

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Carrera de Arquitectura



Aplicación de la caña Guadúa en la construcción de un modelo de Tiny House

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Arquitecto

Director:

Arq. Galo Alfredo Ordóñez Castro
C.I.: 0102083052

Autor:

César Andrés Cabrera Andrade
C.I.: 1315606408

Cuenca – Ecuador
Noviembre 2018



RESUMEN

Las Tiny House, motas de diseño dentro de la urbe. La alternativa de vivienda ideal para aquellos que encuentran la comodidad en los pequeños detalles.

“La pequeña casa de guadúa” es el resultado de la recopilación de hitos históricos de las pequeñas casas en diferentes épocas y culturas, y referentes modernos de Tiny House. Un análisis de los sistemas constructivos con madera sobre remolques de carga, opciones de abastecimiento eléctrico y de agua, y tipos de anclajes y uniones con caña Guadúa Angustifolia.

Parte de diseñar con un material es estar en contacto con él, conocer sus características físicas, mecánicas y constructivas. La elaboración de elementos, uniones y anclajes para realizar ensayos de laboratorio permitieron la interacción con la caña guadúa, además de ser el respaldo técnico para garantizar la resistencia estructural del sistema.

PALABRAS CLAVES

Caña guadúa Angustifolia

Tiny House

Prototipo

Uniones

Anclajes

Sistema constructivo



ABSTRACT

The Tiny house, design notes inside the city. The ideal housing alternative for those who find comfort in the small details.

"The small house of guadua" is the result of the collection of historical landmarks of small houses in different times and cultures, and refers to the modern tiny house. An analysis of construction systems with wood on cargo trailers, electricity and water supply options, and types of anchors and joints with Guadúa Angustifolia cane.

Part of designing with a material is to be in contact with it, to know its physical, mechanical and constructive characteristics. The elaboration of elements, unions and anchors to carry out laboratory tests allow the interaction with the bamboo cane, besides being the technical backup to guarantee the structural resistance of the system.

KEYWORDS

Cane Guadúa Angustifolia

Tiny House

Prototype

Unions

Anchors

Construction system



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

César Andrés Cabrera Andrade en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Aplicación de la caña Guadúa en la construcción de un modelo de Tiny House”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 12 de noviembre de 2018

César Andrés Cabrera Andrade

C.I: 1315606408



Cláusula de Propiedad Intelectual

César Andrés Cabrera Andrade, autor del trabajo de titulación "Aplicación de la caña Guadúa en la construcción de un modelo de Tiny House", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 12 de noviembre de 2018

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "César A. Cabrera Andrade".

César Andrés Cabrera Andrade

C.I: 1315606408



DEDICATORIA

Para Andrea, aquella chica que apareció en mi vida cuando iniciaba la carrera, que gracias a querer llevarla a recorrer el mundo sin que saliera de casa inspiró la idea de “ponerle ruedas a una cama” y ahora presento el diseño para una casa rodante. Cumpliendo la promesa que alguna vez le hice: dedicarle mi primer proyecto.

Andrea; la pequeña casa de guadúa fue gracias a ti, porque te quise desde el primer momento en que te vi y ahora tú: ¿Qué piensas?... será el inicio para una nueva idea.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, quienes fueron los que me apoyaron constantemente en durante mi proceso académico y son la razón de seguir adelante con mis metas.

A los profesores de la facultad que de una u otra manera apoyaron mi proyecto, al Arq. Alfredo Ordoñez quien dirigió mi trabajo, y especiales agradecimientos a los arquitectos Edison Castillo y Jonnathan Aguirre quienes supervisaron mis trabajos en los talleres y laboratorios.



ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA		
RESUMEN	1	Resumen de datos	36
ABSTRACT	2	Características del remolque	38
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	3	Normativa de tránsito del Ecuador para el uso de remolques	39
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	4	La caña guadúa como material de construcción	40
DEDICATORIA	5		
AGRADECIMIENTO	5		
ÍNDICE	6		
ÍNDICE DE IMÁGENES	8		
ÍNDICE DE TABLAS	11		
INTRODUCCIÓN	12		
HIPÓTESIS	12		
OBJETIVO GENERAL	13		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13		
CAPÍTULO 1:			
ANTECEDENTES: HISTORIA DEL MOVIMIENTO TINY HOUSE	14	CAPÍTULO 2:	
		DESARROLLO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA TINY HOUSE CON GUADÚA	43
Orígenes del movimiento Tiny House	15		
Línea dispersa en el tiempo	16	Cuadro de detalles: Sistema de tabique lleno con estructura de madera	44
Ideología del movimiento Tiny House	25	Opciones de Instalaciones	52
Ventajas y desventajas	25	Eléctricas	53
Incorporación de esta idea en diferentes países	26	Sanitarias	54
Diseños de Tiny House	27	Estructura de Guadúa	55
Modelo 1: Cypress 20' Overlook	28	Paneles	55
Modelo 2: ELM 26' Equator	30	Tipos de paneles según el sistema constructivo	55
Modelo 3: Farallon 26' Alta	32	Tipos de paneles según su posición	56
Modelo 4: Roanoke 20' Clear	34	Estructura	57
		Recubrimiento	58
		Aislante	60
		Cortes, Uniones y Anclajes	61
		Cortes	61
		Uniones	62
		Anclajes	63

**CAPÍTULO 3:
VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO: ENSAYOS DE
LABORATORIO** 65

Ensayo de uniones	66
Objetivos y alcances	66
Configuración de la estructura a ensayar	66
Descripción del ensayo	68
Materiales, herramientas y equipos	69
Descripción de los sistemas de anclajes a ser estudiados	73
Procedimiento de ensayo	77
Resultados de ensayos	78
Conclusiones	86
Ensayo de conexiones en vigas de guadúa a flexión	88
Objetivos y alcances	88
Configuración de los elementos a ensayar	88
Descripción del ensayo	90
Materiales, herramientas y equipos	91
Descripción de los sistemas de conexiones en vigas a ser ensayadas	93
Procedimiento de ensayo	95
Resultados de ensayos	95
Conclusiones	100
Ensayo a flexión de laminados de guadúa	101
Objetivos y alcances	101
Configuración de los elementos a ensayar	101
Descripción del ensayo	102
Materiales, herramientas y equipos	103
Procedimiento de ensayo	105
Resultados de ensayos	106
Conclusiones	107

**CAPÍTULO 4:
RESULTADOS Y CONCLUSIONES** 108

Presentación del prototipo de Tiny House con guadúa para el Ecuador	109
Diseño de la Tiny House con Guadúa: Planos y Elevaciones	111
Planos y especificaciones constructivas: Sistema constructivo	117
Planos de Instalaciones	136
Planos de instalaciones eléctricas	137
Planos de instalaciones sanitarias	140
Estrategias pasivas de confort	143
Renders	146
Presentación de innovaciones constructivas y de diseño en una Tiny House	152
Recomendaciones	152
Comparación de resultados con construcciones mínimas ya existentes en el Ecuador	153
Vivienda de bambú, CAEMBA	153
La casa elevada de bambú, Inbar	156
Cuadro comparativo de las características de los proyectos con caña guadúa en el Ecuador y la propuesta de Tiny House	158
Conclusiones	159
Bibliografía	161
Anexos	163

ÍNDICE DE IMAGEN

CONTENIDO	PÁGINA		
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES: HISTORIA DEL MOVIMIENTO TINY HOUSE		CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA TINY HOUSE CON GUADÚA	
Imagen 1.1: Yurta mongola tradicional	17	Imagen 2.1: Fuente de alimentación: Opción 1.	53
Imagen 1.2: Tipis Lakotas	17	Imagen 2.2: Fuente de alimentación: Opción 2.	53
Imagen 1.3: Vagones gitanos	18	Imagen 2.3: Inodoro: Opción 1.	54
Imagen 1.4: Pequeña casa en Virginia, entonces y ahora.	18	Imagen 2.4: Inodoro: Opción 2.	54
Imagen 1.5: La escapada de Thoreau.	19	Imagen 2.5: Paneles con rollizos de caña.	55
Imagen 1.6: Capilla móvil de 1923.	19	Imagen 2.6: Paneles con estructura de pie derecho y solera con recubrimiento.	56
Imagen 1.7: Remolque de viaje de los años 50's.	20	Imagen 2.7: Esquema de tipos de paneles.	56
Imagen 1.8: Remolque de los años 70's en Inglaterra.	20	Imagen 2.8: Panel lateral.	57
Imagen 1.9: Venturo House.	21	Imagen 2.9: Paneles ciegos.	57
Imagen 1.10: Portada del libro "Shelter".	21	Imagen 2.10: Paneles con vanos.	57
Imagen 1.11: Casa autónoma de 1979 de Michael Jantzen.	22	Imagen 2.11: Panel de estructura de caña rolliza.	57
Imagen 1.12: Portada del libro "The not so big House".	22	Imagen 2.12: Recubrimiento con latillas de culmos de bambú.	58
Imagen 1.13: Jay Schafer junto a su Tiny House.	23	Imagen 2.13: Recubrimiento con caña picada.	59
Imagen 1.14: Cabañas Katrina.	24	Imagen 2.14: Recubrimientos con tableros prensados de bambú.	59
Imagen 1.15: Tiny House Frace.	27	Imagen 2.15: Tabla de medición del valor R.	60
Imagen 1.16: Interiores de la Tiny House Frace.	27	Imagen 2.16: Corte recto.	61
Imagen 1.17: Modelo 1 Cypress 20' Overlook.	29	Imagen 2.17: Corte boca de pez.	61
Imagen 1.18: Modelo 2 ELM 26' Equator.	31	Imagen 2.18: Corte pico de flauta.	61
Imagen 1.19: Modelo 3 Farallon 26' Alta.	33	Imagen 2.19: Uniones diagonales.	62
Imagen 1.20: Modelo 4 Roanoke 20' Clear.	35	Imagen 2.20: Uniones longitudinales.	62
Imagen 1.21: Remolque utilizado por Tumbleweed.	38	Imagen 2.21: Anclaje con perno tensor.	63
Imagen 1.22: Accesorios para el remolque.	38	Imagen 2.22: Anclaje con disco y media caña metálica.	63
Imagen 1.23: Caña guadúa Angustifolia.	40		
Imagen 1.24: Pabellón de Colombia en la feria de Hannover del 2000.	41		



