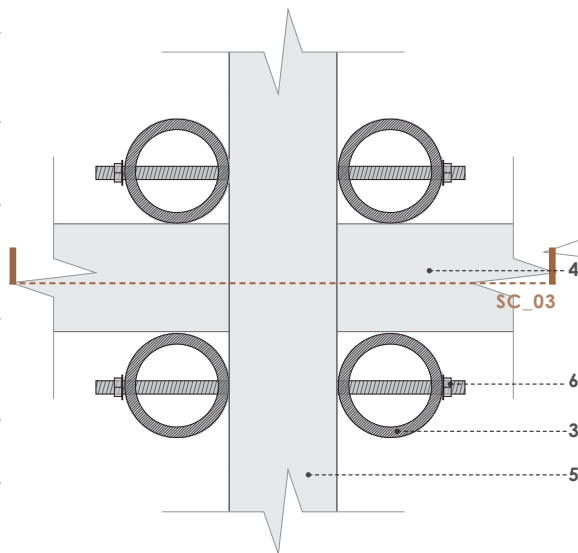
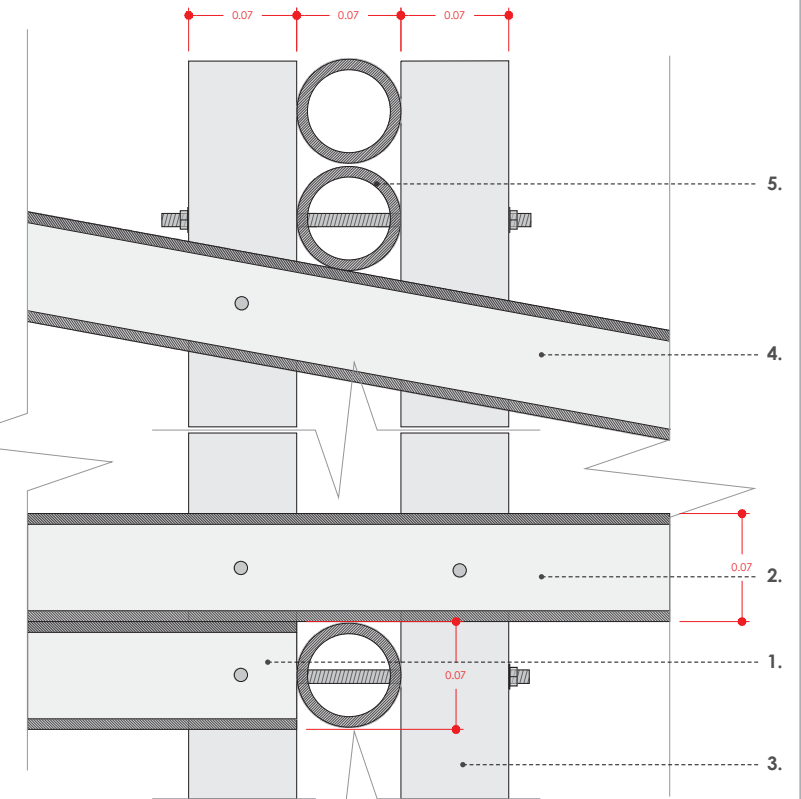
Detalle constructivo D_03

Descripción

1. Viga de cierre bambú Ø 7 cm
2. Viga de alero bambú Ø 7 cm
3. Columna principal 4 bambús Ø 7 cm
4. Viga de cubierta bambú Ø 7 cm
5. Correa de cubierta 2 bambús Ø 7 cm
8. Anclaje varilla roscada, tuerca y arandela 3/8"



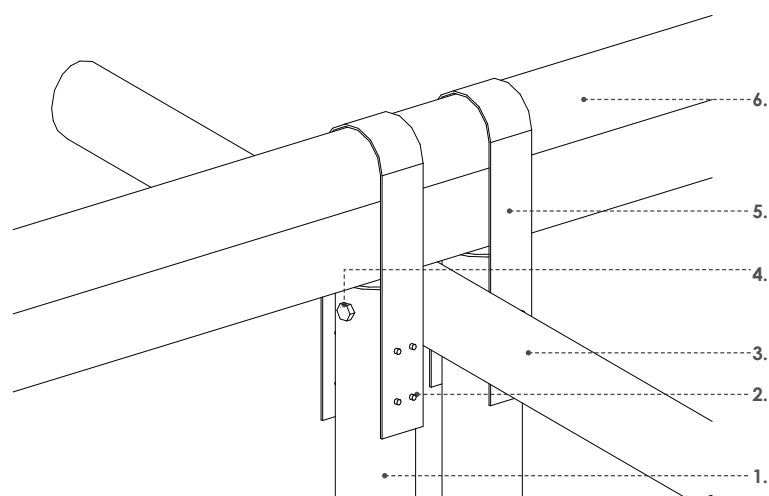
Unión Vigas – Correa – Columna

Planta: Unión Vigas – Correa – Columna
Esc: 1:5Sección constructiva SC_03:
Unión Vigas – Correa – Columna
Esc: 1:5

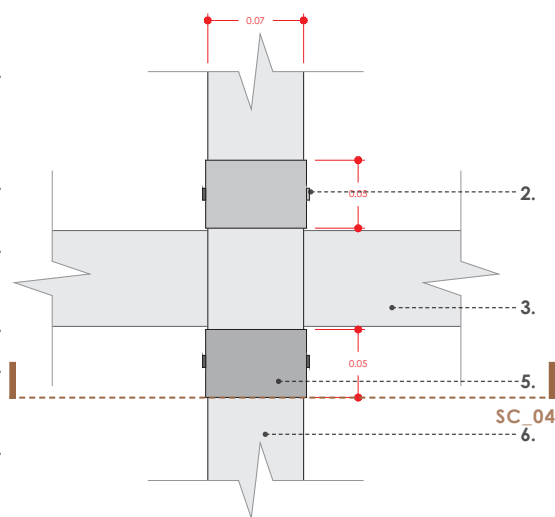
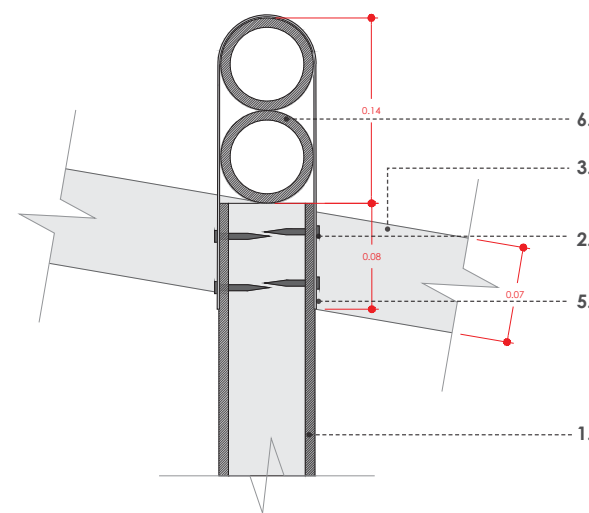
Detalle constructivo D_04

Descripción

1. Columna secundaria 2 bambús Ø 7 cm
2. Clavo o tornillo de madera 1"
3. Viga de cubierta bambú Ø 7 cm
4. Anclaje varilla roscada, tuerca y arandela 3/8"
5. Abrazadera metálica pletina e= 1 mm (Cincho)
6. Correa de cubierta 2 bambús Ø 7 cm



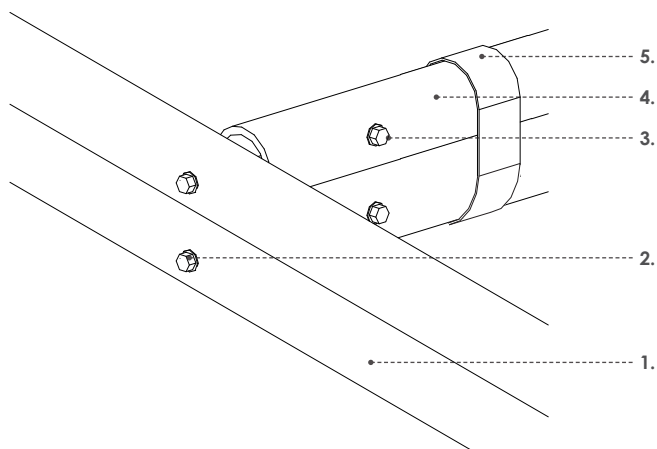
Unión Viga de cubierta – Correa

Planta: Unión Viga de cubierta – Correa – Columna
Esc: 1:5Sección constructiva SC_04:
Unión Viga de cubierta – Correa – Columna
Esc: 1:5

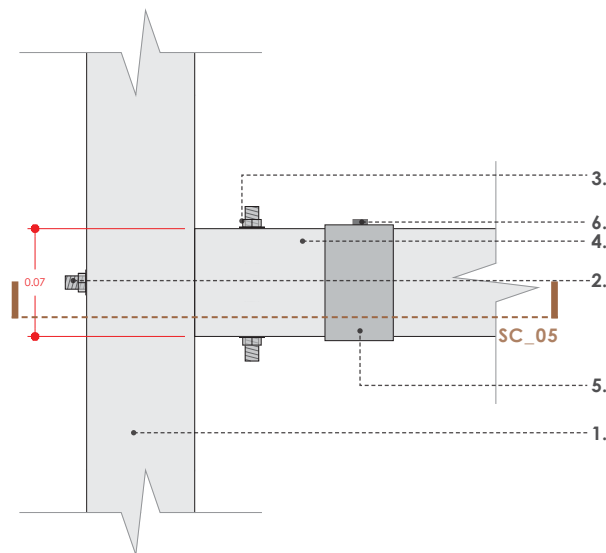
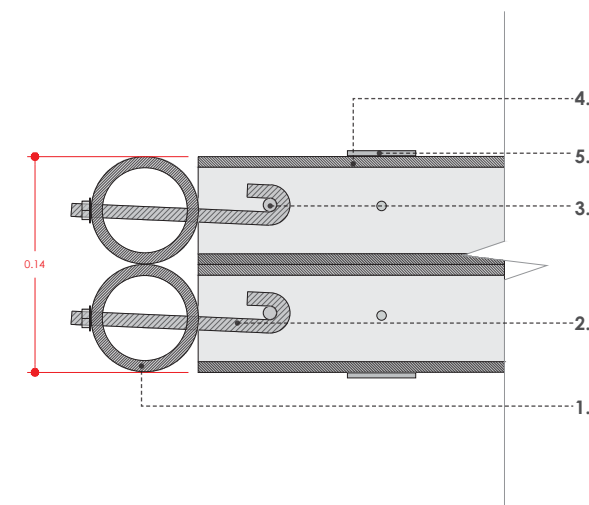
Detalle constructivo D_05

Descripción

1. Viga de borde cubierta bambú Ø 7 cm
2. Perno J
3. Anclaje varilla roscada, tuerca y arandela 3/8"
4. Correa de cubierta 2 bambús Ø 7 cm
5. Abrazadera metálica pletina e= 1 mm (Cincho)
6. Clavo o tornillo de madera 1"



Unión Correa – Viga de borde

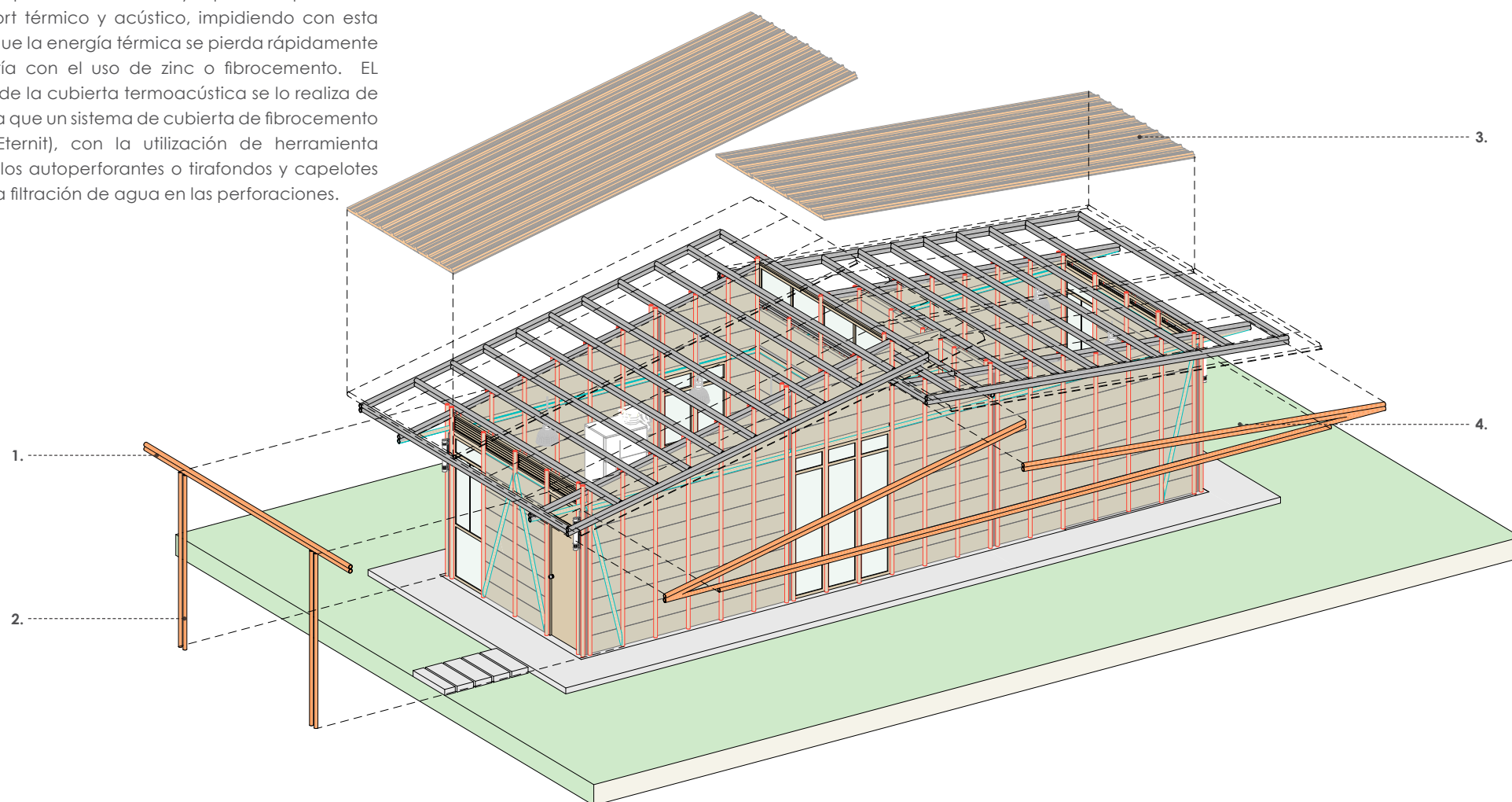
Planta: Unión Correa – Viga de borde cubierta
Esc: 1:5Sección constructiva **SC_05**:
Unión Correa – Viga de borde cubierta
Esc: 1:5

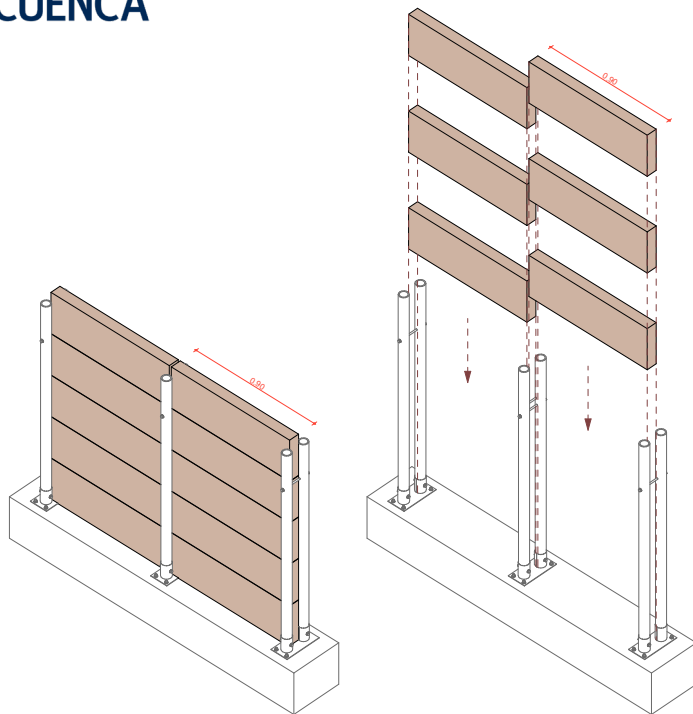
4.7. Sistema de cubierta

Todos los elementos estructurales en la cubierta están conformados de igual manera por bambús de 7 cm: la viga de cierre conecta todos los elementos verticales en sus extremos superiores, las correas se colocan sobre todas las columnas aportando estos elementos entre sí, sobre las correas se instalan paneles de cubierta termoacústicos tipo sándwich espesor de 3cm, tienen un peso aproximado de 10kg/m². Dependiendo del fabricante se recomienda que la distancia entre apoyos no supere los 1.2 m a 1.5 m, en el diseño planteado para respetar la modulación del sistema constructivo los apoyos están a una distancia de 0.6 m, se opta por esta alternativa ya que es la que brinda mayor confort térmico y acústico, impidiendo con esta alternativa que la energía térmica se pierda rápidamente como pasaría con el uso de zinc o fibrocemento. El ensamble de la cubierta termoacústica se lo realiza de igual manera que un sistema de cubierta de fibrocemento ondulado (Eternit), con la utilización de herramienta menor, tornillos autoperforantes o tirafondos y capelotes para evitar la filtración de agua en las perforaciones.

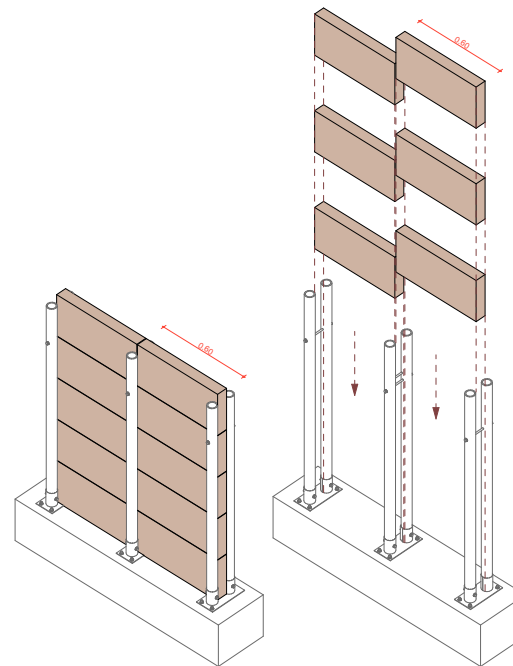
Descripción

1. Correa de cubierta 2 bambús Ø 7 cm
2. Columna secundaria 2 bambús Ø 7 cm
3. Plancha termoacústica de cubierta tipo sándwich espesor de 3cm
4. Viga de cierre 2 bambús Ø 7 cm





Sistema de ensamblaje con Paneles de 90 cm



Sistema de ensamblaje con Paneles de 60

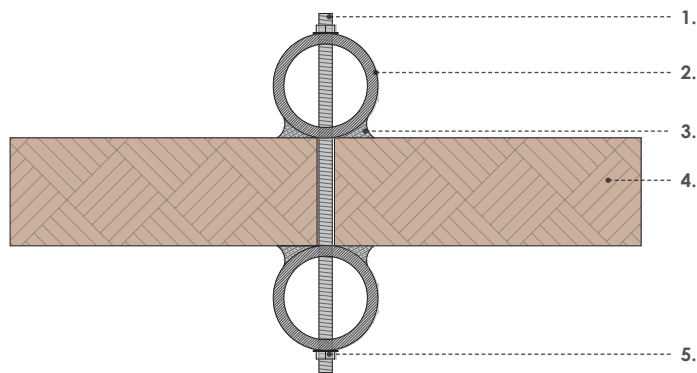
4.8. Sistema de paneles de BTC mejorado

El sistema de paneles se basa en los Bloques de Tierra Comprimida convencionales, a diferencia de los BTC convencionales los paneles empleados en el diseño tiene dimensiones mayores pero un menor espesor con la finalidad de permitir rapidez en la construcción de la vivienda, estas dimensiones se adaptan al módulo base planteado inicialmente para el diseño de la vivienda. Para la propuesta de vivienda se emplean dos tipos de paneles: 90 cm x 30 cm x 7 cm y 60 cm x 30 cm x 7 cm.

Para la elaboración de estos paneles se utiliza una prensa con la cual se aplica una presión de 50 Tn mediante una gata hidráulica, este proceso permite mejorar la resistencia.

La prefabricación de los paneles trae muchas ventajas en la construcción de la vivienda, permite rapidez en la construcción, mejor organización y limpieza.

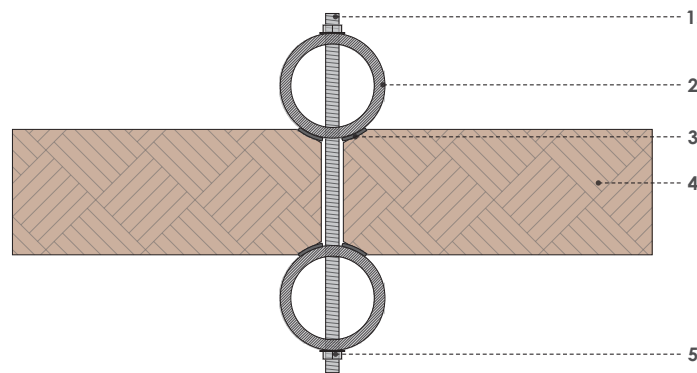
Toda la información referente al diseño y construcción de la prensa y de los paneles se toma de la tesis titulada "PANELES DE TIERRA COMPRIMIDOS" (Narvaez,Parra)



Detalle en planta opción 1: Unión Panel-Bambú

Descripción

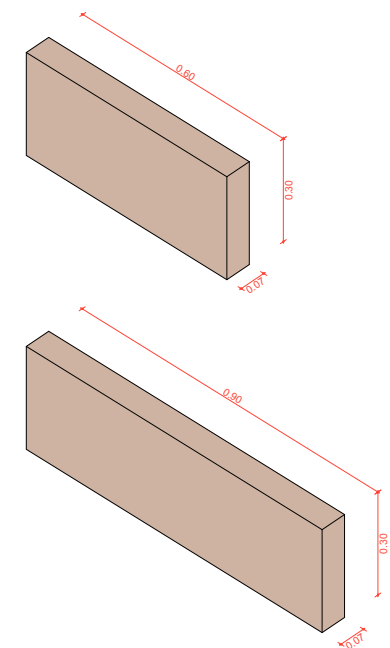
1. Varilla roscada 3/8"
2. Columna secundaria 2 bambús Ø 7 cm
3. Mortero de tierra con emulsión asfáltica.
4. Panel BTC esquinas rectas
5. Tuerca 3/8"



Detalle en planta opción 2: Unión Panel-Bambú

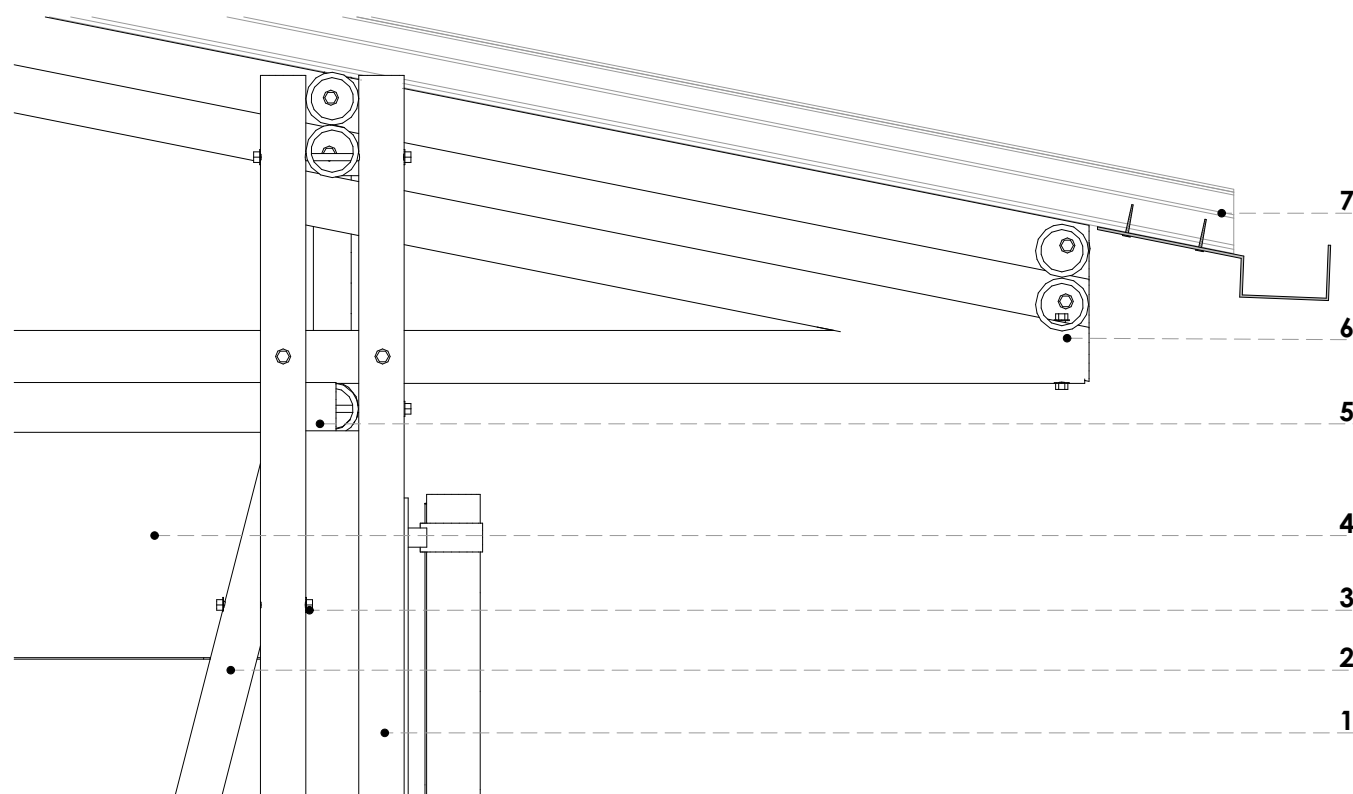
Descripción

1. Varilla roscada 3/8"
2. Columna secundaria 2 bambús Ø 7 cm
3. Junta con caucho o neopreno
4. Panel BTC esquinas biseladas a 30°
5. Tuerca 3/8"