Imagen 2.23: Anclaje con perno y pletinas.	64	Imagen 3.25: Esfuerzos y deformaciones en las estructuras empernadas.	80
Imagen 2.24: Anclaje con zunchos.	64	Imagen 3.26: Estructura con conexiones empernadas luego de ser ensayada.	80
CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO: ENSAYOS DE LABORATORIO			
Imagen 3.1: Esquema de uniones en pared lateral.	67	Imagen 3.27: Aplastamiento en el punto de aplicación de la carga.	81
Imagen 3.2: Esquema de estructura a ensayar.	68	Imagen 3.28: Desplazamiento de la junta en la unión superior.	81
Imagen 3.3: Esquemas de cargas.	68	Imagen 3.29: Aplastamiento entre los cordones superior e inferior.	82
Imagen 3.4: Culmos de caña rolliza.	69	Imagen 3.30: Desplazamiento de la junta inferior.	82
Imagen 3.5: Ensayos de contenido de humedad de la caña.	70	Imagen 3.31: Diagrama esfuerzo/deformación de uniones empernadas con mortero de refuerzo.	83
Imagen 3.6: Pernos, tuercas y arandelas.	70	Imagen 3.32: Esfuerzos y deformaciones en las estructuras con mortero de refuerzo.	84
Imagen 3.7: Arandelas de caucho.	71	Imagen 3.33: Estructura con mortero de refuerzo luego de ser ensayada.	84
Imagen 3.8: Herramientas utilizadas en la elaboración de las estructuras.	71	Imagen 3.34: Fallo del perno tensor.	85
Imagen 3.9: Prensa universal del Laboratorio de Ingeniería.	72	Imagen 3.35: Fractura longitudinal del cordón superior.	85
Imagen 3.10: Adaptador para aplicar carga.	72	Imagen 3.36: Deformación en el perno de la unión inferior.	86
Imagen 3.11: Soportes curvos de madera.	72	Imagen 3.37: Diagrama carga/deformación en ambos sistemas.	86
Imagen 3.12: Unión empernada inferior.	73	Imagen 3.38: Diferencia de comportamiento frente a esfuerzos de compresión perpendicular.	87
Imagen 3.13: Unión empernada superior.	73	Imagen 3.39: Esquema estructural de vigas del piso y entrepiso	89
Imagen 3.14: Corte de los elementos de Caña Rolliza.	74	Imagen 3.40: Vigas de piso y entrepiso de guadúa.	90
Imagen 3.15: Corte a boca de pez y pico de flauta.	74	Imagen 3.41: Prensa universal del laboratorio de ingeniería.	92
Imagen 3.16: Perforado de los elementos de caña.	74	Imagen 3.42: Adaptador para aplicar carga en 2 puntos.	92
Imagen 3.17: Armado de la Estructura.	75	Imagen 3.43: Soporte con viga metálica.	92
Imagen 3.18: Resistencia del mortero a esfuerzos de aplastamiento.	75	Imagen 3.44: Unión a boca de pez con perno tensor.	93
Imagen 3.19: Esfuerzos de compresión en elementos de caña.	76	Imagen 3.45: Viga del nivel +0,84.	93
Imagen 3.20: Mezclado del mortero.	76	Imagen 3.46: Unión por superposición empernada con corte a media caña.	94
Imagen 3.21: Vertido del mortero.	77	Imagen 3.47: Viga del nivel +3,08.	94
Imagen 3.22: Estructuras apiladas.	77	Imagen 3.48: Diagrama carga deformación de vigas del nivel +0,84	96
Imagen 3.23: Puntos críticos en las estructuras.	78		
Imagen 3.24: Diagrama carga/deformación de uniones empernadas.	79		



Imagen 3.49: Esfuerzos y deformaciones en vigas del nivel +0,84	97
Imagen 3.50: Falla en la conexión emperrada a boca de pez en la viga del nivel +0,84	97
Imagen 3.51: Diagrama carga deformación de vigas del nivel +3,08	98
Imagen 3.52: Esfuerzos y deformaciones en vigas del nivel +3,08	99
Imagen 3.53: Falla en la conexión emperrada por superposición en la viga del nivel +3,08	99
Imagen 3.54: Diagrama carga/deformación de ambos sistemas de vigas	100
Imagen 3.55: Dimensiones de la probeta.	101
Imagen 3.56: Probetas de laminados de guadúa.	101
Imagen 3.57: Probetas ensayadas a flexión.	102
Imagen 3.58: Acción de fuerzas.	102
Imagen 3.59: Latillas de caña guadúa.	103
Imagen 3.60: Cola blanca.	103
Imagen 3.61: Herramientas.	103
Imagen 3.62: Prensa ADR Touch 111 Kn.	104
Imagen 3.63: Adaptador para aplicar carga.	104
Imagen 3.64: Apoyos cóncavos de acero.	104
Imagen 3.65: Ensayos de flexión con cargas perpendiculares a las fibras.	105
Imagen 3.66: Ensayos de flexión con cargas paralelas a las fibras.	105
Imagen 3.67: Deformación en probetas de laminados de guadúa a flexión.	107
Imagen 3.68: Fracturas en probetas con cargas paralelas a las fibras.	107

Imagen 3.69: Fracturas en probetas con cargas perpendiculares a las fibras.	107
---	-----

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Imagen 4.1: Vivienda de bambú gigante progresiva.	153
Imagen 4.2: Vivienda de bambú en Don Juan, Manabí.	154
Imagen 4.3: Propietarios de una vivienda de bambú.	154
Imagen 4.4: Interior de vivienda de bambú gigante y caña guadúa.	154
Imagen 4.5: Vivienda de bambú gigante y caña guadúa terminada.	155
Imagen 4.6: Interior de vivienda progresiva de dos pisos.	155
Imagen 4.7: Comunidad Balzar del pueblo indígena Chachí, Esmeraldas.	155
Imagen 4.8: Prototipo de casa elevada de bambú en Olón, Santa Elena.	156
Imagen 4.9: Mobiliario de guadúa en el interior de la vivienda elevada.	157
Imagen 4.10: Área social de la vivienda elevada de guadúa.	157
Imagen 4.11: Cimientos de ladrillo estructural y hormigón.	157



ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA	
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES: HISTORIA DEL MOVIMIENTO TINY HOUSE		CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO: ENSAYOS DE LABORATORIO
Tabla 1.1: Características del modelo 1 Cypress 20' Overlook.	28	Tabla 3.1: Característica de la caña. 69
Tabla 1.2: Cuadro de áreas del modelo 1 Cypress 20' Overlook.	28	Tabla 3.2: Resultados de ensayos de conexiones emperradas. 79
Tabla 1.3: Características del modelo 2 ELM 26' Equator.	30	Tabla 3.3: Esfuerzos admisibles de la caña guadúa. 80
Tabla 1.4: Cuadro de áreas del modelo 2 ELM 26' Equator.	30	Tabla 3.4: Resultados de conexiones emperradas con mortero de refuerzo. 83
Tabla 1.5: Características del modelo 3 Farallon 26' Alta.	32	Tabla 3.5: Resultados de ensayos en vigas del nivel +0,84 96
Tabla 1.6: Cuadro de áreas del modelo 3 Farallon 26' Alta.	32	Tabla 3.6: Resultados de ensayos en vigas del nivel +3,08 98
Tabla 1.7: Características del modelo 4 Roanoke 20' Clear.	34	Tabla 3.7: Resultados de ensayos de flexión con cargas paralelas a las fibras. 106
Tabla 1.8: Cuadro de áreas del modelo 4 Roanoke 20' Clear.	34	Tabla 3.8: Resultados de ensayos de flexión con cargas perpendicular a las fibras. 106
Tabla 1.9: Cuadro de área de los modelos de Tiny House.	36	
Tabla 1.10: Cuadro de porcentajes de áreas de los modelos de Tiny House.	36	CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y CONCLUSIONES
Tabla 1.11: Cuadro de áreas y porcentajes de los modelos de Tiny House.	37	Tabla 4.1: Cuadro de áreas de la Pequeña Casa de Guadúa. 109
Tabla 1.12: Programa para una Tiny House.	37	Tabla 4.2: Cuadro comparativo de las características de los proyectos con caña guadúa en el Ecuador y la propuesta de Tiny House. 158
Tabla 1.13: Características del remolque.	39	
Tabla 1.14: Cuadro comparativo de tiempos de cosecha de especies madereras.	42	
CAPÍTULO 2: DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE TINY HOUSE CON GUADÚA		
Tabla 2.1: Tipos de aislamientos térmicos.	60	



INTRODUCCIÓN

Al escuchar la frase “*menos es más*”, posiblemente se haga referencia al modo de vida dentro de una Tiny House, un estilo de arquitectura que incorpora los ambientes encontrados dentro de una vivienda convencional en un área menor, que en muchos casos no llega a superar los 40m², sin comprometer la calidad de los espacios.

Dentro del mundo de “*las pequeñas casas*” se pueden encontrar una infinidad de diseños, estilos y construcciones, tan peculiares y únicos como las personas que las habitan. No es de sorprender que estos hogares se manifiesten como pequeños lunares dentro de las ciudades debido a sus ventajas sobre otro tipo de construcciones.

Diseñar una de estas pequeñas viviendas conlleva un estudio exhaustivo del espacio, permitiendo la versatilidad de los ambientes en adaptarse a las actividades que se desarrollarán en un momento específico, además de un análisis del sistema constructivo que permita la modificación de los interiores, y en ciertos casos, el traslado de la construcción sin comprometer la integridad de la estructura.

HIPÓTESIS

Es posible la construcción de una Tiny House para el Ecuador a partir de la caña guadua como material de construcción.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema constructivo a base de caña guadua para un modelo de Tiny House.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar un modelo de Tiny House en el cual se pueda aplicar la caña guadua como material de construcción.
2. Identificar del modelo de Tiny House seleccionado componentes estructurales y de equipamientos para su construcción en caña guadua.
3. Realizar detalles constructivos de los elementos seleccionados para la construcción del prototipo de Tiny Houses.
4. Construir una sección del prototipo de Tiny House a escala real para ser ensayada en laboratorio.

CAPÍTULO



“Las pequeñas casas son tan variables como las personas que las aman. Pueden ser casitas de pan de jengibre o chozas de pesca de hielo, sentarse sobre ruedas o flotar sobre el agua. Algunas se establecen como motas de polvo en el desierto, mientras que otras brotan en lotes del centro de la ciudad.”

Julie Lasky, 13/07/2016

ANTECEDENTES: HISTORIA DEL MOVIMIENTO TINY HOUSE



ORÍGENES DEL MOVIMIENTO TINY HOUSE

Sin duda alguna, las pequeñas casas han existido desde que el hombre creó sus primeros hogares, cuevas entre las rocas, cabañas con hojas y ramas en el bosque, iglúes en el ártico o chozas de paja y barro, en respuesta a las necesidades inmediatas de vivienda con las alternativas de materiales y sistemas constructivos que tenían a su alcance.

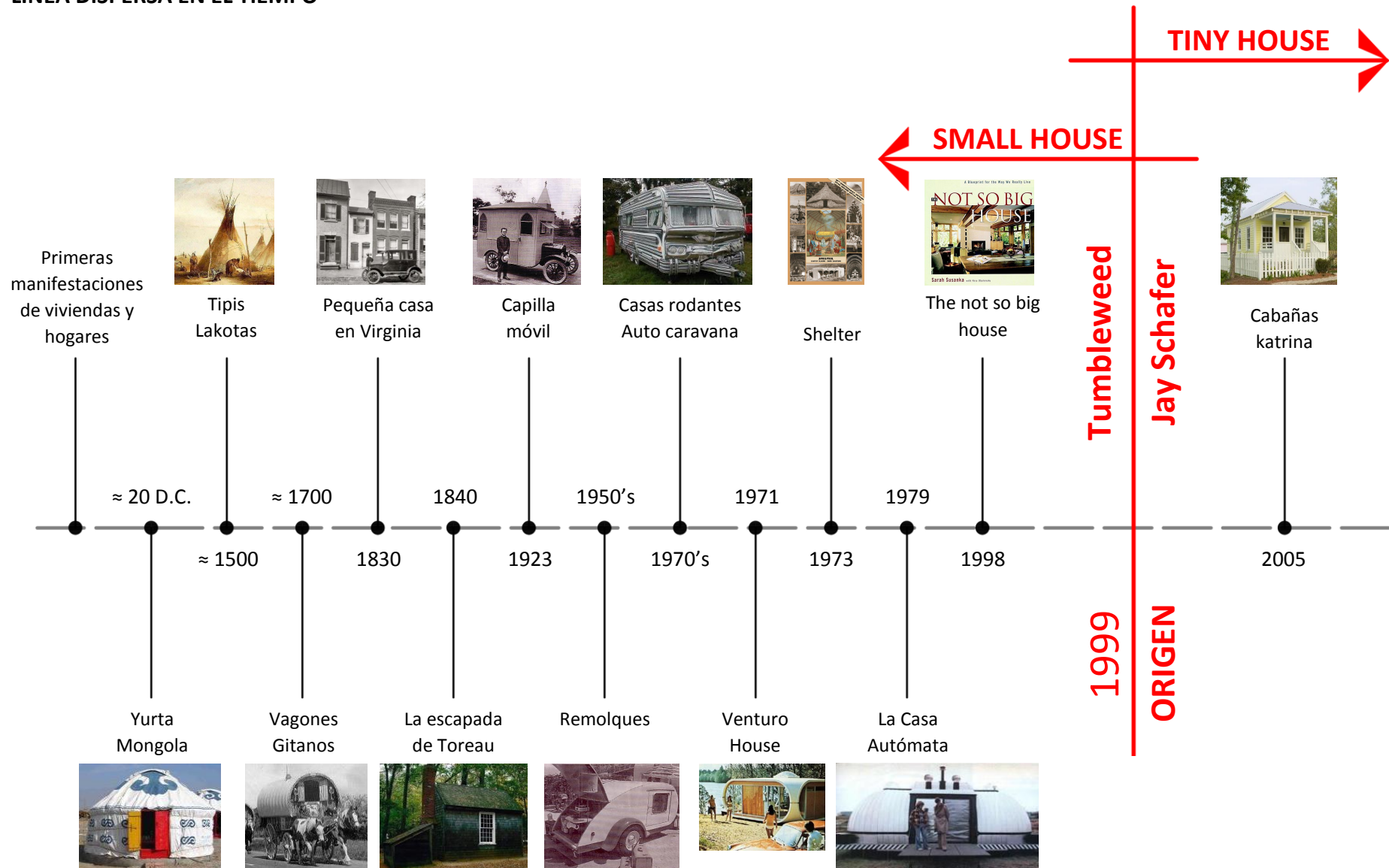
Generar un recorrido evolutivo de las casas pequeñas o identificar el origen de la idea de una casa rodante se vuelve una tarea complicada, ya que no sería justo atribuirle este acontecimiento a un solo suceso de la historia. A pesar de ello existen varios hechos a través del tiempo que acogen la filosofía actual de la Tiny House moderna, desde las primeras muestras de civilizaciones hasta los modernos y lujosos campers.