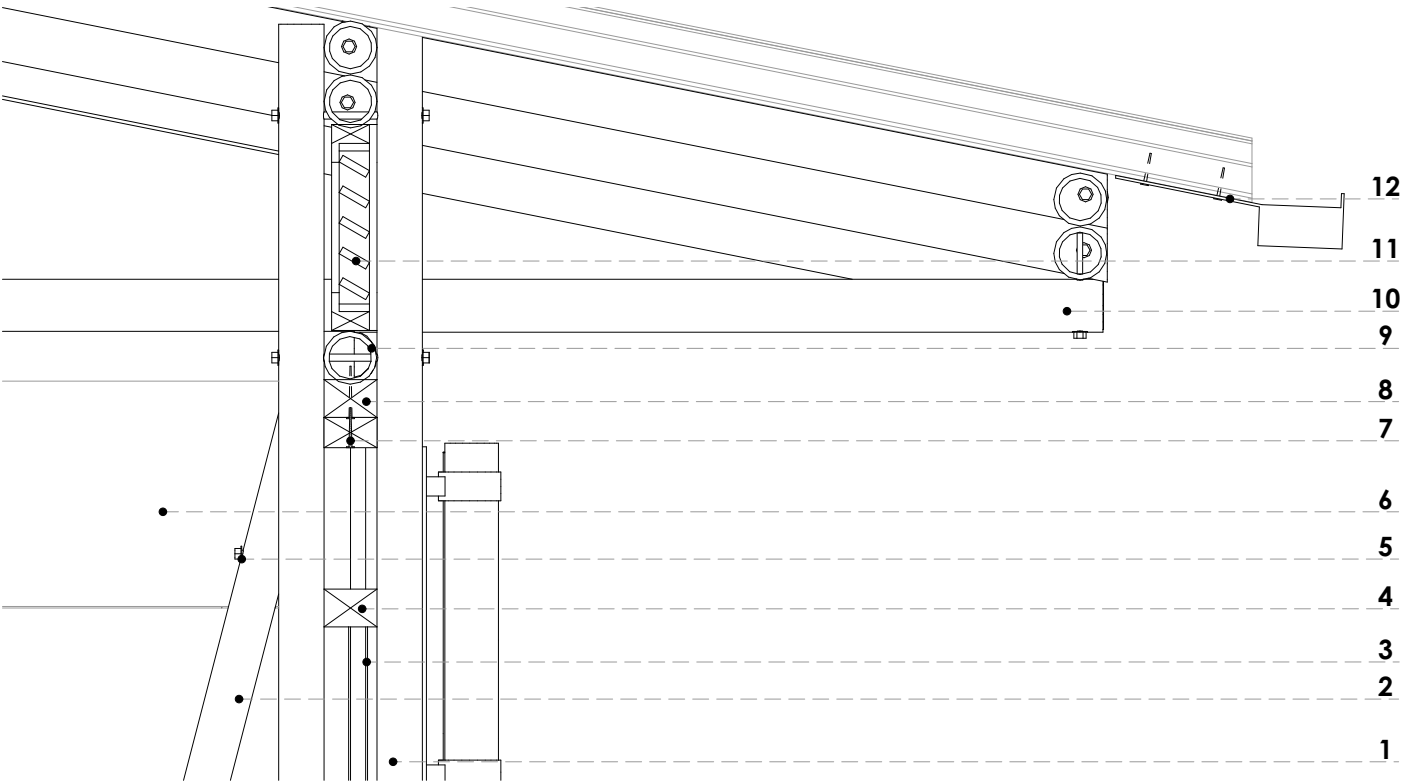
Descripción

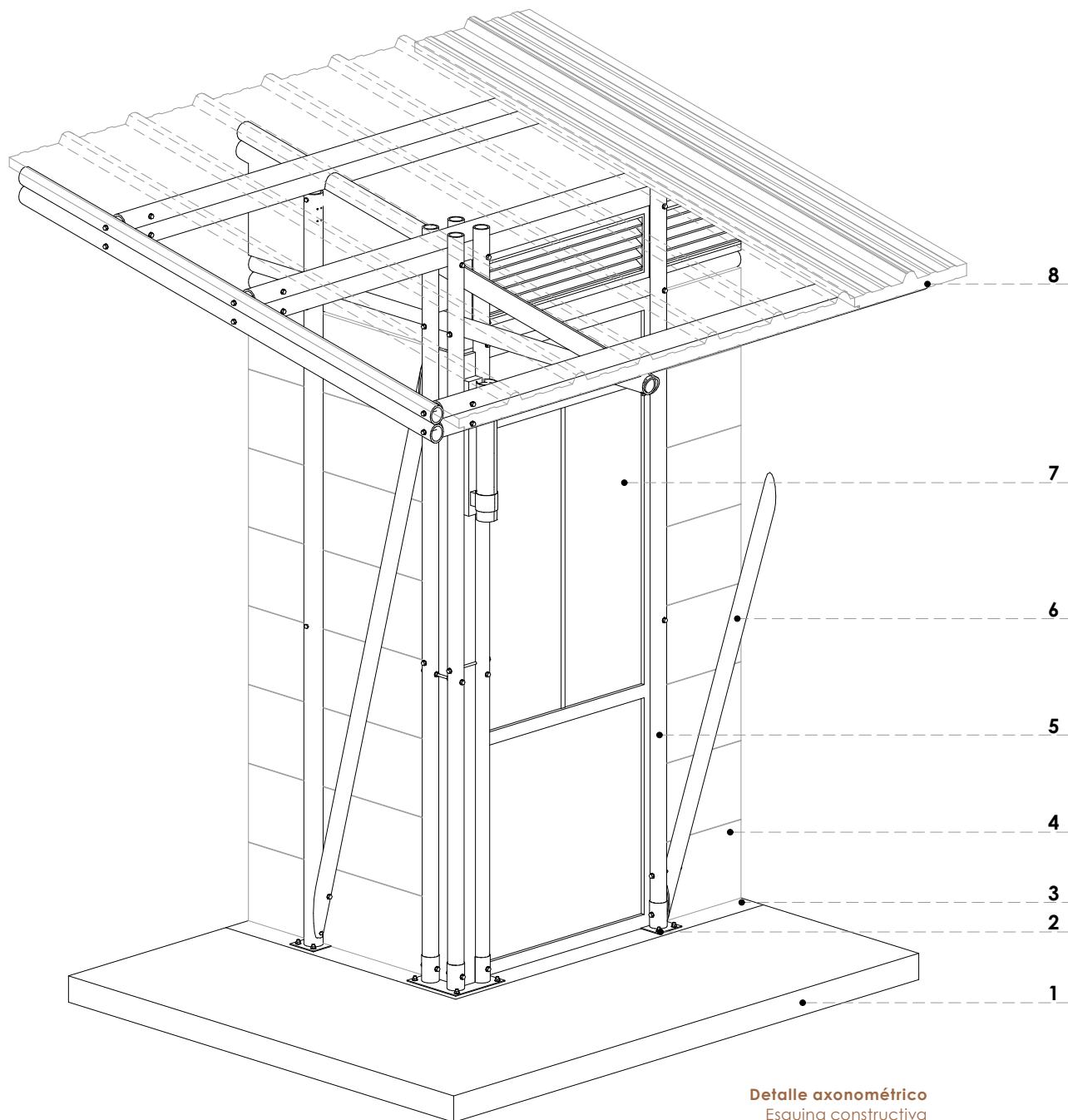
1. Bambú Ø 7 cm
2. Diagonal de bambú Ø 7 cm
3. Anclaje varilla roscada, tuerca y arandela 3/8"
4. Panel BTC de 0.60 x 0.30 x 0.07 m
5. Viga 2 bambús Ø 7 cm
6. Viga de cubierta bambú Ø 7 cm
7. Panel termoacústico de cubierta



Descripción

- 1. Columna principal 4 bambús Ø 7 cm
- 2. Diagonal de bambú Ø 7 cm
- 3. Vidrio claro e = 6 mm
- 4. Marco de madera de ventana
- 5. Anclaje varilla roscada, tuerca y arandela 3/8"
- 6. Panel BTC de 0.60 x 0.30 x 0.07 m
- 7. Tornillo de madera 8x2 1/2"
- 8. Marco exterior de ventana
- 9. Viga de bambú Ø 7 cm
- 10. Viga 2 bambús Ø 7 cm
- 11. Rejilla de madera
- 12. Panel termoacústico de cubierta





Descripción

1. Vereda de Hormigón
2. Anclajes metálicos
3. Cimiento de H°C°
4. Panel de tierra
5. Bambú de 7 cm
6. Diagonal de arriostamiento
7. Ventana de madera
8. Panel termoacústico

Detalle axonométrico
 Esquina constructiva
 Esc: 1:25

ENVOLVENTE (Paneles de tierra)



ENVOLVENTE (Paneles de fibrocemento)

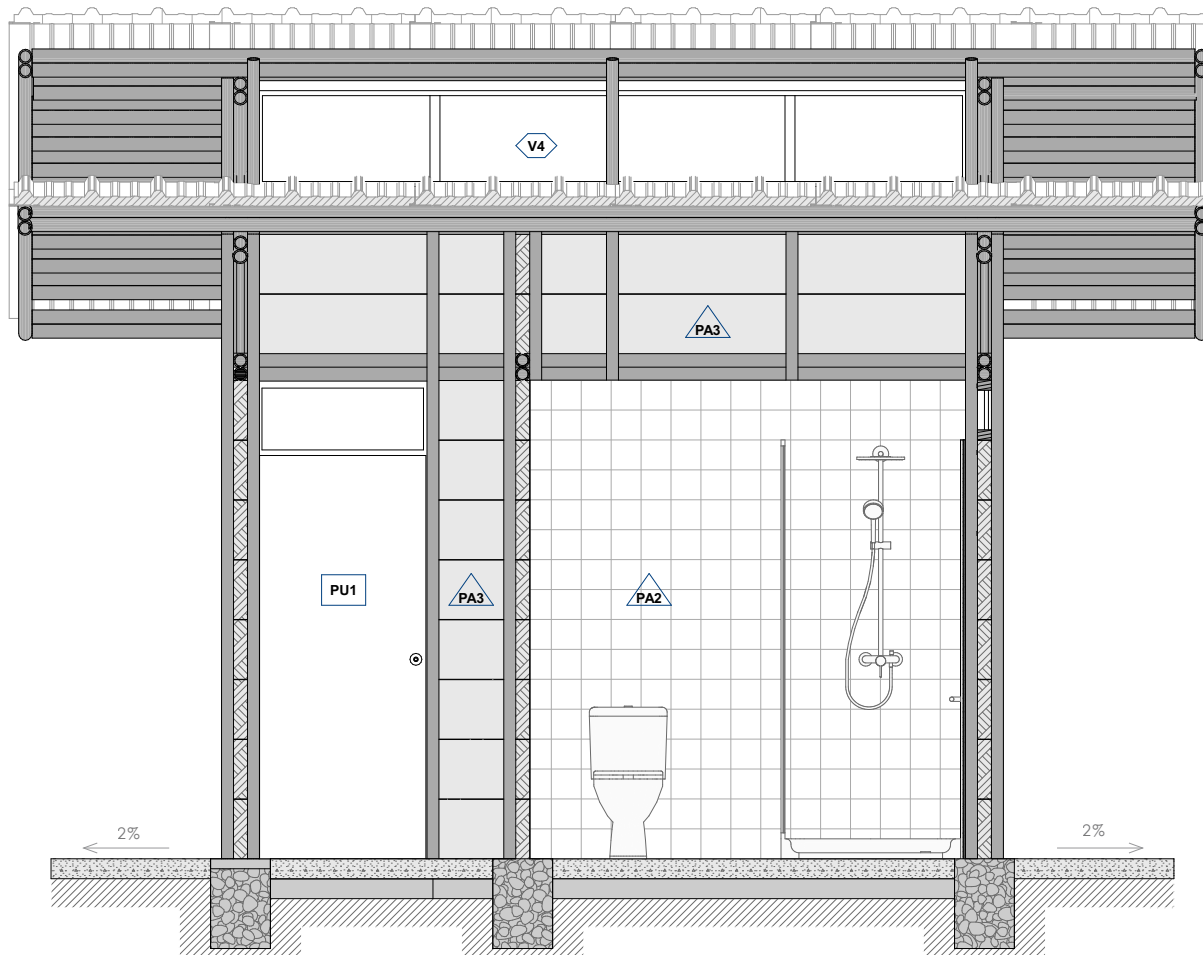


ENVOLVENTE (Paneles de latillas de bambú)



Además de los paneles de tierra, este sistema constructivo permite la adaptabilidad de distintos paneles dependiendo la necesidad, gustos y presupuesto del usuario, siempre que se respete el módulo planteado 60 o 90 cm, pues el ensamblaje de los muros sería el mismo, tal como se muestra en las imágenes.

Sección constructiva



Sección constructiva
Esc: 1:50

- PA1 Panel BTC 30 x 60 x 7 cm
- PA2 Fibrocemento con cerámica 30 x 30 cm
- PA3 Panel BTC 30 x 90 x 7 cm
- PU1 Puerta de MDF (90 x 240 x 8) cm
- PU2 Puerta de MDF para humadas (90 x 240 x 8) cm
- P1 Piso de hormigón pulido
- P2 Piso de cerámica 30 x 30 cm
- V1 Ventana de madera (60 x 240) cm
- V2 Ventana de madera (90 x 240) cm
- V3 Ventana de madera (90 x 150) cm
- V4 Ventana de madera (60 x 60) cm

4.9. Maquetas

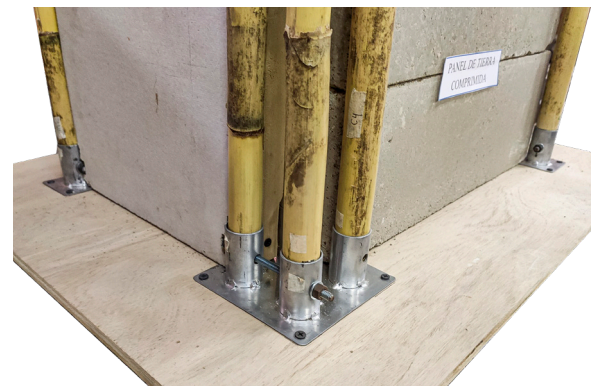
Parte importante del proceso de plantear un sistema constructivo es la elaboración de maquetas, la creación de modelos a escala tangibles de la propuesta para evaluar las posibles complicaciones al momento de construir un modelo real, en este caso se elaboraron dos maquetas de dos distintas escalas:

La primera Esc: 1:2 es una escala de una esquina de la vivienda, en la que se plantean y construyen los distintos anclajes de la estructura y también la colocación de paneles de tierra, fibrocemento, madera y latillas de bambú, de forma detallada.

La segunda Esc: 1:20 esta maqueta de menor tamaño permite evaluar en ensamblaje de la vivienda completa de manera más general.



Armado de estructura parte superior
Maqueta Esc: 1:2



Armado de estructura parte inferior
Maqueta Esc: 1:2



Vista general Maqueta Esc: 1:2



Vista general Maqueta Esc: 1:2



Vista general Maqueta Esc: 1:20



Vista general Maqueta Esc: 1:20



Vista general Maqueta Esc: 1:20

4.10. Análisis estructural

Para el diseño estructural de la vivienda de bambú se considera la Norma ecuatoriana de la construcción, Estas consideraciones fueron descritas en el Capítulo 2.6.

Para el análisis estructural se parte de un prediseño, proponiendo dimensiones de culmos de Gak en base a la disponibilidad en el mercado y la facilidad de construcción, una vez planteada la estructura base se procede a modelar la estructura en el programa ETABS, considerando las secciones y características del material de cada elemento estructural.

Con la estructura ya modelada se ingresan los valores de cargas vivas y muertas aplicadas a los elementos de bambú.

Para cumplir con las exigencias de la norma ecuatoriana se asignan las cargas sísmicas y las distintas combinaciones de las cargas de servicio ya descritas en el capítulo 2

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.

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 EQx
18	D - 0.7 EQy

TABLA 7

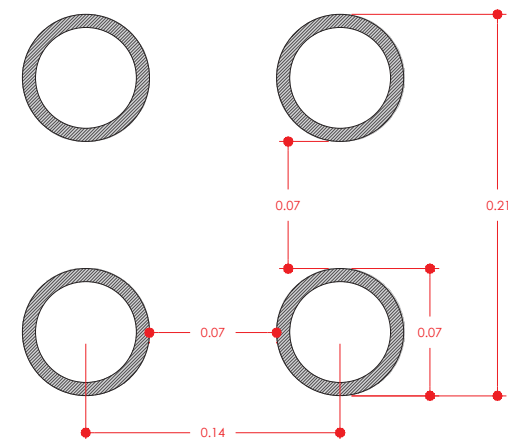
Una vez asignadas todas las cargas tanto vivas y muertas como también sísmicas y las distintas combinaciones, analiza la participación de las masas modales, periodos de la estructura y las derivas de piso, con estos datos se evalúa si la estructura cumple con los requisitos de la norma o requiere ser mejorada.

En este caso según los datos obtenidos del programa se requiere rigidizar la edificación mediante diagonales de arriostramiento para mejorar su comportamiento sísmico. Cuando se consiguen datos de periodos y participación de masas que debe ser mayor al 90% que permite la norma y el valor máximo de la deriva de 0.02, se concluye con esta etapa, todos los elementos planteados cumplen con la normativa.

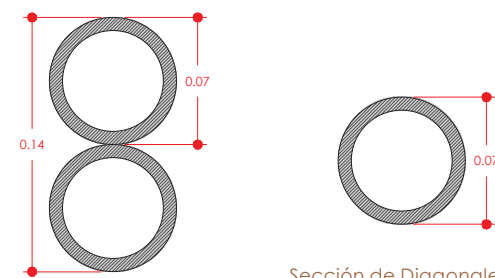
Se realiza un análisis de los esfuerzos actuantes sobre los elementos de Gak (Momentos, Cortantes, Axiales y Torsión) con los datos obtenidos del programa se comprueba con un algoritmo de rediseño trabajado desde EXCEL que evalúa los esfuerzos actuantes y esfuerzos admisibles para comprobar si las secciones de bambú cumplen con la normativa de diseño.

Después de realizar el análisis estructural y el rediseño de los elementos las secciones que cumplen con la normativa para cada elemento son las siguientes.

En este análisis se modeló los elementos correspondientes a los paneles BTC, debido a la complejidad que tendría el modelar esa cantidad de elementos pues el interés principal es estudiar el comportamiento del bambú, pero si se considero la carga que estos paneles BTC ejercen en los elementos de bambú, es por ello que la precisión de los datos puede variar principalmente en la rigidez de la vivienda, pues los paneles pueden funcionar como elementos rigidizadores. Para un resultado más específico es necesario modelar elemento por elemento y considerar su participación en la estructura.

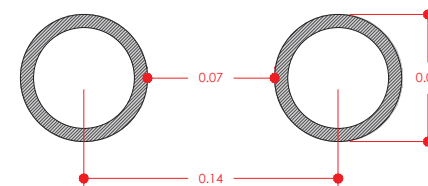


Sección de columnas principales



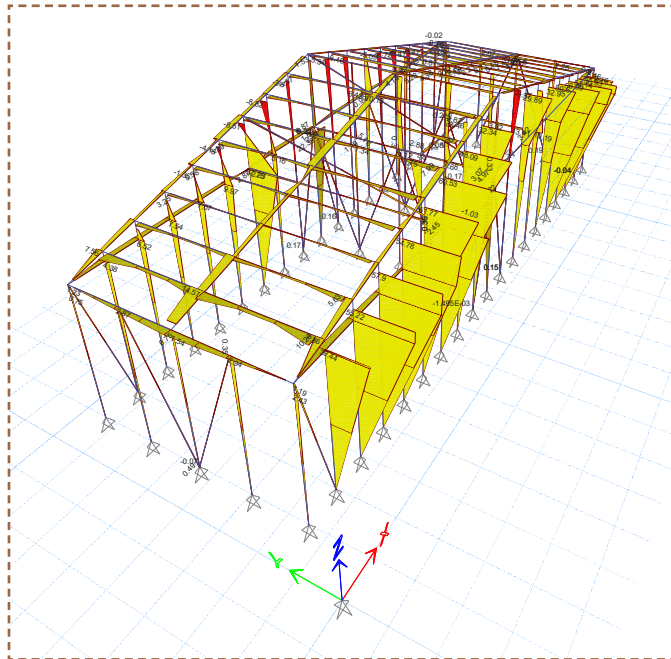
Sección de Diagonales y Vigas de aleros

Sección de Correas y Vigas

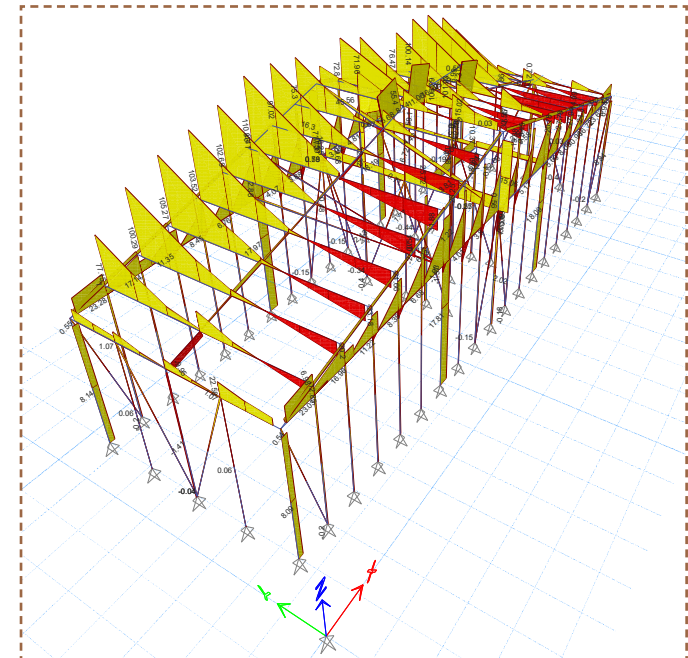
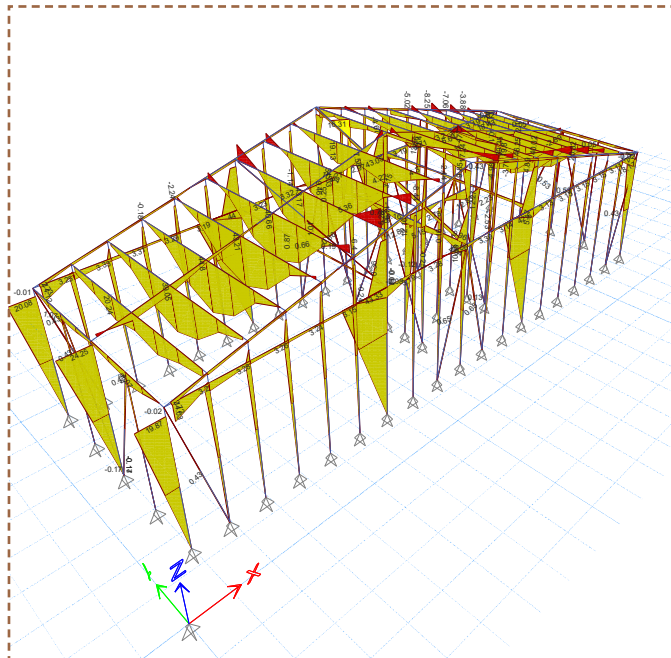
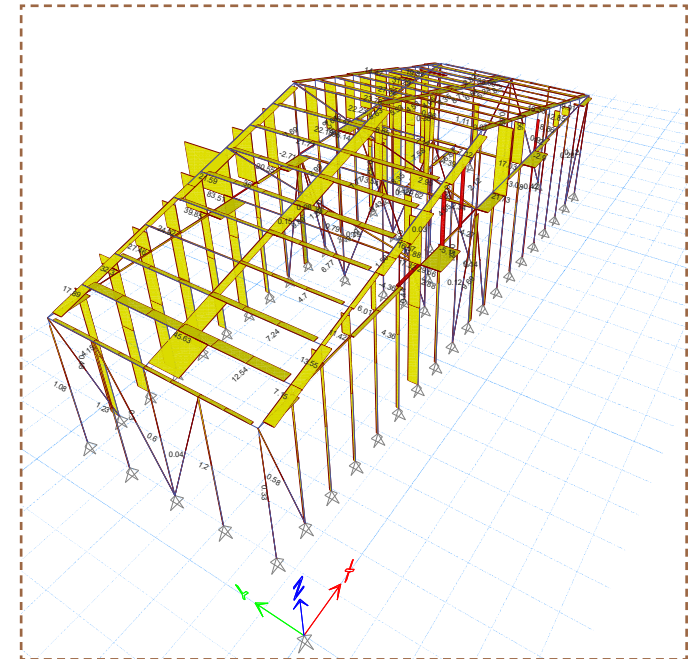


Sección de columnas secundarias

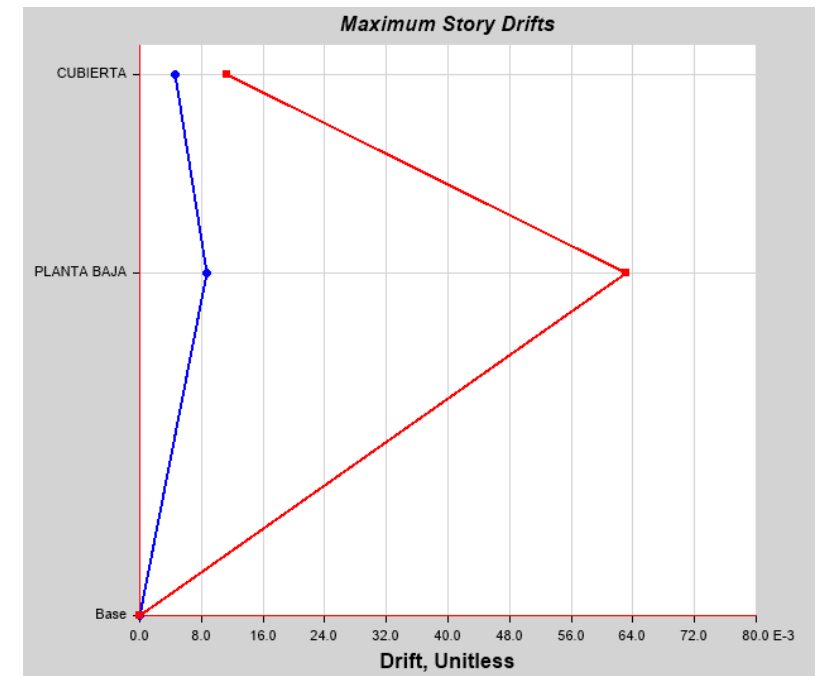
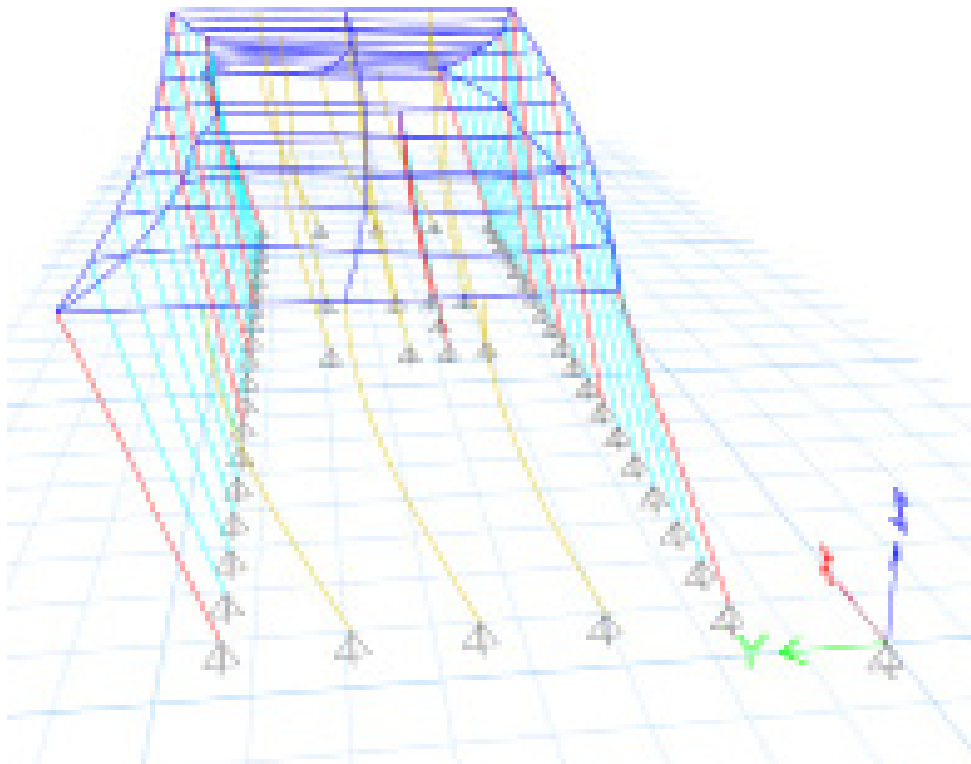
Diagramas de momentos



Diagramas de cortante



Cálculo de deriva de piso máxima: Estructura sin diagonales.