Mariah en su bloc *“Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa)”* realiza una recopilación de estas pequeñas casas a lo largo de los años, señalando aquellos hechos que pudieron inspirar los diseños de las Tiny House de hoy en día, siendo estas construcciones el antecedente histórico que fundamenta la ideología y principios del movimiento.

La línea de tiempo que a continuación se muestra, no pretende representar el proceso evolutivo para llegar a la Tiny House actual, es la recopilación de hitos históricos reconocidos por la comunidad Tiny House, adeptos y entusiastas del movimiento que hacen referencia a las denominadas casas pequeñas (small house) presente a lo largo del tiempo por distintas civilizaciones, épocas y culturas, hasta el surgimiento del término Tiny House que hace referencia al movimiento cultural que personifican hoy las casas pequeñas.

Existe un hecho que establece un antes y después en la historia de las casas pequeñas, la creación de *“Tumbleweed”* en 1999 por Jay Schafer, que marcó el origen del movimiento cultural de las Tiny House en Estados Unidos, para luego extenderse por Europa y varios países de centro y sur de América. Anterior a ello, este tipo de hogares sólo eran conocidos como *“small house”* o simplemente casas pequeñas, por su característica más distintiva: ser de tamaño menor a una casa convencional.

LÍNEA DISPERSA EN EL TIEMPO



Yurta Mongola

La naturaleza del hombre lo ha llevado a realizar construcciones para protegerse del clima, las civilizaciones nómadas diseñaban sus viviendas capaces de ser desmontadas, trasladadas y vueltas a colocar en otro sitio manteniendo su habitabilidad. Tal era el caso de la civilización Mongolia, debido a su estilo de vida nómada obligó a que sus viviendas se adapten a los constantes desplazamientos, surgiendo las denominadas Yurtas, tiendas de campaña construidas con maderas delgadas y flexibles fáciles de trasladar, y una gruesa cubiertas con lonas o pieles para resguardarse de los intensos climas de Mongolia. (Imagen 1.1)

Tipis Lakotas

En América del Norte, los nativos americanos también tenían su versión de yurtas, los conocidos tipis construidos con varas de madera y pieles de animales, utilizados desde hace unos 500 años luego de que los españoles insertaron el uso de los caballos en los territorios de América del Norte. Desde entonces, grupos de indios comenzaron a moverse a través de las grandes llanuras con rebaños de búfalos recorriendo los territorios desde Canadá hasta Texas. (Imagen 1.2)



Imagen 1.1: Yurta mongola tradicional

Fuente: Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa) [Imagen]. Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>



Imagen 1.2: Tipis Lakotas

Fuente: Álvarez, T. Tipi [Imagen]. Recuperado de: <http://www.inoxidables.net/nacionesindias/tipi.htm>

Vagones Gitanos

Con el nacimiento de los pueblos gitanos y la necesidad de migración de los pobladores, surgen los denominados “vagones gitanos”, rústicas casas rodantes montadas sobre carretas jaladas por caballos conformaban los hogares de por aquel entonces denominados “habitantes nómadas”, que se trasladaban de ciudad en ciudad permaneciendo temporadas en varios lugares. No solían ser bien vistas por los habitantes de los pueblos en donde llegaban, considerándolos un problema para la localidad por no saber dónde ser colocados. (Imagen 1.3)



Imagen 1.3: Vagones gitanos.

Fuente: Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa) [Imagen]. Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>

Pequeña casa en Virginia

Con el paso de los años y el surgimiento de nuevas ciudades, las pequeñas casas han logrado aparecer dentro de la urbe. Tal es el caso de una de ellas localizada en Virginia, Estados Unidos, que con solo 2,13m de ancho y 10,97m de largo ha perdurado en el tiempo desde su construcción en 1830. (Imagen 1.4)



Imagen 1.4: Pequeña casa en Virginia, entonces y ahora.

Fuente: Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa) [Imagen]. Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>

La Escapara de Thoreau

En la década de los años 1840, una pequeña casa fue construida en los bosques de Massachusetts por el entonces reconocido escritor Henry David Thoreau como un experimento social de vida más simple. Habitando su pequeño hogar de sólo 3,04m x 4,57m durante dos años. Actualmente sólo existe una réplica de la vivienda en el sitio conocida como “La Escapada de Thoreau”. (Imagen 1.5)

Capilla Móvil

Para el año 1923, se podían observar iglesias ambulantes que usaban los sacerdotes para trasladarse a lugares alejados para ofrecer matrimonios, confesiones u otras actividades eclesiásticas. En la imagen 1.6 se puede apreciar un reverendo norteamericano junto a su capilla móvil en 1923, en donde se trasladaba él y su esposa por varios estados de U.S.A., especialmente New York, Pensilvania, New Jersey y Maryland, conjuntamente con un órgano musical en su interior que lo tocaba la esposa para atraer a los fieles a las ceremonias.



Imagen 1.5: La escapada de Thoreau.

Fuente: Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa) [Imagen]. Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>

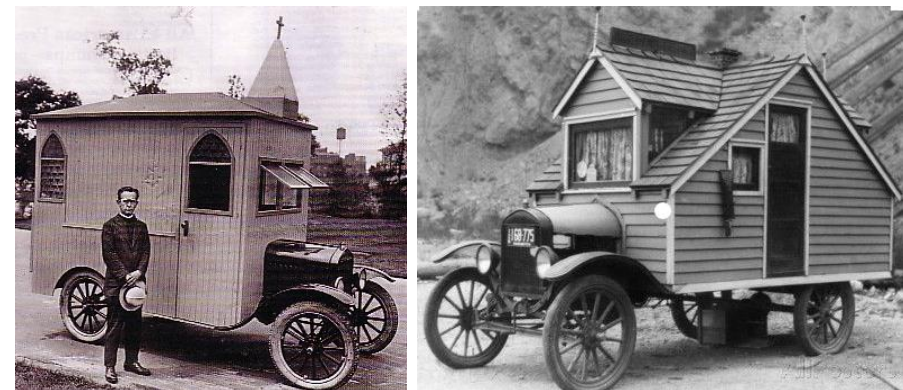


Imagen 1.6: Capilla Móvil de 1923.

Fuente: Tigre, C. (2008). Una mirada al pasado 02 [Imagen]. Recuperado de: <https://tigrepelvar.com/2008/11/16/una-mirada-al-pasado-02/>

Remolques de viaje

En los años 1950, conjuntamente con la revolución automovilística, aparecen los remolques de viaje, consistían en remolques acoplados a los vehículos que servían como dormitorios y cocinas portátiles, utilizados por los amantes del excursionismo y viajes a través de los estados unidos. (Imagen 1.7)

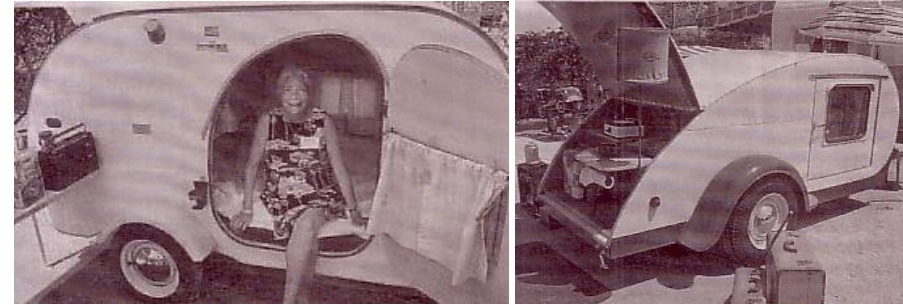


Imagen 1.7: Remolque de viaje de los años 50's.

Fuente: Tigre, C. (2008). Una mirada al pasado 02 [Imagen]. Recuperado de: <https://tigrepelvar.com/2008/11/16/una-mirada-al-pasado-02/>

Casas rodantes – Auto caravanas

Una de las modas que surgieron en los años 70's con respecto al estilo de vida fueron los auto caravanas o casas rodantes, en continuación a los remolques de viaje. Que de manera similar a Estados Unidos también aparecieron en Reino Unido. Verdaderas casas sobre ruedas que brindaban todas las comodidades a los usuarios que una casa convencional, con la posibilidad de explotar su espíritu aventurero y gozar de las libertades que brindaban estos vehículos. (Imagen 1.8)



Imagen 1.8: Remolque de los años 70's en Inglaterra.