Grafica de derivas (m)

Formula:

$$\Delta_{SE} = 0.75R\Delta_E$$

Dónde:

Δ_{SE} Deriva máxima inelástica

Δ_E Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas

R Factor de reducción de resistencia (véase la sección 6.3.4)

Para estructuras de bambú el valor R debe ser 2

$$\text{Deriva} = 0.75 * 2 * 0.0631$$

$$\text{Deriva} = 0.094 \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

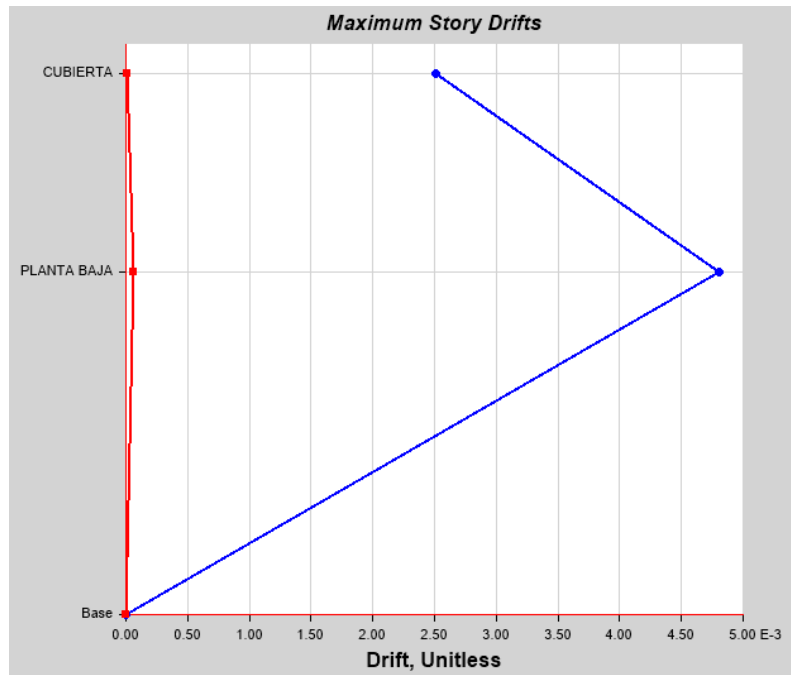
5.1. Límites permisibles de las derivas de los pisos

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Estructuras de:	Δ_{SE} máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De bambú	0.04

Tabla B : Valores de Δ_{SE} máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Cálculo de deriva de piso máxima: Estructura con diagonales.



Grafica de derivas (m)

Formula:

$$\Delta_{SE} = 0.75R\Delta_E$$

Dónde:

Δ_{SE} Deriva máxima inelástica

Δ_E Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas

R Factor de reducción de resistencia (véase la sección 6.3.4)

Para estructuras de bambú el valor R debe ser 2

$$\text{Deriva} = 0.75 * 2 * 0.0048$$

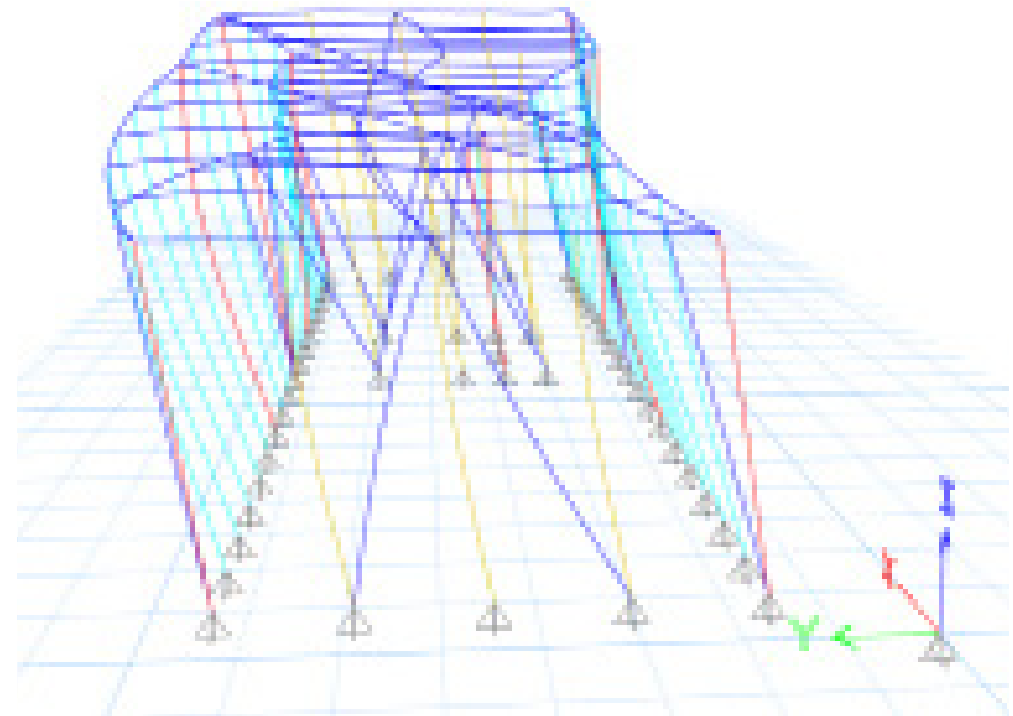
$$\text{Deriva} = 0.007 \rightarrow \text{SI CUMPLE}$$

5.1. Límites permisibles de las derivas de los pisos

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Estructuras de:	Δ_{SE} máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras móticas y de madera	0.02
De mampostería	0.04

Tabla B : Valores de Δ_{SE} máximos, expresados como fracción de la altura de piso



4.11. Presupuesto

Para el presupuesto de la vivienda nos apoyamos del software "interpro" que nos ayuda a organizar los rubro y generar el análisis de precio unitario de cada uno, de esta manera se toma en cuenta no sólo el coste del material sino a su vez la mano de obra según el número de personas que formarán parte de la cuadrilla de trabajo, la cual se toma como por defecto 4 a 5 personas dependiendo la actividad, así se obtiene un valor más detallado en dónde se consideran todas las variables de la construcción.

Se desarrollan dos propuestas de presupuesto, la primera considerando una cimentación con zapatas y vigas, y la segunda se reemplaza esta cimentación por una de hormigón ciclópeo con el fin de reducir el costo, según se detalló en el capítulo anterior. Sin embargo se debe tomar en cuenta que los datos registrados pueden variar en un porcentaje pequeño ya que algunos materiales de acabado pueden ser reemplazados según el gusto de los usuarios.

Sabana de presupuesto: Opción 1 Cimentación con zapatas y vigas

PROYECTO:VIVIENDA DE BAMBU					
PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	OBRAS PRELIMINARES				426,75
1.1	Limpieza y desbroce del terreno	m2	150	1,12	168
1.2	Cargado de material	m3	30	1,25	37,5
1.3	Transporte de material 6 km	m3	30	4	120
1.4	Replanteo y nivelación del terreno	m2	75,00	1,35	101,25
2	CIMENTACION				3.261,48
2.1	ZAPATAS				190,84
2.1.1	Excavacion mecanica de material conglomerado para zapatas	m3	1,00	2,25	2,25
2.1.2	Excavacion manual de material para zapatas	m3	0,15	6,32	0,948
2.1.3	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	0,40	8,75	3,5
2.1.4	Encofrado y desencofrado de madera para zapatas	m2	0,72	3,62	2,6064
2.1.5	Replantiillo HS fc= 180 Kg/cm2 cama de hormigon bajo zapatas	m3	0,24	12	2,916
2.1.6	HS fc= 240 Kg/cm2 en zapatas	m3	0,97	21,36	20,76192
2.1.7	Acero en zapatas fy=4200Kg/cm2	kg	68,04	2,32	157,8528
2.2	PLINTOS				223,88
2.2.1	Encofrado y desencofrado de madera para plintos	m2	8,4	3,62	30,408
2.2.2	Suministro y colocaciunde HS fc= 240 Kg/cm2 en plintos	m3	0,88	22,16	19,54512
2.2.3	Acero en plintos fy=4200Kg/cm2	kg	74,97	2,32	173,9304
2.3	CADENAS				2.202,43
2.3.1	Excavacion mecanica de material conglomerado para cadenas	m3	9,96	2,25	22,41
2.3.2	Excavacion manual de material para cadenas	m3	1,00	6,32	6,30
2.3.3	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	0,87	8,75	7,58
2.3.4	Hormigon ciclopeo, 40 % piedra fc= 210 Kg/cm2	m3	4,04	11,32	45,76
2.3.5	Encofrado y desencofrado de madera para plintos	m2	11,55	3,62	41,81
2.3.6	HS fc= 210 Kg/cm2 en cadenas	m3	8,66	17,25	149,43
2.3.7	Acero en cadenas fy=4200Kg/cm2	kg	736,31	2,62	1.929,14

3	LOSA DE CONTRAPISO				644,33
3.1	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	3,80	40	152,00
3.2	Contrapiso de HS fc= 180 Kg/cm3	m3	4,00	65	260,00
3.3	Acabado de hormigon pulido	m3	1,94	12	23,33
3.3	Piso de ceramica (baño)	m2	4,00	52,25	209,00
4	ESTRUCTURA				2.795,55
4.1	COLUMNAS DE BAMBU				1.596,30
4.1.1	Anclaje metalico al piso (columna 4 bambus)	u	8	32	256,00
4.1.2	Anclaje metalico al piso (riel 3 bambus)	u	4	24	96,00
4.1.3	Anclaje metalico al piso (riel 2 bambus)	u	41	16	656,00
4.1.4	Montaje de elementos verticales de bambu	u	230	2,15	494,50
4.1.5	Armado de anclajes entre bambus (4 bambus)	u	16	1,75	28,00
4.1.6	Armado de anclajes entre bambus (3 bambus)	u	8	1,05	8,40
4.1.7	Armado de anclajes entre bambus (2 bambus)	u	82	0,7	57,40
4.2	VIGAS DE BAMBU				36,90
4.2.1	Montaje de elementos horizontales de bambu (vigas)	u	10	2,15	21,50
4.2.2	Armano de uniones entre vigas compuestas (2 bambus)	u	22	0,7	15,40
4.3	CUBIERTA				1.162,35
4.3.1	Montaje de elementos horizontales de cubierta	u	96	2,15	206,40
4.3.2	Armado de anclajes entre bambus (5 bambus)	u	8	2,25	18,00
4.3.3	Armado de anclajes entre bambus (4 compuesta)	u	2	1,75	3,50
4.3.4	Armado de anclajes entre bambus (3 bambus)	u	29	1,05	30,45
4.3.5	Cubierta termoacustica de 11.8 x 1.4.	u	4	226	904,00
5	CIERRE CON BTC				1.801,75
5.1	Elaboracion y montaje de paneles 60x30x7 cm	u	253	4	1012
5.2	Elaboracion y montaje de paneles 90x30x7 cm	u	91	6	546
5.3	Elaboracion y montaje de paneles seccionados (varios)	u	96	2	192
5.4	Colocacion de junta flexible (panel - bambu)	m	45	1,15	51,75
6	CARPINTERIA				905,00
6.1	Puerta batiente de OSB 90x240 cm	u	4	86	344
6.2	Ventana batiente de madera 90x240 cm	u	1	92	92
6.3	Ventana batiente de madera 90x150 cm	u	1	55	55
6.4	Ventana fija de madera 60x240 cm	u	3	65	195
6.5	Ventana batiente de madera 60x120 cm	u	3	42	126
6.6	Ventana proyectable de madera 60x30 cm	u	3	31	93
7	INTALACIONES ELECTRICAS				389,89
7.1	Conexion a tierra con varilla de cobre	u	1	35	35
7.2	Acometida electrica	m	7	3,27	22,89
7.3	Suministro e instalacion de tablero de distribucion	u	1	106	106
7.4	Instalaciones electricas	pto	23	7	161
7.5	Pozo de revision	u	1	65	65
8	INTALACIONES SANITARIAS				472,62
8.1	Conexio a red publica de desagüe	u	1	7,5	7,5
8.2	Acometida de red de agua potable	m	6	2,25	13,5
8.3	Pozo de revision de aguas servidas	u	1	62	62
8.4	Suministro y colocacion de medidor de agua	u	1	35	35
8.5	Suministro y colocacion de calefon	u	1	162	162
8.6	Tuberia PVC de 110 mm	m	10	4,17	41,7
8.7	Tuberia PVC de 50 mm	m	15	3,2	48
8.8	Tuberia PVC de 210 mm	m	5	7,2	36
8.9	Codo PVC de 110 mm	u	4	2,75	11
8.10	Conexion "Y" PVC de 110 mm	u	2	3,11	6,22
8.11	Conector tubo PVC de 210 a 110 mm	u	3	3,85	11,55
8.12	Llave de paso	u	3	8	24
8.13	Conexion "T" PVC de 50 mm	u	7	1,25	8,75
8.14	Codo PVC de 50 mm	u	4	1,35	5,4
TOTAL					10.053,04

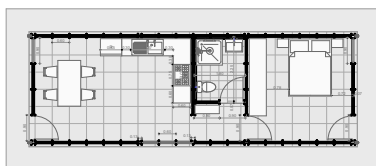
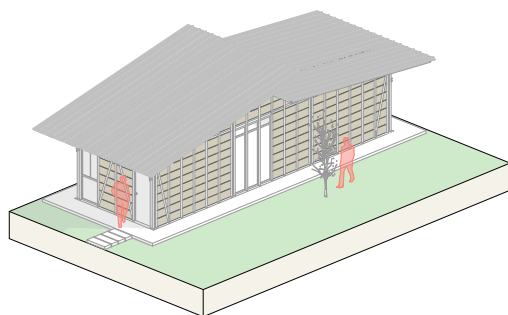
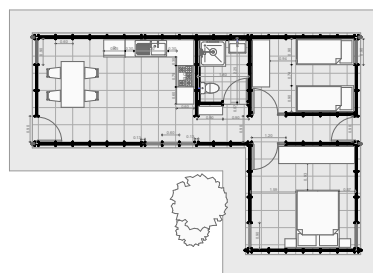
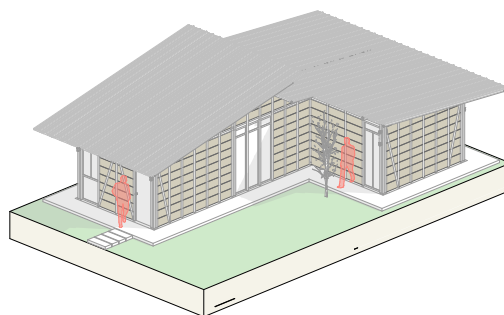
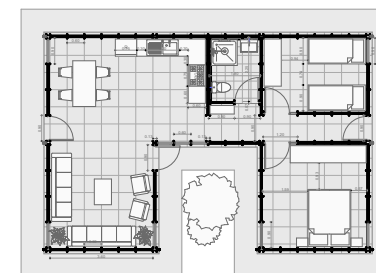
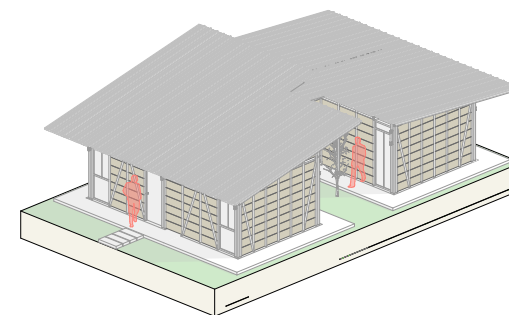
Costo por m² = 240\$

Sabana de presupuesto: Opción 2 Cementación con hormigón ciclópeo

PROYECTO:VIVIENDA DE BAMBU					
PRESUPUESTO					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	OBRAS PRELIMINARES				417,75
1.1	Limpieza y desbroce del terreno	m2	150	1,12	168
1.2	Cargado de material	m3	30	0,95	28,5
1.3	Transporte de material 6 km	m3	30	4	120
1.4	Replanteo y nivelación del terreno	m2	75,00	1,35	101,25
2	CIMENTACION				746,25
2.1	CADENAS				82,05
2.1.1	Excavacion mecanica de material conglomerado para cadenas	m3	9,96	2,25	22,41
2.1.2	Excavacion manual de material para cadenas	m3	1,00	6,32	6,30
2.1.3	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	0,87	8,75	7,58
2.1.4	Hormigon ciclopeo, 40 % piedra fc= 210 Kg/cm2	m3	4,04	11,32	45,76
3	LOSA DE CONTRAPISO				664,20
3.1	Relleno compactado con vibroapisonador, material de mejoramiento	m3	3,80	40	152,00
3.2	Contrapiso de HS fc= 180 Kg/cm3	m3	4,00	65	260,00
3.3	Acabado de hormigon pulido	m2	32,00	1,35	43,20
3.3	Piso de ceramica (baño)	m2	4,00	52,25	209,00
4	ESTRUCTURA				2.795,55
4.1	COLUMNAS DE BAMBU				1.596,30
4.1.1	Anclaje metalico al piso (columna 4 bambus)	u	8	32	256,00
4.1.2	Anclaje metalico al piso (riel 3 bambus)	u	4	24	96,00
4.1.3	Anclaje metalico al piso (riel 2 bambus)	u	41	16	656,00
4.1.4	Montaje de elementos verticales de bambu	u	230	2,15	494,50
4.1.5	Armado de anclajes entre bambus (4 bambus)	u	16	1,75	28,00
4.1.6	Armado de anclajes entre bambus (3 bambus)	u	8	1,05	8,40
4.1.7	Armado de anclajes entre bambus (2 bambus)	u	82	0,7	57,40
4.2	VIGAS DE BAMBU				36,90
4.2.1	Montaje de elementos horizontales de bambu (vigas)	u	10	2,15	21,50
4.2.2	Armano de uniones entre vigas compuestas (2 bambus)	u	22	0,7	15,40
4.3	CUBIERTA				1.162,35
4.3.1	Montaje de elementos horizontales de cubierta	u	96	2,15	206,40
4.3.2	Armado de anclajes entre bambus (5 bambus)	u	8	2,25	18,00
4.3.3	Armado de anclajes entre bambus (4 compuesta)	u	2	1,75	3,50
4.3.4	Armado de anclajes entre bambus (3 bambus)	u	29	1,05	30,45
4.3.5	Cubierta termoacustica de 11.8 x 1.4.	u	4	226	904,00

5	CIERRE CON BTC				1.801,75
5.1	Elaboracion y montaje de paneles 60x30x7 cm	u	253	4	1012
5.2	Elaboracion y montaje de paneles 90x30x7 cm	u	91	6	546
5.3	Elaboracion y montaje de paneles seccionados (varios)	u	96	2	192
5.4	Colocacion de junta flexible (panel - bambu)	m	45	1,15	51,75
6	CARPINTERIA				905,00
6.1	Puerta batiente de OSB 90x240 cm	u	4	86	344
6.2	Ventana batiente de madera 90x240 cm	u	1	92	92
6.3	Ventana batiente de madera 90x150 cm	u	1	55	55
6.4	Ventana fija de madera 60x240 cm	u	3	65	195
6.5	Ventana batiente de madera 60x120 cm	u	3	42	126
6.6	Ventana proyectable de madera 60x30 cm	u	3	31	93
7	INTALACIONES ELECTRICAS				389,89
7.1	Conexion a tierra con varilla de cobre	u	1	35	35
7.2	Acometida electrica	m	7	3,27	22,89
7.3	Suministro e instalacion de tablero de distribucion	u	1	106	106
7.4	Instalaciones electricas	pto	23	7	161
7.5	Pozo de revision	u	1	65	65
8	INTALACIONES SANITARIAS				472,62
8.1	Conexio a red publica de desagüe	u	1	7,5	7,5
8.2	Acometida de red de agua potable	m	6	2,25	13,5
8.3	Pozo de revision de aguas servidas	u	1	62	62
8.4	Suministro y colocacion de medidor de agua	u	1	35	35
8.5	Suministro y colocacion de calefon	u	1	162	162
8.6	Tuberia PVC de 110 mm	m	10	4,17	41,7
8.7	Tuberia PVC de 50 mm	m	15	3,2	48
8.8	Tuberia PVC de 210 mm	m	5	7,2	36
8.9	Codo PVC de 110 mm	u	4	2,75	11
8.10	Conexión "Y" PVC de 110 mm	u	2	3,11	6,22
8.11	Conector tubo PVC de 210 a 110 mm	u	3	3,85	11,55
8.12	Llave de paso	u	3	8	24
8.13	Conexión "T" PVC de 50 mm	u	7	1,25	8,75
8.14	Codo PVC de 50 mm	u	4	1,35	5,4
TOTAL					7.528,81

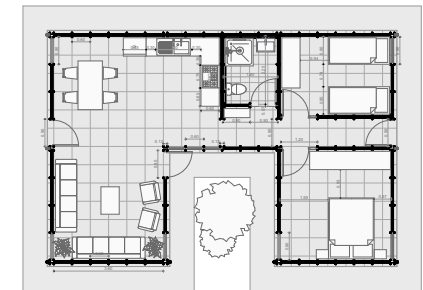
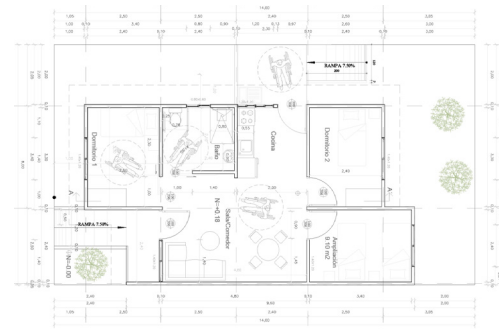
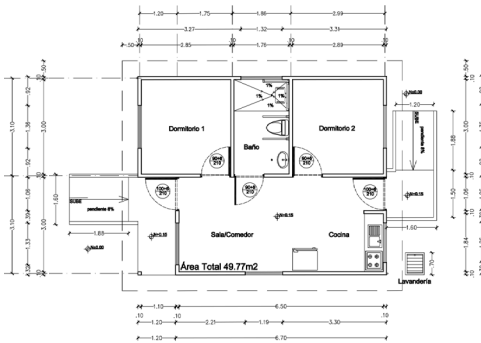
Costo por m² = 180\$

VIVIENDA MÍNIMA 42 m²Costo por m² = 180\$**COSTO VIVIENDA MÍNIMA** 42 m² = 7.529\$**VIVIENDA AMPLIACIÓN 1** 56 m²Costo por m² = 180\$**VIVIENDA AMPLIACIÓN 1** 56 m² = 10.080\$**VIVIENDA AMPLIACIÓN 2** 70 m²Costo por m² = 180\$**VIVIENDA AMPLIACIÓN 2** 70 m² = 12.600\$COSTO APROXIMADO POR AMPLIACIÓN 14m²= 2.520\$

4. 12. Analisis Comparativo de costos de vivienda.

Para este análisis comparativo tomamos en cuenta otros tipos de viviendas con materiales convencionales, que presenten el mismo enfoque direccionado a una vivienda de carácter social o como se la conoce en nuestro país (Ecuador) vivienda tipo MIDUVI de hormigón armado, paredes de bloque y de madera estructural, las cuales buscan generar un ahorro sustancial en costos para los usuarios que padecen la falta de una vivienda digna. Teniendo en cuenta que cada propuesta de vivienda será definida por las necesidades de los que la habitarán se considera el valor por metro cuadrado de construcción, lo cual

nos permitirá evaluar y comparar los precios entre si, independientemente del tamaño completo de cada uno de los ejemplos de viviendas. (Córdova Molina, G. A. 2015). Según los precios de cada una de las viviendas y tomando en cuenta que los espacios que contienen son similares, se considera que la vivienda de Bambú con paneles BTC es más asequible debido a que los abarata costos en cimentación al ser más ligera y ocupar en su mayoría materiales rústicos que no necesitan de revestimientos a excepción de zonas húmedas.



Programa Casa para Todos, Tipologías de vivienda, 2020
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/>

- Vivienda MIDUVI (Hormigón Armado):
 Área de construcción: 36 m²
 Costo total (incluye acabados): 13 760,47
 Costo por m²: 382. 24



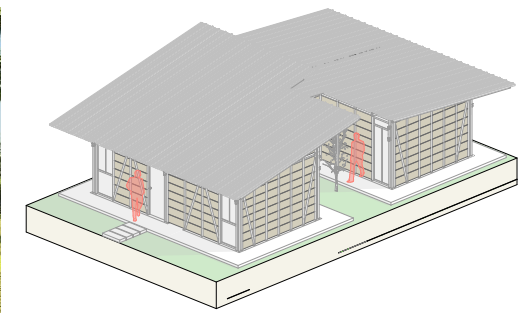
Programa Casa para Todos, Tipologías de vivienda, 2020
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/>

- Vivienda MIDUVI (Madera estructural):
 Área de Construcción: 36 m²
 Costo total (incluye acabados): 14 660,50
 Costo por m²: 407. 24



El Universo, Vivienda de Bambú en Manabí, 2022
<https://www.eluniverso.com/noticias/economia/por-que-las-viviendas-que-entregara-el-gobierno-en-manabi-seran-de-bambu-y-costaran-18700-nota/>

- Vivienda MIDUVI de Caña guadua:
 Área de Construcción: 56 m²
 Costo total (incluye acabados): 18 700,00
 Costo por m²: 333. 93



Propuesta de ampliación 2

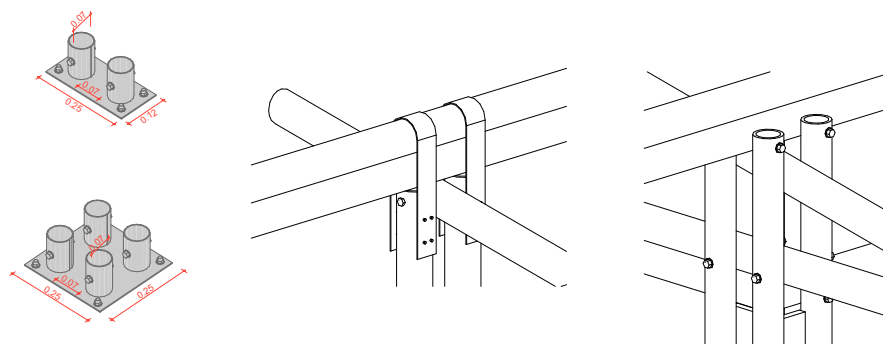
- Propuesta de Vivienda de Bambú y BTC:
 Área de Construcción: 70 m²
 Costo total: 12 600, 00
 Costo por m²: 180

4.13. La autoconstrucción del sistema constructivo.

Uno de los objetivos principales en el desarrollo de este proyecto es propender la autoconstrucción, es por ello que durante el desarrollo del sistema constructivo se plantean soluciones simples y eficaces, en la tesis "PANELES DE TIERRA COMPRIMIDOS" (Narváez y Parra, 2023) se detallan los costos de fabricación de la prensa y el cilindro tamizador, en ese análisis se concluye que el costo de estas dos herramientas esenciales para construcción de la vivienda es de 1.995\$, considerando esto, se concluye que el costo de la prensa y el cilindro son muy altos comparados con el costo total de la vivienda, pero en el caso de implementar el uso de una prensa para la construcción de 5 o 10 viviendas, el costo se reduce considerablemente y de esta forma se puede considerar como viable desde el punto de vista económico.

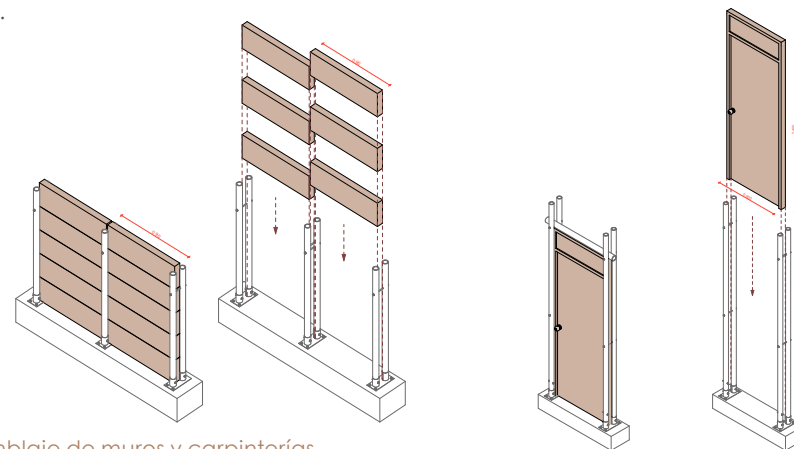
La tierra y el bambú: Se plantea el uso de estos dos materiales por su bajo contenido energético, su abundancia en el medio y su bajo costo, la tierra a utilizar para la construcción deberá cumplir con los requerimientos mínimos de contenido de humedad y porcentaje de arcilla, los cuales se pueden comprobar fácilmente mediante los ensayos empíricos que se realizan en obra, por ello es factible para la autoconstrucción, pues no requiere conocimientos muy avanzados ni complejos. Por otra parte, el uso del bambú requiere un tratamiento preventivo para prolongar su vida útil, el cual se puede comprar ya con su tratamiento o a su vez se lo puede realizar en obra mediante inmersiones químicas descritas en el capítulo 2, considerando que este proceso aumenta el tiempo de construcción de la vivienda.