Fuente: Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa) [Imagen]. Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>

Venturo House

En los Estados Unidos, la década de los años 70's genera una arquitectura experimental en la moda de aquel entonces. El diseñador Matti Suuronen presenta la "Venturo House" un inusual diseño de vivienda prefabricada en el año 1971. Ideal para amantes de la naturaleza y los exteriores, con grandes ventanales que daban la sensación de encontrarse en el exterior estando dentro de la vivienda. Posiblemente diseñada como una cabaña vacacional, pudo ser considerada la pequeña casa de aquel entonces. (Imagen 1.9)



Imagen 1.9: Venturo House

Fuente: Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa) [Imagen]. Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>

Shelter

Libro escrito por Lloyd Kahn y Bob Easton en 1973, en donde se resalta la imaginación, el ingenio y la exuberancia del hábitat humano. Narra la historia de los refugios y la evolución de los tipos de construcciones: tiendas de campaña, yurtas, construcciones de madera, graneros, casas pequeñas, cúpulas, etc. Presenta una galería de materiales de construcción, incluyendo construcciones con madera pesada y armazones de madera, piedra, paja, adobe, yeso y bambú. (Imagen 1.10)

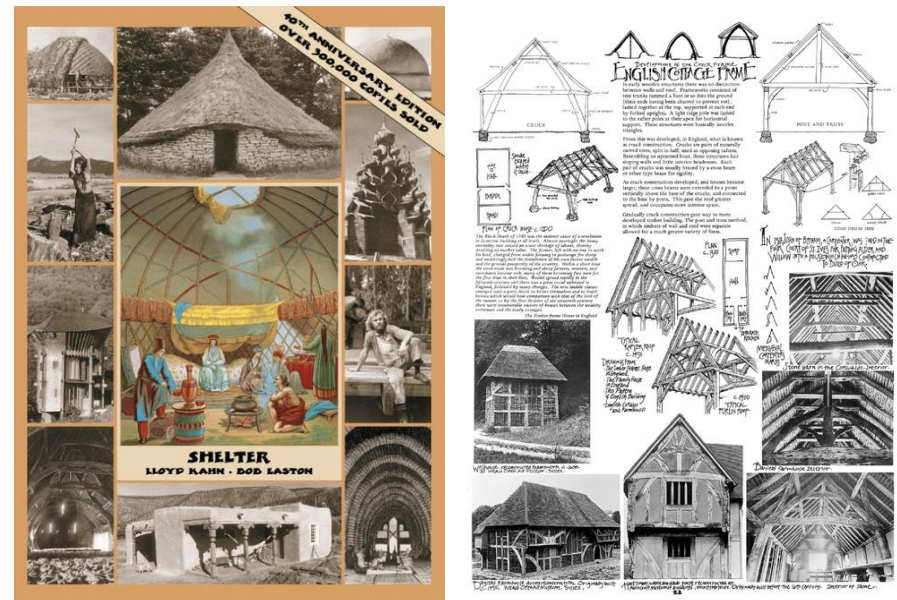


Imagen 1.10: Portada del libro "Shelter"

Fuente: Shelter Publications. [Imagen]. Recuperado de: <https://www.shelterpub.com/building/shelter>

La Casa Autónoma

En Estados Unidos, en 1979 Michael Jantzen presenta “*La Casa Autónoma*” (Imagen 1.11), considerada por muchos como la pequeña casa ideal, construida a partir de las dos mitades de la cubierta de un silo y asentada sobre un remolque, a pesar de que podía ser trasladada no fue diseñada para ser un remolque de viaje. Su particular forma y diseño la hacía única entre sus homólogas, la tecnología en ella aún sigue presente en la actualidad, equipada con inodoro de compostaje, ducha plegable, filtración de aguas grises, generación de luz eléctrica por medio de paneles solares y estufa de combustión de alcohol, toda una máquina verde sobre ruedas. (Mariah, 2013)

The not so big house

Libro escrito por Sarah Susanka en 1998, en donde comienza una revolución en el diseño de los hogares con la declaración: la calidad siempre debe de estar por encima de la cantidad. El libro propone pautas claras y viables para crear hogares que satisfagan necesidades espirituales y requisitos materiales, ya sea para una pareja sin hijos, una familia o solo una persona, intentando revertir las tendencias ostentosas de la arquitectura residencial argumentando a favor de las casas pequeñas. (Imagen 1.12)



Imagen 1.11: Casa autónoma de 1979 de Michael Jantzen.

Fuente: Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa) [Imagen]. Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>

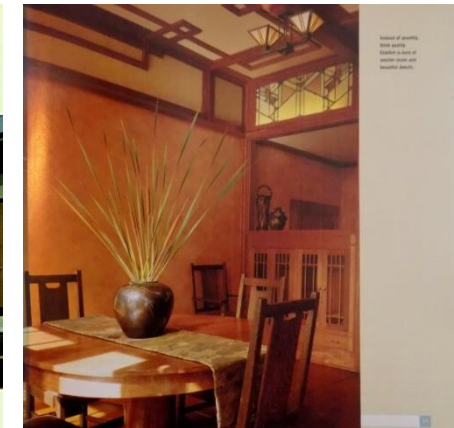
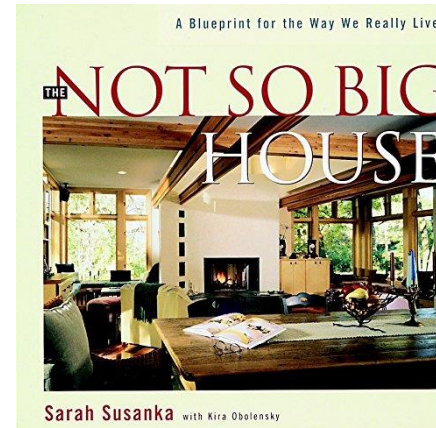


Imagen 1.12: Portada del libro “The not so big House”

Fuente: Susanka, S. (1998). The not so big House [Imagen]. Recuperado de: <https://www.amazon.es/Not-So-Big-House-Blueprint/dp/1561581305>

Tumbleweed

El nacimiento de las Tiny House

Esas fueron algunas de las pequeñas casas a lo largo de la historia, pero el movimiento “Tiny House” no fue reconocido como tal hasta 1999 con la construcción de Tumbleweed, la “primera” Tiny House en su género por Jay Schafer, a quien se le atribuye ser el fundador del movimiento. (Imagen 1.13)

Jay diseñó Tumbleweed al querer algo más adecuado para habitar que el Airstream de 9,30m² en el que había estado viviendo durante un par de años. Luego de que su pequeña casa fuera premiada con el "Diseño más innovador" en el Concurso Casa del Año 1999 de la revista Natural Home Magazine, nació la idea de que podía ganarse la vida diseñando y construyendo pequeñas casas, fundando Tumbleweed Tiny House Company. (Friedlander, 2014)

“Nunca me propuse diseñar pequeñas casas. Me propuse construir una casa eficiente. Cuando saqué todas las partes innecesarias de la casa, resultó ser una casa muy pequeña.”

Jay Schafer, 2014

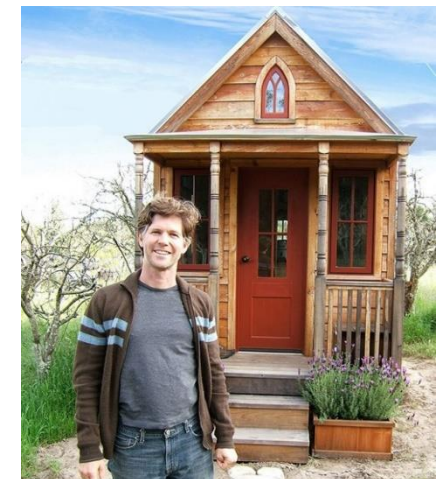


Imagen 1.13: Jay Schafer junto a su Tiny House.

Fuente: Schafer, J. Four Lights [Imagen]. Recuperado de: <https://www.fourlighthouses.com/pages/about-jay-shafer>

Cabañas Katrina

Originalmente diseñadas como una alternativa digna de vivienda frente a la propuesta de remolques de FEMA, durante la catástrofe producida por el huracán Katrina en Nueva Orleans y la Costa del Golfo en el 2005. Las Cabañas de Katrina o “*Katrina Cottages*” fueron aclamadas por su diseño, durabilidad, versatilidad y asequibilidad en USA Today, The Wall Street Journal, The New York Times, en la CNN y en todos los principales medios de comunicación de los Estados Unidos. El objetivo del proyecto era crear una casa que sea segura, asequible y que pueda construirse rápidamente, pero al mismo tiempo ser habitable y amable con el medio ambiente. (Imagen 1.14)

Al ver la popularidad y gran acogida que obtuvo el proyecto, la diseñadora y autora, Marianne Cusato, junto a su equipo decidieron ampliar los diseños más allá de una vivienda emergente creando propuestas para quienes buscan una casa pequeña y compacta con estilo. Siendo utilizadas como hogares primarios, en vecindarios agrupados, para viviendas de estudiantes e incluso para cabañas vacacionales. (Houseplans)



Imagen 1.14: Cabañas Katrina.

Fuente: Cusato, M. Las casas de katrina [Imagen]. Recuperado de: <https://www.mariannekusato.com/katrina-cottages>



IDEOLOGÍA DEL MOVIMIENTO TINY HOUSE

El movimiento Tiny House es más que diseñar y construir pequeñas casas para vivir en ellas, es un estilo de vida que llevan las personas que optan por habitar una de estas construcciones deseando dejar de lado las ataduras de una vivienda tradicional, para empezar a disfrutar las libertades que una pequeña casa puede ofrecer.

El modo de vida “en grande pero en pequeño” que ofrecen este tipo de casas no nace para solventar problemas habitacionales, ni mucho menos económicos, todo lo contrario. El interés de las personas que buscan un estilo de vida más amigable con el ambiente, minimalista, que consiguen felicidad con “menos”, con una mayor libertad personal y por qué no económica.

Es un movimiento arquitectónico con una visión similar en todas sus construcciones: “*Menos espacio es más*”. Un movimiento social que busca reducir el espacio en el que habitan las personas, sin comprometer la calidad, para lograr un mejor estilo de vida y libertar financiera, rompiendo las ataduras de grandes hipotecas y facturas de mantenimiento que genera vivir en hogares tradicionales.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Las casas pequeñas se han convertido en un ideal de diseño y estilo de vida minimalista, con un ahorro de tiempo y dinero en su construcción, brindan la satisfacción al usuario de estar ayudando al medio ambiente por vivir en menos espacio, las ventajas que ofrecen son ilimitadas.

Ventajas:

- Menor mantenimiento; al ser espacios menores, requieren menos cantidad de mantenimiento, reflejado en un ahorro de tiempo y dinero.
- En muchos casos son móviles; ya que algunos de estos hogares son contruidos sobre remolques de carga, permiten a los usuarios trasladar la ubicación de su vivienda sin depender de los servicios de mudanza.
- Vida en comunidades pequeñas; fomentan las relaciones entre los habitantes de una comunidad.
- Auto-suficientes; la mayor parte de estas pequeñas casas producen la energía que consumen sus habitantes, además de un mejor manejo del consumo y recirculación del agua.



- Mejoras al medioambiente; por el simple hecho de que sus usuarios habiten en menos espacio y regulen el consumo de agua y electricidad en sus hogares, reduce la huella ambiental producida por sus ocupantes.

A pesar de ello, es necesario indicar las desventajas que se presentan al ocupar una de estas pequeñas casas. Estos “aspectos negativos” son los que una persona debería tener en cuenta al momento de considerar una Tiny House como estilo de vida.

Desventajas:

- Estigma social; el hecho de vivir en casas pequeñas se suele asociar con la pobreza, y en muchos casos, con estilos de vida y construcciones precarias.
- Problemas al amoblar; la característica de los espacios impiden un uso de mobiliario convencional, requiriendo un tipo específico de muebles que puedan acoplarse al diseño y construcción.
- Difícil de vender; debido a la particularidad de los diseños, en algunos casos la venta de estos hogares se vuelve complicada.

- Poco espacio para visitas; debido a que los espacios se suelen diseñar únicamente para quienes los habitan, recibir visitas en su interior llevaría a sobrepasar su capacidad.

INCORPORACIÓN DE ESTA IDEA EN DIFERENTES PAÍSES

Cambios constantes rigen la vida sobre el planeta, fuerzas económicas y medioambientales roban protagonismo haciendo considerar que si el estilo de vida que llevan las personas es el más adecuado.

El movimiento Tiny House inicialmente se originó en Estados Unidos, hoy en día es una creciente tendencia en países europeos y latinoamericanos. La posibilidad de adquirir viviendas o construirlas con bajo presupuesto, con menores costos de mantenimiento y consumo de servicios básicos, ha llevado que en países como España, México y Argentina se observe una mayor presencia de estas diminutas casas.

Datos recogidos por la Organización de Casas Pequeñas en el block de su página web, entre los años 2016 y 2017, muestran una mayor cantidad de adeptos a este movimiento en países europeos y un crecimiento de las personas en países latinoamericanos que desean formar parte de esta tendencia.

DISEÑOS DE TINY HOUSE

Los diseños de las Tiny House llegan a ser tan únicos y variados, razón por la cual se han escogido los diseños de Tumbleweed Tiny House Company en su catálogo 2018 para realizar un análisis comparativo de sus características espaciales y de programa, de esta manera obtener bases para diseñar la Tiny House con Guadúa.