Sistema de unión del bambú: Se propone uniones empernadas para facilitar el armado de las estructuras, lo cual se puso en práctica mediante la construcción de la maqueta a escala 1:2, de esta forma se definió como viable el uso de pernos para la unión de los elementos de bambú, pues son materiales que se consiguen fácilmente y simples de utilizar, la unión entre columnas y cimientos se realiza mediante placas de anclaje, las cuales son de fácil elaboración pues solo constan de una placa base unida a tubos metálicos perforados para permitir el paso de los pernos. El anclaje de los elementos de bambú no exige herramientas grandes o costosas.



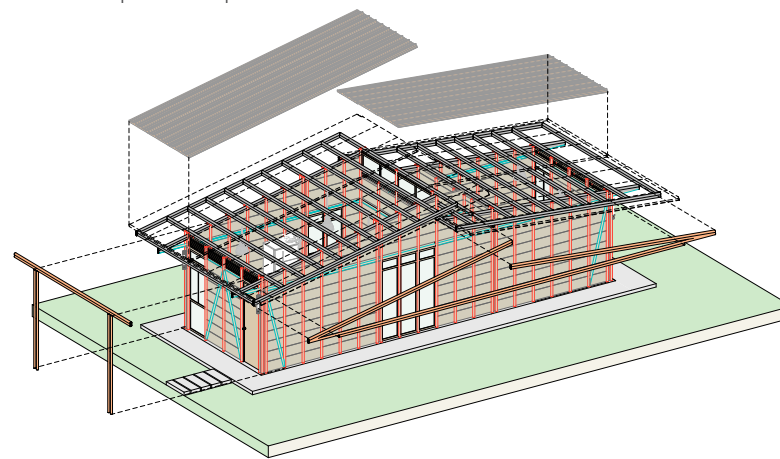
Anclajes mediante placas metálicas y pernos.

Armado de paredes y carpinterías: Al haber diseñado un sistema modular el ensamblaje de los muros y carpinterías son relativamente sencillos, pues estos se encajan en la estructura fácilmente, y el uso de los pernos para unir los bambúes permite apretar el panel y anclarlo en la estructura, de la misma forma las carpinterías se encajan en la estructura como ya se detalló anteriormente. Se puede utilizar mortero de tierra, resinas, neopreno o similares para compensar las irregularidades del bambú en contacto con el panel.



Ensamblaje de muros y carpinterías.

La cubierta: Es un sistema similar a los sistemas tradicionales como las cubiertas de zinc o placas de fibrocemento ondulado, el armado de la cubierta con placas termoacústicas es prácticamente el mismo y no tiene mayor complejidad, las placas termoacústicas son de bajo peso por ende de fácil manejo, el cual oscila entre 8 y 10 kg/m² aproximadamente, dependiendo del espesor del panel.



Sistema de cubierta, placa termoacústica sobre correas de bambú.

4.14. Conclusiones

- Una característica destacable del sistema constructivo es su flexibilidad para adaptarse a diferentes materiales, siempre y cuando se cumpla con las dimensiones establecidas, pudiendo los paneles BTC ser reemplazados por manteles de bambú, fibrocemento o cualquier otra posibilidad que llegue a ser compatible con el sistema de ensamblaje.
- La utilización paneles BTC de gran tamaño 90 cm y 60 cm, al momento de construir la envolvente de la vivienda, permite cubrir una mayor área en un menor tiempo, siendo este un sistema de rápido y simple ensamblaje.
- Todos los elementos verticales y horizontales de bambú al ser unidos mediante pernos permiten rapidez y flexibilidad al momento de construir o modificar la estructura de la vivienda, reduciendo así el costo de mano de obra y complicaciones futuras al ampliar la vivienda.
- Entre los dos tipos de cimentación planteados se destaca la cimentación de hormigón ciclópeo, por su facilidad de construcción, ya que la carga de la vivienda no es muy alta al tratarse de una sola planta con una cubierta liviana y su costo es mucho menor que un sistema de zapatas y vigas de cimentación según se analizó en el presupuesto.
- El análisis estructural de la vivienda permite entender el comportamiento sísmico de la misma dentro del territorio ecuatoriano, y se concluye que la utilización de diagonales de arriostramiento es esencial para brindar seguridad al ocupante en casos de sismos, así mismo, se comprueba las dimensiones de la sección del bambú que se debe utilizar para cumplir con su resistencia, no obstante, es de suma importancia que se realice un análisis más profundo dependiendo de la zona específica en la que se plantea su construcción.
- La construcción de las maquetas permite poner en práctica el sistema constructivo, así se evaluó su facilidad de ensamblaje y sus posibles complicaciones, concluyendo que el sistema al menos en una escala reducida a la mitad si cumple con las expectativas, el armado de los muros y unión entre elementos de bambú no tienen mayor complejidad siempre se exista una correcta planificación previa.

CAPITULO 5

Conclusiones y líneas de investigación

5.1. Conclusiones

- Los materiales tradicionales como la tierra y el bambú tienen características muy favorables y útiles para la construcción de edificaciones, ya que son materiales sostenibles, renovables, económicos y de casi nulo impacto ambiental. Sus propiedades en el caso de la tierra posibilidades de aislamiento térmico y acústico, en el caso del bambú resistencia a la flexión y ligereza, la combinación de estos dos materiales permiten generar un sistema constructivo resistente y de fácil ensamblaje, pero para ellos es vital que se conozca el comportamiento de cada material, sus fortalezas y debilidades, cualquier estructura que se proponga con estos materiales deberá responder a lo previamente mencionado.
- El curado del bambú es obligatorio para la elaboración de estructuras, solo de esa manera de lo protege contra la pudrición prematura y al ataque de hongos e insectos, de esa manera se conservan sus características que lo hacen un material apto para la construcción y se prolonga la vida útil de las estructuras.
- Las viviendas de carácter social y sostenible son alternativas que a diferencia de las tradicionales son de bajo costo e impactó ambiental pero siguen siendo duraderas, cómodas y confiables, ya que gracias al adecuado sistema constructivo empleado y la correcta elección del material según el contexto en dónde se emplace presentan confort en cada uno de sus espacios.
- Al generar un modulo de diseño en planta que a su vez se proyecta en sus elevaciones o fachadas, nos ayuda a dimensionar y aprovechar todos los espacios de forma coherente entre sí, al igual que su imagen ordenada y estética puede llegar a ser de agrado con la correcta combinación, manejo y tratamiento de los materiales que irán al exterior.
- El costo de una vivienda está principalmente relacionado con los materiales, el sistema constructivo y el tamaño de los elementos estructurales empleados en dicha vivienda los cuales también varían según el tipo de suelo en el cual se emplace, ya que los elementos estructurales son los encargados en recibir y distribuir todas las cargas hacia los cimientos, teniendo en cuenta que de eso dependen sus secciones. Los dos presupuestos planteados tienen una variación de 2600 dólares debido al tipo de cimentación, se concluye que la mejor alternativa es el uso de hormigón ciclópeo si las condiciones del suelo lo permiten, de esa manera se reduce considerablemente el costo.

5.1. Líneas de investigación futuras

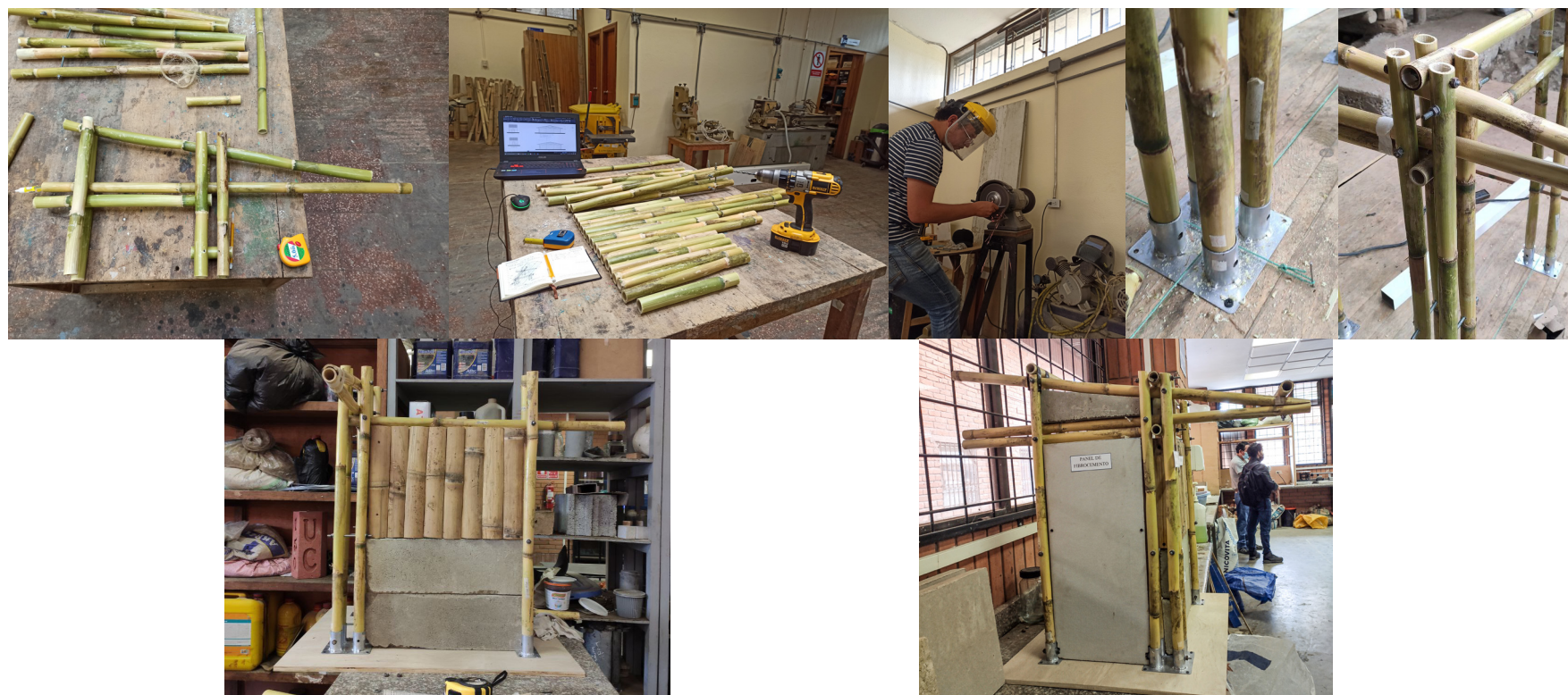
Partiendo del tema de este trabajo de titulación, el cual está centrado en el desarrollo de un sistema constructivo y una propuesta arquitectónica en la que se aplique este sistema, se puede abarcar más líneas de investigación complementarias.

Planteando como tema central el "Sistema constructivo de viviendas con paneles BTC y Bambú" de esta manera puede plantear el desarrollo de proyecto que giren en torno al tema central, de esta manera se plantean las siguientes líneas de investigación, enfocados principalmente en la continuidad.

- Desarrollo de paneles prefabricados BTC y el análisis de sus características mecánicas.
- Análisis del confort térmico y acústico de la vivienda de bambú y BTC, y su eficiencia energética.
- Desarrollo de sistemas constructivos similares con la aplicación de distintos materiales.
- Estudios y análisis del comportamiento de anclajes y uniones de bambú planteadas con el fin de determinar su eficacia.
- Construcción de prototipos en escala real.
- Programas de vivienda social aplicando el sistema constructivo de bambú y paneles BTC.

Referencias

- Angeles, F. 2014. **Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua angustifolia con fines estructurales.**
- Aznar Poveda, J. (2012). **Arquitectura Modular.** Murcia: IES Infante D. Juan Manuel.
- BAMBUPALM. 2013. **Palma Tenera, Palmito, Bambu Dendrocalamus Asper, Ganado Brahman Nelore, agronegocios.** [En línea]: Bambupalm, (http://bambupalm.com/portal_PDF_POWERED_PDF_GENERATED_documentos, 26 Ene. 2013).
- Burgos, A. (2003). **Revisión de las técnicas de preservación del bambú.** Revista Forestal Latinoamericana, 33, 11–20.
- Cañola, H. D., Builes-Jaramillo, A., Medina, C. A., & González-Castañeda, G. E. (2018). **Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con aditivos bituminosos.** Tecnologías, 21(43), 135–145. <https://doi.org/10.22430/22565337.1061>
- Centro Técnico de Vivienda y Urbanismo . (2009). **CATÁLOGO DE TECNOLOGÍAS QUE REDUCEN LA VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA ANTE EVENTOS METEOROLÓGICOS.** Habana: Municipio Plaza de la Revolución.
- Córdova Molina, G. A. (2015). **COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS: HORMIGÓN ARMADO VS MADERA ESTRUCTURAL, EN UNA VIVIENDA DE UNA PLANTA** (Bachelor's thesis).
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). **Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción.** Revista Ingeniería de Construcción, 29(3), 234–254. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732014000300002>
- Gómez, N. V. (2020). **CERTIFICACIÓN DE PLANTACIONES Y CADENA DE CUSTODIA DE BAMBÚ GIGANTE Dendrocalamus asper SCHULTES F. Y CAÑA GUADÚA Guadua angustifolia KUNTH, BAJO LOS CRITERIOS DEL FOREST STEWARDSHIP COUNCIL (FSC).** (Tesis de grado). UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ibarra.
- Hidalgo Lopez, O. (1981). **Manual de Construcción con bambú .** Bogotá: Universidad Nacional de Colombia .
- Moran Ubida, J. (2015). **Manual de construcción con bambú .** Lima-Perú: Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR.
- Martínez García, S. (2015). **BAMBÚ COMO MATERIAL.** (Trabajo de fin de grado). UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, Valencia.
- Martín-Gómez, C. (2006). **Las instalaciones y la arquitectura.** Tectónica, 21, 4–27.
- Mejía Pacheco , P. (2018). **BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO SUSTITUCIÓN DE LOS AGREGADOS TRADICIONALES EN LA CIUDAD DE SARAGURO, LOJA, ECUADOR.** (Tesis de Master). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2017). **NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA** (Nº 121-2017-VIVIENDA)
- Mosquera, J. (2006). **Architecture and Development.** Architecture and Development. <https://doi.org/10.1215/9781478022503>
- Narvaez , K., & Parra , J. (2023). **Paneles De Tierra Comprimidos.** Tesis de Grado . Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Otero-Ortega, A., & Bravo , A. (2019). **Hábitat sostenible, material reciclable. Mipymes en el proceso de construcción de la vivienda.** Sincelejo, Sucre, Colombia: CECAR Editorial.
- Perez, A. L. (2016). **Diseño de la vivienda de interés social (Satisfacción de las necesidades y expectativas del usuario).** Revista de Arquitectura (Universidad Católica de Colombia), pp 67-75. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=125146891007>
- Rodriguez Alonzo , C., & Morales Díaz, E. (2008). **EL BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL. ANÁLISIS DE UN CASO PRÀCTICO.** Universitat de Girona.
- Sanchez, L., Guerra, A., & Losano, J. (2020). **Comparación de las propiedades físico-mecánicas del bambú Guadua angustifolia Kunth de diferentes municipios de Colombia.** 22(1), 34–56.
- Ticona Aliaga, J., & Mamani Mollo, J. (2019). **EVALUACIÓN DE LA PROPAGACIÓN DE BAMBÚ (Guadua angustifolia Kunth y Guadua .** Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, pp. 16-23.
- Yadav, M., & Mathur, A. (2021). **Bamboo as a sustainable material in the construction industry: An overview.** Materials Today: Proceedings, 43, 2872–2876. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.125>



Despiece de materiales para presupuesto

DESPIECE DE MATERIALES										
BAMBU					TIERRA			CARPINTERIAS		
TIPO	MEDIDAS	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD DE 6m	TIPO	CANTIDAD	USO	TIPO	MEDIDAS (m)	CANTIDAD
Columnas	2,78	8	32	22,24	Panel de 60 x 30 cm	253	Exterior	Puestas	0,9 x 2,40	4
	2,81	8		22,48						
	3,53	8		28,24						
	3,55	8		28,4						
Rieles	2,78	12	86	33,36	Panel de 90 x 30 cm	35	Exterior	Ventanas	0,9 x 1,5	1
	2,93	8		23,44					0,9 x 2,40	1
	3,05	8		24,4						
	3,1	8		24,8						
	3,3	8		26,4						
	3,4	8		27,2					0,6 x 2,4	3
	3,67	8		29,36						
	3,8	8		30,4						
Apoyo cumbrero	2,48	18		44,64	Panel de 90 x 30 cm	56	Interior		0,6 x 0,3	2
	3,85	2	8	7,7						
Diagonales	3,9	6		23,4						
	2,53	4	9	10,12					0,6 x 1,2	3
	2,45	4		9,8						
Solera	3,96	1		3,96						
	11,2	2	8	4	Paneles de cubierta (60 x 30 cm)	96	Exterior	Celocias	0,9 x 0,3	8
Sobre solera	3,8	2		4						
	13,24	2	2	26,48						
Estructura de cubierta	5,84	21	69	122,64						
	6,75	8		54						
	6,67	4		26,68						
	0,52	36		18,72						

Despiece de materiales (Anclajes)

DESPIECE DE ANCLAJES			
TIPO	ELEMENTOS	CANTIDAD	DESCRIPCION
Anclaje al piso	4	8	El bambu se ancla al piso por medio de tubos metalicos de 3mm soldado a una placa metalica de 4 mm que se ancla a la simentacion mediante varillas (corrugada) de acero Ø de 14 mm con forma de gancho.
	3	4	
	2	41	
Anclaje entre bambus	2	82	Los bambus se unen mediante pernos que se ajustan con tuercas y arandelas en los extremos
	4	16	
	3	8	Los bambus se unen mediante un anclaje jota con pernos que se ajustan con tuercas y arandelas en los extremos.
Anclaje a la cubierta	3	29	Se unen con una abrazadera de un extremo y clavos o pernos del otro extremo
	Compuesta 4	2	
	5	8	

Cuantificación de hormigón

CUANTIFICACION DE MATERIALES (HORMIGON)					
TIPO	DIMENSIONES (m)		PERALTE (m)	CANTIDAD	VOLUMEN (m)
Losa	5,63	11,08	0,05	1	3,12
Cadena	0,35	38,5	0,3	1	4,04
Hormigon ciclopeo	0,45	38,5	0,5	1	8,66
Plinto	0,35	0,35	1,2	6	0,88
Zapata	0,9	0,9	0,2	6	0,97
Replanto	0,9	0,9	0,05	6	0,24

ALGORITMO PARA REDISEÑO DE ESTRUCTURAS DE BAMBÚ				
VARIABLE	VALOR	UNIDADES	DEFINICIÓN.	EXTRAS
0.- INGRESO DE LA GEOMETRÍA Y PROPIEDADES DEL BAMBÚ				
D	7	cm	Diametro mayor	
t	0.8	cm	Espesor del bambú	
d	5.4	cm	Diámetro menor	
lo=	76.12	cm4	Inercia de la sección trasnversal	
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS				
E0.5	122366.4	Kgf/cm2	Módulo de Elasticidad 0.5.	
E0.05	76479	Kgf/cm2	Módulo de Elasticidad 0.05.	
Emin	40788.8	Kgf/cm2	Módulo de Elasticidad mínimo.	
G0.5	4370.23	Kgf/cm2	Módulo de corte 0.5.	
G0.05	2731.39	Kgf/cm2	Módulo de corte 0.05.	
Gmin	1456.74	Kgf/cm2	Módulo de corte mínimo.	
ESFUERZOS ADMISIBLES				
Fb	152.96	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible a Flexión.	
Ft	193.75	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible a Tracción.	
Fc	142.76	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible a Compresión longitudinal.	
Fp	14.28	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible a compresión trasnversal.	
Fv	12.24	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible a Corte.	
DATOS DE LA ZONA				
CH	16%	%	Contenido de humedad del sitio.	
T (°c)	25	GRADOS C.	Temperatura de la zona del proyecto.	
Ct (parcial)	1		coeficiente parcial de modificación de temperatura.	
C serv.	Seco	-	Condiciones de servicio.	
1.- DISEÑO FINAL DE VIGAS				
STEINER				
SECCIÓN	1C2F		(ver tabla 00A)	
ÁREA	31.16	cm2	Área de la sección	
Ycg (cm)	7	cm	Centro de gravedad y-y	
Xcg (cm)	3.5	cm	Centro de gravedad x-x-	
Inercia (cm4) Y-Y	534.01	cm4	Momento de Inercia y-y-	
radio de giro Y-Y	4.14	cm	Radio de giro y-y	
S Módulo de sección(cm3) Y-Y	76.29	cm3	Módulo de sección y-y	
h (cm)	14	cm	Altura total de la sección	
Inercia (cm4) X-X	152.24	cm4	Momento de inercia x-x	
radio de giro X-X	2.21	cm	Radio de giro x-x	
S Módulo de sección(cm3) Y-Y	43.50	cm3	Módulo de sección x-x	

DATOS DE VIGAS

L viga principal	3.61	m	Longitud de la viga principal.
Qd	728.95	Kg/m	Carga muerta distribuida
QL	413	Kg/m	Carga viva distribuida.
V(programa)	24	Kgf	Cortante extraído del programa.
M(programa)	16	kgf.m	Momento extraído del programa.
Servicio	Techos planos		
Delta	300		Coefficiente de deflexión
Dads	12	mm	Deflexión admisible normativa

CÁLCULO DE CARGA PARA SECCIONES.

W	1870.90	Kgf/m	carga para el cálculo de sección.
W-i	1141.95	Kgf/m	carga para deflexiones inmediatas.
W-f	2577.96	Kgf/m	Carga para deflexiones diferidas.

INERCIAS POR DEMANDA DE DISEÑO

INERCIAS POR DEMANDA DE DISEÑO				D/C
PARA (E 0.05)				
Iw (E005)	44956.24	cm4	Inercia para el cálculo de sección.	8418.7%
Iw-i (E005)	27440.15	cm4	Inercia para verificación de deflexiones i.	5138.6%
Iw-f (E005)	61946.33	cm4	Inercia para verificación de deflexiones f.	11600.3%
PARA (E min) PREFERENCIAL				
Iw (Emin)	84292.96	cm4	Inercia para el cálculo de sección.	15785.0%
Iw-i (Emin)	51450.29	cm4	Inercia para verificación de deflexiones i.	9634.8%
Iw-f (Emin)	116149.38	cm4	Inercia para verificación de deflexiones f.	21750.6%

FLEXIÓN

H/D	2	cm/cm	no requiere soporte lateral
CD	0.9		Coefficiente de modificación por duración de la carga
Cr	1		Coefficiente de modificación por distribución de cargas.
Cc	0.91		Coefficiente de modificación por cortante.
f'b	105.92	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible modificado a flexión.
fb	20.97	Kgf/cm2	Esfuerzo a flexión actuante.
D/C	19.8%		Demanda/Capacidad

CORTANTE

Vcal	22.13850416	Kg	Cortante de cálculo
CD	0.9		Coefficiente de modificación por duración de la carga
Cm	0.89		Coefficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1		Coefficiente de modificación por temperatura.
CL	0.95		Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas.
CF	1		Coefficiente de modificación por forma.
Cr	1		Coefficiente de modificación por distribución de cargas.
Cc	0.91		Coefficiente de modificación por cortante.
F'v	8.47	Kg/cm2	Esfuerzo admisible modificado para corte.
Fv	1.41	Kg/cm2	Esfuerzo cortante
D/C	16.6%		Demanda/Capacidad

APLASTAMIENTO			
b	12	cm	Ancho de apoyo, donde descanza la viga principal (\geq Diámetro exterior).
Cm	1	0.93	Coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura.
CL	1		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas.
CF	1		Coeficiente de modificación por forma.
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas.
Cc	0.93		Coeficiente de modificación por cortante.
C-relleno o C-vacio	SI		Condición de relleno de mortero
F _p	13.28	Kg/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal.
tpromedio=	2.5	cm	Espesor promedio en función del los culmos utilizados.
F _p	0.43	Kg/cm ²	Esfuerzo aplicable.
D/C	3.2%		Demanda/Capacidad

TENSIÓN			
Cm	1	0.70	Coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura.
CL	1		Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas.
CF	1		Coeficiente de modificación por forma.
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas.
Cc	0.7		Coeficiente de modificación por cortante.
F _t	135.62	Kg/cm ²	Esfuerzo admisible modificado para corte transversal.
Fuerza sismo	234	kgf	Tracción por efecto de sismo.
F _t	7.51	Kg/cm ²	
D/C	5.5%		Demanda/Capacidad

2.- DISEÑO FINAL DE COLUMNAS Y DIAGONALES

STEINER			
SECCIÓN	2C-2F	(ver tabla 00A)	
ÁREA	62.33	cm ²	Área de la sección
Ycg (cm)	10.5	cm	Centro de gravedad y-y
Xcg (cm)	10.5	cm	Centro de gravedad x-x
Inercia (cm ⁴) Y-Y	3358.61	cm ⁴	Momento de Inercia y-y
radio de giro Y-Y	7.34	cm	Radio de giro y-y
S Módulo de sección(cm ³) Y-Y	319.87	cm ³	Módulo de sección y-y
h (cm)	21	cm	Altura total de la sección
Inercia (cm ⁴) X-X	3358.61	cm ⁴	Momento de inercia x-x
radio de giro X-X	7.34	cm	Radio de giro x-x
S Módulo de sección(cm ³) Y-Y	319.87	cm ³	Módulo de sección x-x

CARGAS GRAVITACIONALES ACTUANTES

P columna (programa)	874	Kgf	Carga aplicada a la columna desde el programa (envolvente).
M programa	250	Kg-m	Momento aplicado a la columna desde el programa (envolvente).
V programa	79	Kg	Cortante aplicado a la columna desde el programa (envolvente).
T programa	0	Kg	Tensión aplicado a la columna desde el programa (envolvente).

COMPRESIÓN AXIAL

CD	0.9	0.54	Coeficiente de modificación por duración de la carga
Cm	0.83		Coeficiente de modificación por contenido de humedad
Ct	1		Coeficiente de modificación por temperatura.
CF	1		Coeficiente de modificación por forma.
Cr	1		Coeficiente de modificación por distribución de cargas.
Cc	0.91		Coeficiente de modificación por cortante.
CP	0.792		Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas.

C	0.8		Valor para cualquier sección.
Utilizar Cp=	NO		Cuando un miembro a compresión es soportado en toda su longitud y en ambas direcciones principales, para prevenir desplazamientos laterales, Cp=1
F`c	97.04	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible a la compresión paralela a la fibras, modificado sin CP
FCE	13.30		
FCE/F`c	1.40		
Lcolumna	2	m	Altura de la columna.
k	2		Coeficiente de longitud efectiva
Le	4	m	Longitud efectiva
λ X-X	54.49		Relacion esbeltez del elemento x-x. (<150)
λ Y-Y	54.49		Relacion esbeltez del elemento y-y. (<150)
F`c	97.04	Kgf/cm2	Esfuerzo admisible a la compresión paralela a la fibras
Ck	72.01		Esbeltez Ck, límite entre columnas.
C columna	INTERMEDIA		Clasificación de columnas.
Fc	1.66	Mpa.	Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante.
Fc	16.95	Kgf/cm2	Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante.
D/C	17.5%		Demanda sobre capacidad.

TENSIÓN AXIAL

ft	0.000	Kgf/cm2	Esfuerzo de Tensión actuante.
fb	78.16	Kgf/cm2	Esfuerzo de Flexión actuante.
f`t	131.70	Kgf/cm2	Esfuerzo de tensión admisible modificado.
f`b	103.98	Kgf/cm2	Esfuerzo de flexión admisible modificado.
	0.7517	CORRECTO	

FLEXO-COMPRESIÓN.

Ncr	15844.60 kg	CORRECTO	Carga Crítica de Euler.
km	1.09		Coeficiente de magnificación de momento.
	0.99	CORRECTO	