Programa básico que compone una Tiny House

Para los entusiastas del Movimiento Tiny House, estas construcciones no deberían sobrepasar los 40m² y contar con los espacios necesarios para cumplir las actividades básicas de habitar cómodamente.

Para mostrar la distribución de una de estas pequeñas casas se tomó como ejemplo la “*Tiny House France*” por su diferenciación de espacios por colores. Diseñada por el arquitecto Joshua Woodsman y ensamblada cerca de Praga, Republica Checa. (Imagen 1.15)

Su diseño consta por 3 espacios principales, diferenciados por los colores de la bandera de Francia, azul, blanco y rojo, de ahí su nombre. La zona azul pertenece al dormitorio. La zona blanca funciona la sala de estar con mobiliario multifuncional. Y la zona roja, el área de servicio con estufa de leña y cocina. (Imagen 1.16)

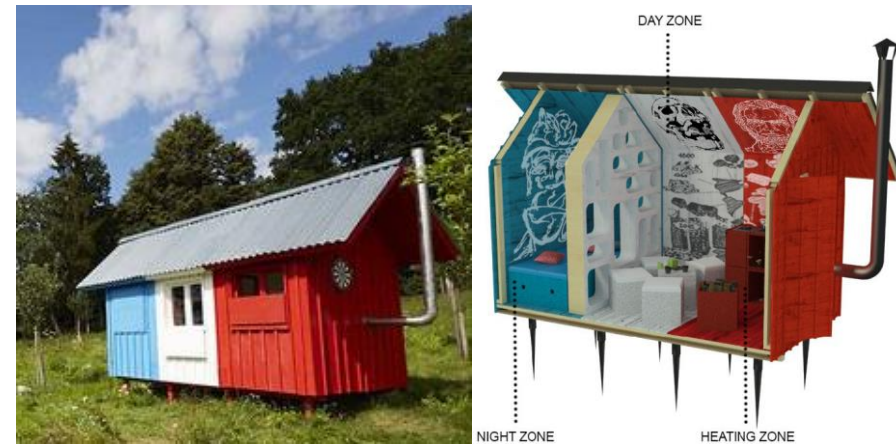


Imagen 1.15: Tiny House France

Fuente: Woodsman, J. (2016). Tiny House France [Imagen]. Recuperado de: <https://www.world-architects.com/im/architecture-news/works/tiny-house-france>



Imagen 1.16: Interiores de la Tiny House France

Fuente: Woodsman, J. (2016). Tiny House France [Imagen]. Recuperado de: <https://www.world-architects.com/im/architecture-news/works/tiny-house-france>

**MODELO 1:****Cypress 20' Overlook**

Características:

Longitud	6,10 m
Anchura	2,60 m
Altura	4,06 m
Área	Planta baja: 14,77 m ² Planta alta: 6,78 m ²
Peso	≈ 4535,92 Kg
Capacidad	2 personas

Tabla 1.1: Características del modelo 1 Cypress 20' Overlook.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company

Cuadro de áreas:

PLANTA BAJA (14,77 m²)		PLANTA ALTA (6,78 m²)	
Porche	1,03 m ²	Dormitorio	4,90 m ²
Sala-comedor	4,02 m ²	A. de almacenamiento	1,88 m ²
Cocina	3,18 m ²		
Baño	2,24 m ²		
Closet	0,76 m ²		
A. de máquinas	0,58 m ²		
Circulación	2,96 m ²		

Tabla 1.2: Cuadro de áreas modelo 1 Cypress 20' Overlook.

Fuente: Cabrea, César. Archivo personal.

Programa:

Con un área total de 21,55m², distribuida en 2 niveles:

Planta baja;

- Porche
- Sala
- Cocina
- Comedor
- Baño
- Closet
- Área de máquina

Al ingresar se encuentra la sala-comedor en sólo ambiente con la cocina, la que cuenta con un mesón de trabajo y mueblería alta, con cocina de 2 quemadores y lavaplatos de un solo pozo sin escurridor, y un refrigerador bajo las escaleras. Separado de la cocina por una puerta corrediza, de un lado se encuentra el área de máquinas con el sistema eléctrico de la vivienda y del otro lado un closet, y al final, el baño con ducha, lavamanos e inodoro.

Planta alta;

- Dormitorio
- Área de almacenamiento

Con 2 desvanes, uno principal, que se accede por las escaleras, donde se desarrolla el dormitorio, con una cama matrimonial y veladores en ambos lados. El segundo desván es un espacio destinado para almacenamiento.

Planos:



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

Fotografía:



Imagen 1.17: Modelo 1 Cypress 20' Overlook.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/tumbleweed-models/cypress/>



MODELO 2: ELM 26' Equator

Características:

Longitud	7,92 m
Anchura	2,60 m
Altura	4,06 m
Área	Planta baja: 17,84 m ² Planta alta: 7,06 m ²
Peso	≈ 5443,11 Kg
Capacidad	3 personas 1 planta baja + 2 planta alta

Tabla 1.3: Características del modelo 2 ELM 26' Equator.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company

Cuadro de áreas:

PLANTA BAJA (17,84 m ²)		PLANTA ALTA (7,06 m ²)	
Porche	2,00 m ²	Dormitorio principal	5,58 m ²
Sala-comedor	3,31 m ²	A. de almacenamiento	1,48 m ²
Cocina	2,17 m ²		
Baño	2,60 m ²		
Closet	0,50 m ²		
Dormitorio	3,05 m ²		
A. de máquinas	0,58 m ²		
Circulación	3,63 m ²		

Tabla 1.4: Cuadro de áreas modelo 2 ELM 26' Equator.

Fuente: Cabrea, César. Archivo personal.

Programa:

Con un área total de 24,90m², distribuida en 2 niveles:

Planta baja;

- Porche
- Sala
- Comedor
- Cocina
- Baño
- Closet
- Dormitorio
- Área de máquina

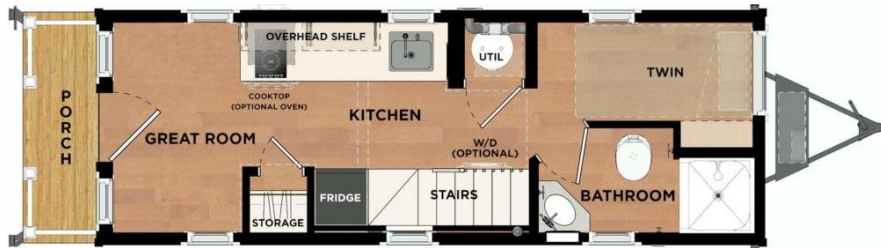
Con un porche de ingreso y una distribución dada por un eje de circulación a lo largo de la vivienda, inicialmente se encuentra la sala comedor con un sofá cama, a continuación la cocina, de un lado un amplio mesón de trabajo con cocina de 2 quemadores, lavaplatos de un pozo sin escurridor y mueblería alta, y al otro lado la nevera y un closet. Al final del pasillo está el área de máquinas con el sistema eléctrico de la vivienda, un baño completo y el dormitorio con cama de una plaza.

Planta alta;

- Dormitorio principal
- Área de almacenamiento

Con 2 desvanes, uno con accesibilidad por las escaleras, donde se desarrolla el dormitorio principal, con cama matrimonial y veladores en ambos lados. El segundo desván es un espacio destinado para almacenamiento.

Planos:



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

Fotografías:



Imagen 1.18: Modelo 2 ELM 26' Equator.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de:
<https://www.tumbleweedhouses.com/tumbleweed-models/elm/>

**MODELO 3:****Farallon 26' Alta**

Características:

Longitud	7,92 m
Anchura	2,60 m
Altura	4,06 m
Área	Planta baja: 20,35 m ² Planta alta: 9,20 m ²
Peso	≈ 5443,11 Kg
Capacidad	4 personas 2 planta baja + 2 planta alta

Tabla 1.5: Características del modelo 3 Farallon 26' Alta.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company

Cuadro de áreas:

PLANTA BAJA (20,35 m ²)		PLANTA ALTA (9,20 m ²)	
Sala-comedor	4,36 m ²	Dormitorio principal	9,20 m ²
Cocina	2,44 m ²		
Baño	3,47 m ²		
Closet	0,64 m ²		
Dormitorio	5,35 m ²		
A. de máquinas	0,62 m ²		
Circulación	3,47 m ²		

Tabla 1.6: Cuadro de áreas modelo 3 Farallon 26' Alta.

Fuente: Cabrea, César. Archivo personal.

Programa:

Con un área total de 29,55m², distribuida en 2 niveles:

Planta baja;

- Sala
- Comedor
- Cocina
- Baño
- Closet
- Dormitorio
- Área de máquina

Distribuida en torno a un eje de circulación a lo largo de la vivienda, inicialmente se encuentra la sala-comedor, continuando de un lado con la cocina, con mesón de trabajo y mueblería alta, cocina de 2 quemadores, lavaplatos de un pozo sin escurridor y nevera, y al otro lado el closet y el área de máquinas para el sistema eléctrico. Al final del pasillo está el baño completo y junto a él un dormitorio con cama de dos plazas.

Planta alta;

- Dormitorio principal

Conformado por un solo desván donde se desarrolla el dormitorio principal, con cama matrimonial y espacio de almacenamiento en la parte posterior.

Planos:



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

Fotografías:



Imagen 1.19: Modelo 3 Farallon 26' Alta.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/tumbleweed-models/farallon/>

**MODELO 4:****Roanoke 20' Clear**

Características:

Longitud	6,10 m
Anchura	2,60 m
Altura	4,06 m
Área	Planta baja: 14,96 m ² Planta alta: 2,69 m ²
Peso	≈ 4082,33 Kg
Capacidad	2 personas

Tabla 1.7: Características del modelo 4 Roanoke 20' Clear.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company

Cuadro de áreas:

PLANTA BAJA (14,96 m ²)		PLANTA ALTA (2,69 m ²)	
Sala-comedor	1,80 m ²	A. de almacenamiento	2,69 m ²
Cocina	1,80 m ²		
Baño	2,31 m ²		
Closet	0,70 m ²		
Dormitorio	4,77 m ²		
Circulación	3,58 m ²		

Tabla 1.8: Cuadro de áreas modelo 4 Roanoke 20' Clear.

Fuente: Cabrea, César. Archivo personal.

Programa:

Con un área total de 17,65m², distribuida en 2 niveles:

Planta baja;

- Sala
- Comedor
- Cocina
- Closet
- Dormitorio
- Baño

El ingreso es por la parte lateral del remolque. Dentro se encuentra un área central con la sala-comedor y cocina, con estufa de 2 quemadores, lavaplatos y refrigeradora bajo el mesón. A un lado de la vivienda se está el dormitorio con cama matrimonial y al otro lado, un baño completo y un closet.

Planta alta;

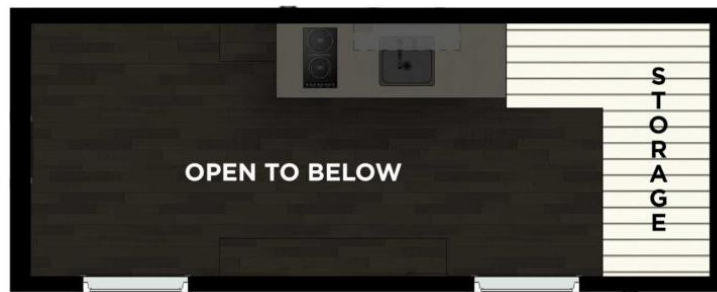
- Área de almacenamiento

Conformado por un solo desván sobre el baño destinado como área de almacenamiento.

Planos:



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

Fotografías:



Imagen 1.20: Modelo 4 Roanoke 20' Clear.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/tumbleweed-models/roanoke/>

RESUMEN DE DATOS

Cuadro de áreas de los modelos de Tiny House (m²)

	Total	Planta Baja	Planta Alta	Porche	Sala Comedor	Cocina	Baño	Closet	A. de Maquinas	Dormitorio P. Baja	Circulación	Dormitorio P. Alta	A. de Almacenamiento
Modelo 1	21,55	14,77	6,78	1,03	4,02	3,18	2,24	0,76	0,58	-	2,96	4,90	1,88
Modelo 2	24,90	17,84	7,06	2,00	3,31	2,17	2,60	0,50	0,58	3,05	3,63	5,58	1,48
Modelo 3	29,55	20,35	9,20	-	4,36	2,44	3,47	0,64	0,62	5,35	3,47	9,20	-
Modelo 4	17,65	14,96	2,69	-	1,80	1,80	2,31	0,70	-	4,77	3,58	-	2,69
Promedio	23,41	16,98	6,43	1,52	3,37	2,40	2,66	0,65	0,59	4,39	3,41	6,56	2,02

Tabla 1.9: Cuadro de áreas de los modelos de Tiny House.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Cuadro de porcentajes de área de los modelos de Tiny House (%)

	Total	Planta Baja	Planta Alta	Porche	Sala Comedor	Cocina	Baño	Closet	A. de Maquinas	Dormitorio P. Baja	Circulación	Dormitorio P. Alta	A. de Almacenamiento
Modelo 1	100	68,54	31,46	4,78	18,65	14,76	10,39	3,53	2,69	-	13,74	22,74	8,72
Modelo 2	100	71,65	28,35	8,03	13,29	8,71	10,44	2,01	2,33	12,25	14,58	22,41	5,94
Modelo 3	100	68,87	31,13	-	14,75	8,26	11,74	2,17	2,10	18,10	11,74	31,13	-
Modelo 4	100	84,76	15,24	-	10,20	10,20	13,09	3,97	-	27,03	20,28	-	15,24
Promedio	100	73,45	26,55	6,41	14,23	10,48	11,42	2,92	2,37	19,13	15,08	25,43	9,97

Tabla 1.10: Cuadro de porcentajes de áreas de los modelos de Tiny House.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

RESULTADOS

A partir de las tablas 1.9 y 1.10 se determinó los promedios de las áreas y porcentajes de los espacios con los que cuenta una Tiny House. La tabla 1.11 no pretende establecer un estándar para el diseño de los ambientes interiores, será la referencia utilizada para obtener parámetros al momento de determinar el programa de la Tiny House con Guadúa:

Promedio de áreas y porcentajes

	Área (m ²)	Porcentaje (%)
Total	23,41	100
Planta Baja	16,98	73,45
Planta Alta	6,43	26,55
Porche	1,52	6,41
Sala – Comedor	3,37	14,23
Cocina	2,40	10,48
Baño	2,66	11,42
Closet	0,65	2,92
A. de Máquinas	0,59	2,37
Dormitorio P. B.	4,39	19,13
Circulación	3,41	15,08
Dormitorio P. A.	6,56	25,43
A. de Almacenamiento	2,02	9,97

Tabla 1.11: Cuadro de áreas y porcentajes de los modelos de Tiny House.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Programa

La particularidad de los diseños de Tiny House ha permitido que los propietarios integren ideas propias a los programas de sus viviendas. A pesar de ello, los modelos analizados determinaron áreas fijas que se presentaron en todos los programas y otras áreas opcionales que su presencia dependerá de los requerimientos de los usuarios. La tabla 1.12 muestra los espacios que debería contener una Tiny House y espacios opcionales que podrían ser integrados al diseño:

Áreas Fijas	Áreas Opcionales
Sal – Comedor	Porche
Cocina	Dormitorio Secundario
Baño	A. de Almacenamiento
Dormitorio principal	
Closet	
A. de Maquinas	

Tabla 1.12: Programa para una Tiny House.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Mayormente, los diseños incluyen un desván para el dormitorio y/o áreas de almacenamiento, sin embargo, otras propuestas se desarrollan en un solo nivel. Reflejado en los modelos de estudio: 3 de ellos mostraron el dormitorio en el desván y uno de ellos se desarrolló en un solo nivel.

CARACTERÍSTICAS DEL REMOLQUE

Básicamente una Tiny House puede ser construida sobre cualquier remolque de carga con capacidad de soportar el peso de la vivienda y que cumpla las normativas de tránsito del país en que se encuentra. La imagen 1.21 muestra el remolque tipo que utiliza Tumbleweed en sus diseños.

Independientemente del tipo de remolque que se vaya a utilizar, este deberá estar equipado con los siguientes accesorios para garantizar la seguridad de la construcción al momento de ser trasladada por la carretera:

- Luces; luces fijas de carretera y luces intermitentes o direccionales, para indicar giros o parqueo.
- Gatos mecánicos tipo tijeras; colocados en las cuatro esquinas para mantener la vivienda nivelada cuando se encuentre estacionada.
- Ejes y llantas; serán remolques de dos ejes con sistema de frenado, cada eje soportará una carga nominal de 3200kg dispuestos de tal manera que el peso de la casa se encuentre equilibrado. Se sugiere el uso de neumáticos ST235 / 80R16 8 lug especiales para remolques.
- Gancho y seguridad; con enganche de bola estándar de 2-5 / 16 " y cadenas duales con capacidad para jalar 8600kg cada una, por seguridad.



Imagen 1.21: Remolque utilizado por Tumbleweed.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/diy/tumbleweed-tiny-house-trailers/#!>



Imagen 1.22: Accesorios para el remolque.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/diy/tumbleweed-tiny-house-trailers/#!>

NORMATIVA DE TRÁNSITO DEL ECUADOR PARA EL USO DE REMOLQUES

Debido a que el prototipo está pensado para ser utilizado dentro de territorio ecuatoriano, se tomó en consideración la Reforma Reglamento a la Ley de Caminos de la República del Ecuador para el diseño de la plataforma que servirá de soporte para la Tiny House. .

Además de los certificados y permisos de operación que se requiere para la circulación y registro del remolque, estos deben regir las regulaciones que imponen el Reglamento con respecto a las dimensiones y el peso de la carga que será transportada, según el tipo de remolque. La información de la tabla 1.13 sirvió como base para desarrollar las dimensiones que tendrá el proyecto, de esta manera obtener los permisos de circulación.

Para mayor entendimiento de la información en la tabla 1.3, el Reglamento dispone de un glosario de términos:

- **Tipo:** Es la descripción de la nomenclatura por vehículo.
- **Distribución máxima de carga por eje:** Describe el peso máximo por eje simple o conjunto de ejes, permitido a los vehículos para su circulación por la Red Vial del País.
- **Descripción:** configuración de los vehículos de carga de acuerdo a la disposición y número de ejes.
- **Peso máximo permitido:** Peso bruto permitido por tipo de vehículo
- **Longitudes máximas permitidas:** Dimensiones de largo, ancho y alto permitidos a los vehículos para su circulación por la red vial del País.

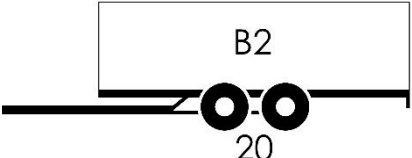
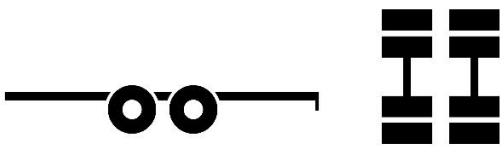
Tipo	Distribución máxima de carga	Descripción	Peso máximo permitido (Ton.)	Longitudes máximas permitidas (m)		
				Largo	Ancho	Alto
B2			20	10,00	2,60	4,10

Tabla 1.13: Características del remolque.

Fuente: Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones. Reforma Reglamento a la Ley de Caminos de la República del Ecuador, Acuerdo Ministerial 80, Registro Oficial 567, 19/08/1965.

LA CAÑA GUADÚA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

“El más común, ordinario y extraordinario de nuestros materiales de construcción, la que define nuestra cultura y el paisaje donde nació...”

(Vélez, 2003)

Entre todas las especies de bambúes americanos que se puedan encontrar, la especie de la Guadúa Angustifolia (Imagen 1.23) está entre las mejores 20 de todo el mundo debido a sus propiedades físicas y mecánicas, su gran tamaño y su uso en el campo de la construcción. (Villegas, 2003)

Este tipo de bambú se puede encontrar en estado natural en Colombia, Ecuador y Venezuela formando los denominados “guadales”, en mayor abundancia en territorios entre los 0 y 2000msnm, encontrándose mayormente en las orillas de ríos y quebradas, a los pies de las cordilleras, bosques montanos y valles. La especie Angustifolia ha sido introducida en la fauna de varios países Centroamericanos, Norteamérica y del Caribe, además de países Asiáticos y Europeos. (Villegas, 2003)

Las capacidades estructurales de la guadúa angustifolia sobresalen por su alta relación esfuerzo/peso, consiguiendo superar a la mayoría de las maderas comparándose incluso con el acero y algunas otras fibras industriales.



Imagen 1.23: Caña guadúa Angustifolia.
Fuente: Anónimo

Las capacidades constructivas de la caña guadúa se dieron a conocer al mundo gracias a la construcción del Pabellón en la feria de Hannover 2000 en Alemania diseñado por el Arquitecto Simón Vélez (Imagen 1.24). Demostrando su factibilidad para llevar a cabo construcciones monumentales al mismo tiempo que se construyen viviendas de bajo costos (Imagen 1.25).

El esfuerzo de arquitectos e ingenieros colombianos y ecuatorianos ha llevado al mejoramiento y creación de nuevas tecnologías en la construcción a partir de las bondades de la guadúa, permitiendo que hoy en día las construcciones en caña cumplan con los requisitos de seguridad estructural, agilidad constructiva, estética y de bajo costo. Desarrollándose en Colombia varios planes de vivienda en guadúa para solventar las pérdidas luego del terremoto de 1999, y en Ecuador llegándose a construir hasta 80 casas diarias con guadúa, para disminuir el déficit de vivienda luego del fenómeno del Niño en 1998. (Villegas, 2003)

La construcción con caña guadúa se presenta como una alternativa eco-amigable y económica para solventar los problemas de vivienda que afectan a la mayoría de países Latinoamericanos, siendo hasta un 45% más económico que construir con materiales convencionales. (Villegas, 2003)

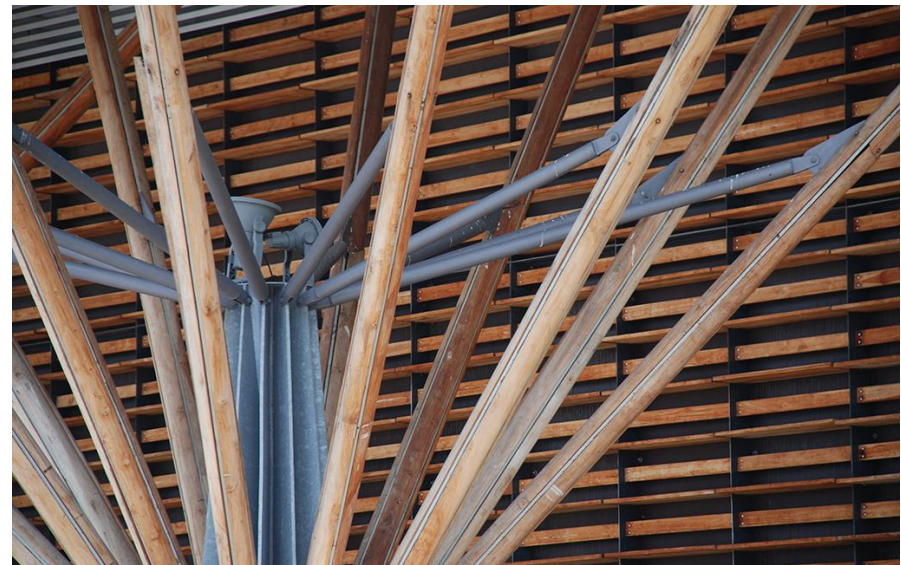


Imagen 1.24: Pabellón de Colombia en la feria de Hannover del 2000.
Fuente: Bonilla, D. (2000). Taller de arquitectura de Bogotá [Imagen]. Recuperado de: <http://tab.net.co/pabellon-colombia/>

Debido a sus características, la guadúa *Angustifolia* presenta ventajas competitivas sobre otros recursos sostenibles de producción, en comparación a otras especies madereras, son de rápido crecimiento, cosechadas entre los 5 y 6 años, siendo su ciclo de crecimiento un tercio del tiempo que el de un árbol de rápido crecimiento. (Villegas, 2003)

Especie	Tiempo para ser cosechado	Especie	Tiempo para ser cosechado
Pino	20 años	Caoba	25 años
Eucalipto	15 años	Romerillo	75 años
Nogal	30 años	Guayacán Pechiche	25 años
Chanul	15 años	Fernansánchez	25 años
Teca	30 años	Guagúa <i>Angustifolia</i>	5 años

Tabla 1.14: Cuadro comparativo de tiempos de cosecha de especies madereras.

Fuente: Datos tomados de varias tesis de la ESPE.

Las Guadúas *Angustifolias* alcanzan su altura máxima de 15 a 30m en sus primeros 6 meses de crecimiento, y su madurez para cosecha a los 5 o 6 años. Dentro de una hectárea fácilmente se pueden encontrar entre 3000 a 8000 culmos con una producción de 1200 a 1350 culmos por hectáreas al año, hasta dos veces más que la producción de árboles. (Villegas, 2003)

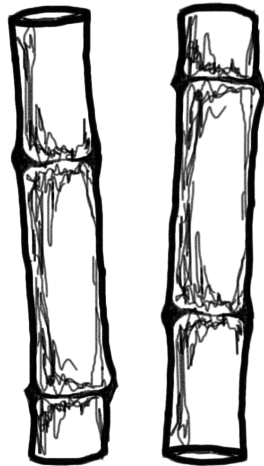
Comúnmente las Tiny House son construidas con listones de madera y tableros prensados. En esta ocasión, el diseño de la Tiny House fue resuelto con la guadúa *Angustifolia* como alternativa a la maderas.



Imagen 1.25: Arquitectura residencial con guadúa.

Fuente: Zuarq. Arquitectos. Arquitectura Verde [Imagen]. Recuperado de: <http://bambuconstruccioneszuarq.blogspot.com/p/eventos.html>

CAPÍTULO



DESARROLLO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA TINY HOUSE CON GUADÚA

Luego de observar varios modelos de Tiny House alrededor del mundo, se determinó que estas son construidas comúnmente con estructura de madera y recubrimientos de tableros y/o machimbrados, incluso con estructura metálica (Steel Frame), y en muchos casos con materiales reciclados. Para los detalles en madera de este capítulo, se consideró únicamente los sistemas constructivos utilizados en los 4 modelos analizados anteriormente, sirviendo de base para el diseño de la Tiny House con caña guadúa.

Los principales aspectos que se consideraron al momento del diseño del sistema constructivo fueron los tipos de uniones y anclajes, y el tipo de panel que se sirvió como marco estructural del proyecto, siendo capaces de soportar los esfuerzos producidos mientras la vivienda es trasladada por la carretera.

Debido a que el prototipo está pensado para ser usado dentro del territorio ecuatoriano, se consideró la Normativa Ecuatoriana de Estructuras de Guadúa (Gak), NEC-SE-GUADÚA, para el diseño estructural del proyecto y especificaciones constructivas, además del manejo de la caña como material de construcción.



CUADRO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS:

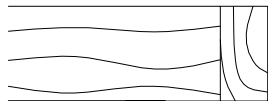
Sistema de tabique lleno con estructura
de madera



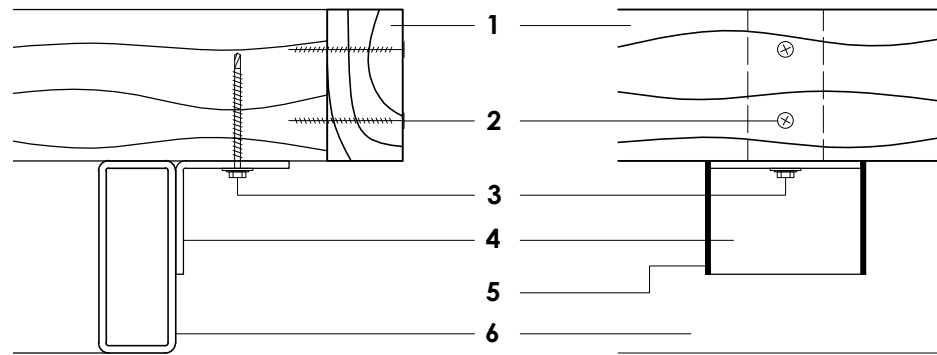
TIPO DE DETALLE

Encuentro entre remolque y piso

Estructura de piso



Estructura de remolque

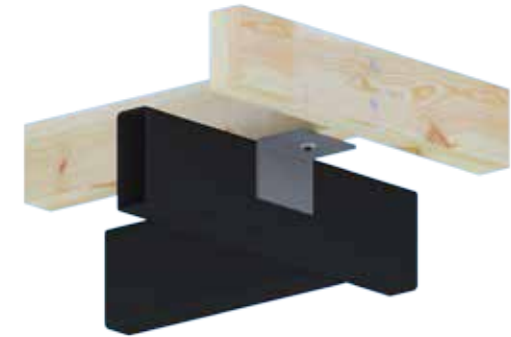


Sección

Esc: 1:5

Alzado

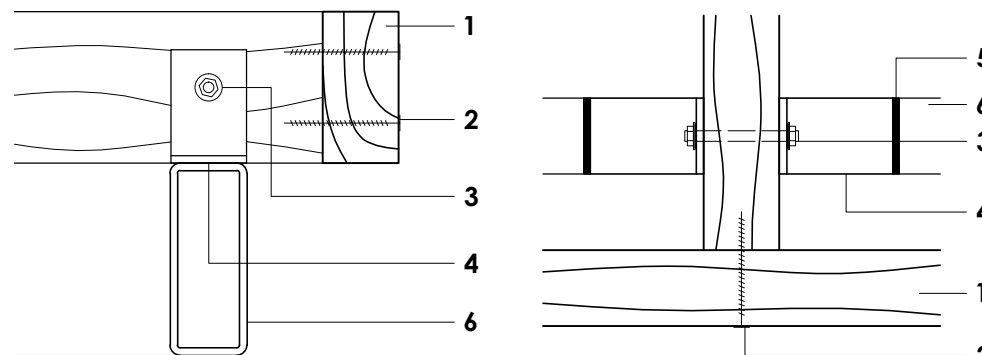
Esc: 1:5



Perspectiva

Sin escala

Opción 1: 1. Piso, estructura de listones de madera 2. Tornillos de 3' 3. Tornillo hexagonal para madera de 3' 4. Perfil metálico L 75x75x5mm 5. Soldadura 6. Estructura del remolque

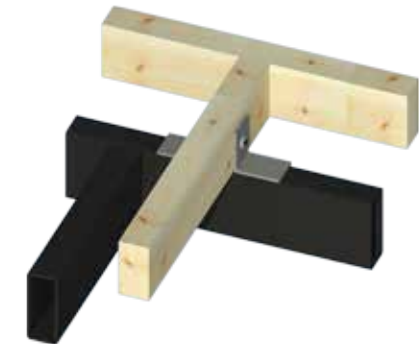


Sección

Esc: 1:5

Planta

Esc: 1:5



Perspectiva

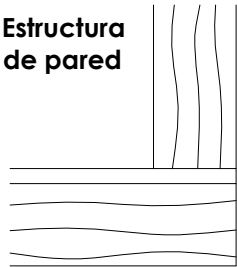
Sin escala

Opción 2: 1. Piso, estructura de listones de madera 2. Tornillos de 3' 3. Perno de 3/8' con tuerca y arandela 4. Perfil metálico L 75x75x5mm 5. Soldadura 6. Estructura del remolque

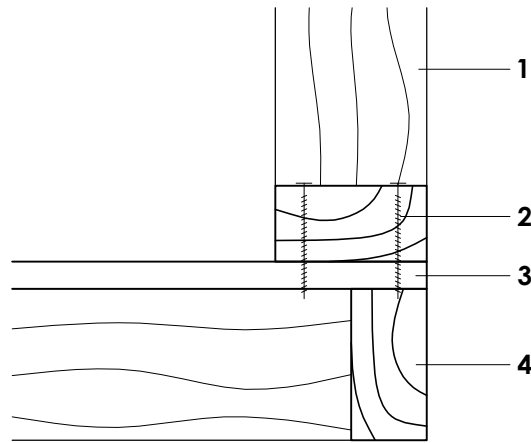
TIPO DE DETALLE

Encuentro entre piso y pared

Estructura de pared



Estructura de piso



Sección

Esc: 1:5



Perspectiva

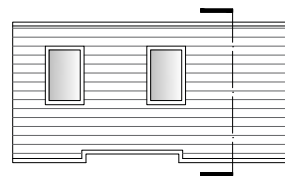
Sin escala

Descripción:

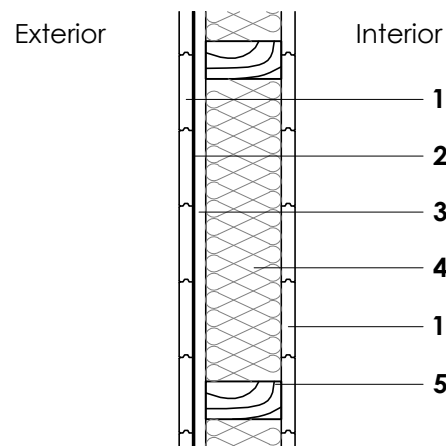
1. Pared, estructura de listones de madera
2. Tornillos de 3'
3. Tablero estructural OSB de 18mm
4. Piso, estructura de listones de madera

Opción 1:

Recubrimiento de pared

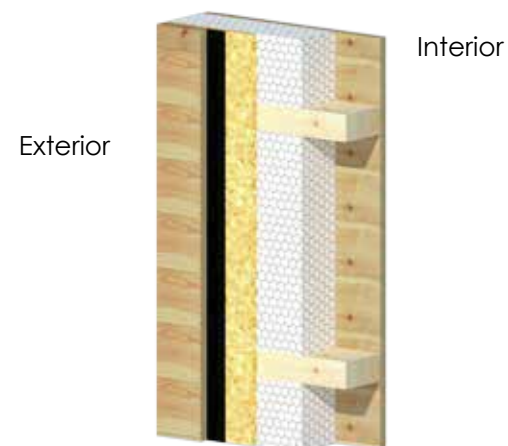


Sección tipo de pared



Sección

Esc: 1:10



Perspectiva

Sin escala

Descripción:

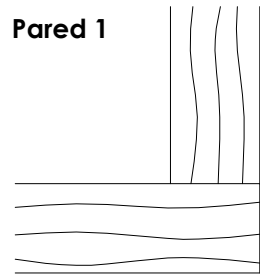
1. Machimbrado de madera
2. Lámina impermeabilizante
3. Tablero estructural OSB de 15mm
4. Aislante térmico
5. Cortafuego

Opción 1:

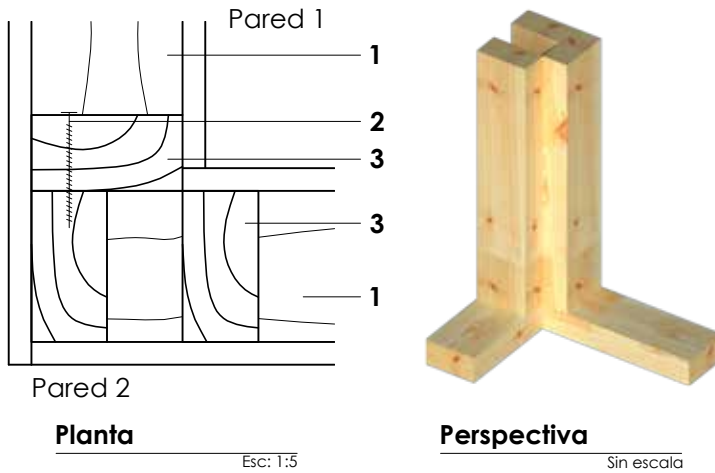


TIPO DE DETALLE

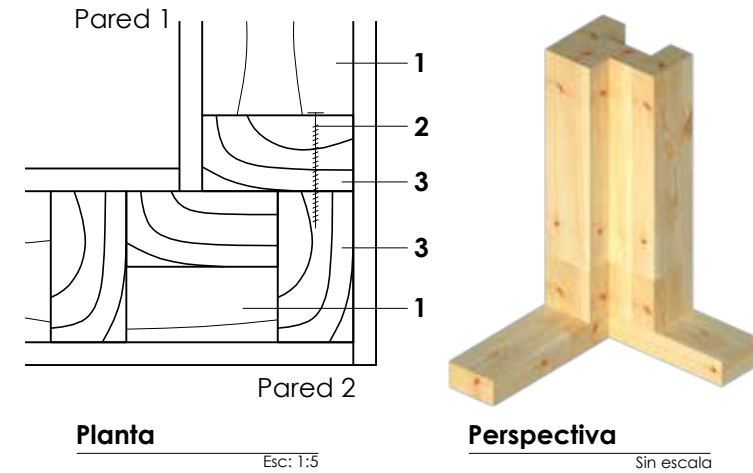
Encuentro en L de pared



Pared 2

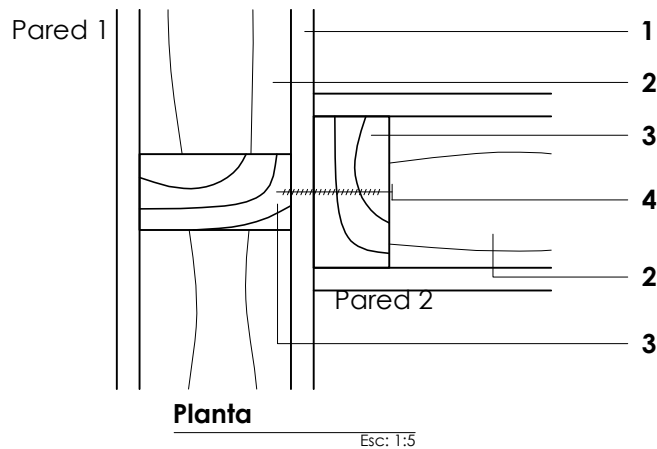
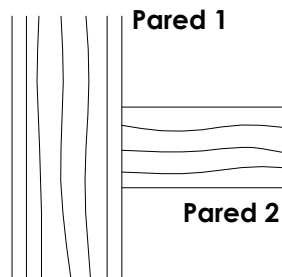


- Opción 1:
1. Solera inferior de madera
 2. Tornillos de 3"
 3. Pie derecho de madera



- Opción 2:
1. Solera inferior de madera
 2. Tornillos de 3"
 3. Pie derecho de madera

Encuentro en T de pared



- Opción 1:
1. Recubrimiento interior
 2. Solera inferior de madera
 3. Pie derecho de madera
 4. Tornillos de 3"

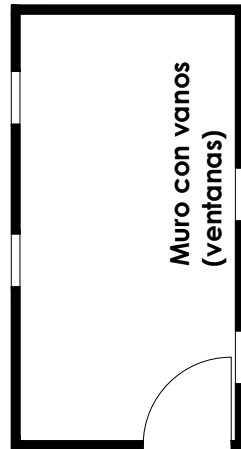




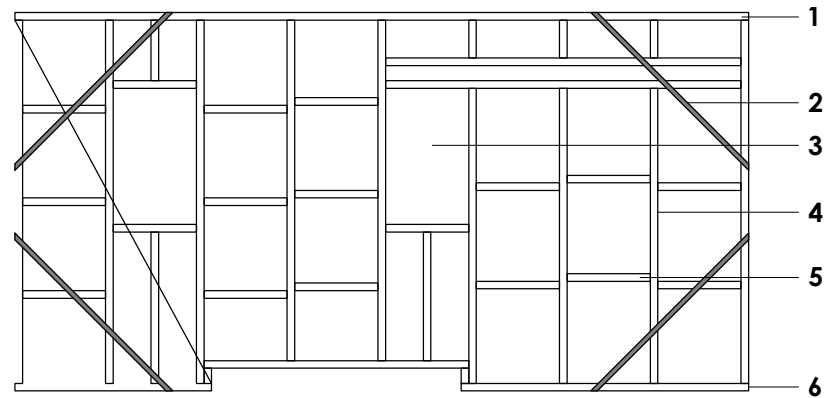
TIPO DE DETALLE

Estructura de pared

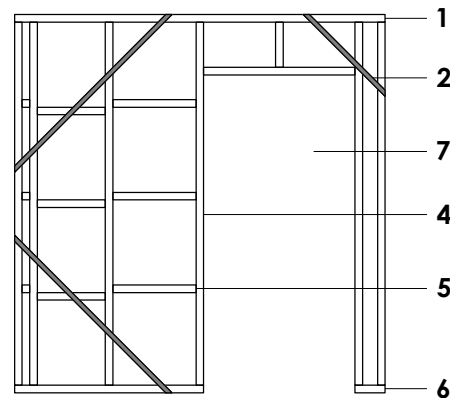
Muro ciego



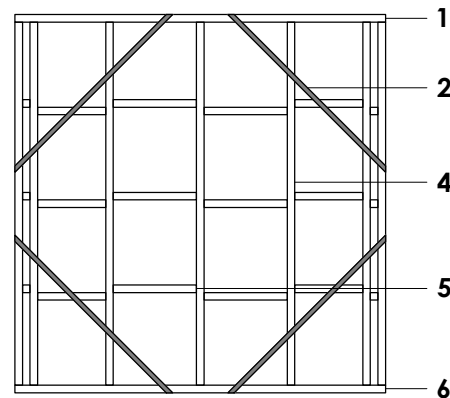
Muro con vanos (puerta)



Alzado
Muro con vano (ventana) Esc: 1:50



Alzado
Muro con vano (puerta) Esc: 1:50



Alzado
Muro ciego Esc: 1:50

Descripción:

- 1. Solera superior de madera
- 2. Diagonal metálica
- 3. Vano de ventana
- 4. Piederecho de madera
- 5. Cortafuejo de madera
- 6. Solera inferior de madera
- 7. Vano de puerta

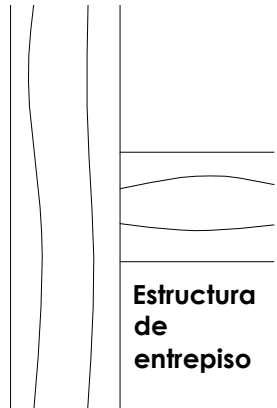
Opción 1:



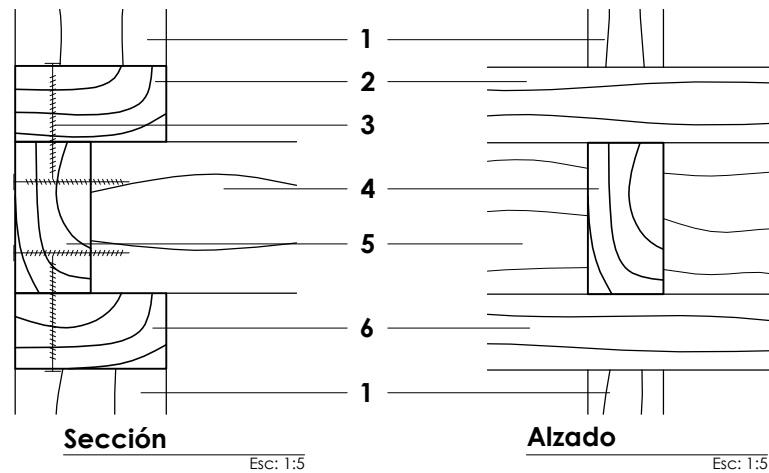
TIPO DE DETALLE

Encuentro entre pared y entrepiso

Estructura de pared

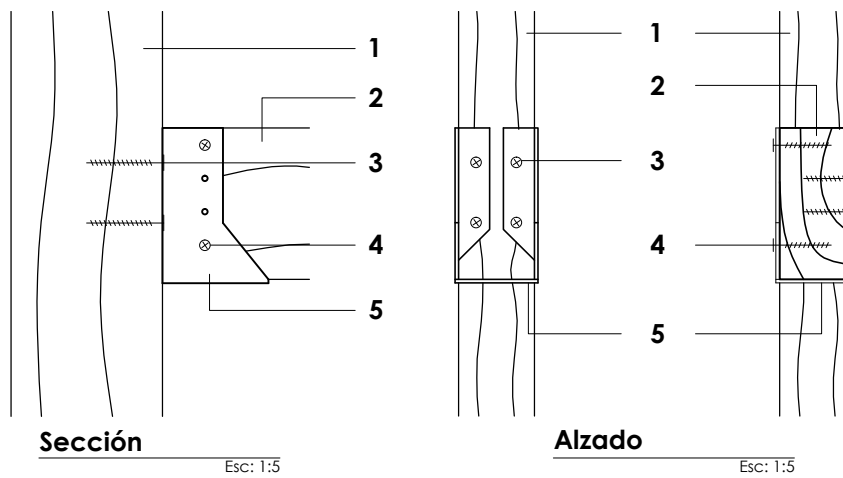


Estructura de entrepiso



Perspectiva Sin escala

Opción 1: 1. Pie derecho de madera 2. Solera inferior de madera 3. Tornillos de 3' 4. Viga de entrepiso de madera 5. Liston de madera 6. Solera superior de madera



Perspectiva Sin escala

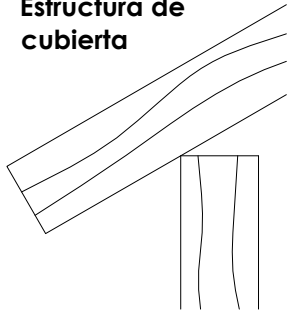
Opción 2: 1. Pie derecho de madera 2. Viga de entrepiso de madera 3. Tornillos de 2' 4. Tornillos de 1 1/2' 5. Anclaje metálico para vigas de madera



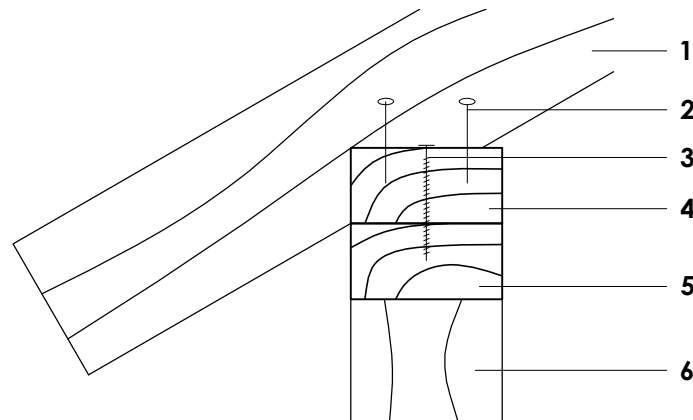
TIPO DE DETALLE

Encuentro entre pared y cubierta

Estructura de cubierta



Estructura de pared



Sección

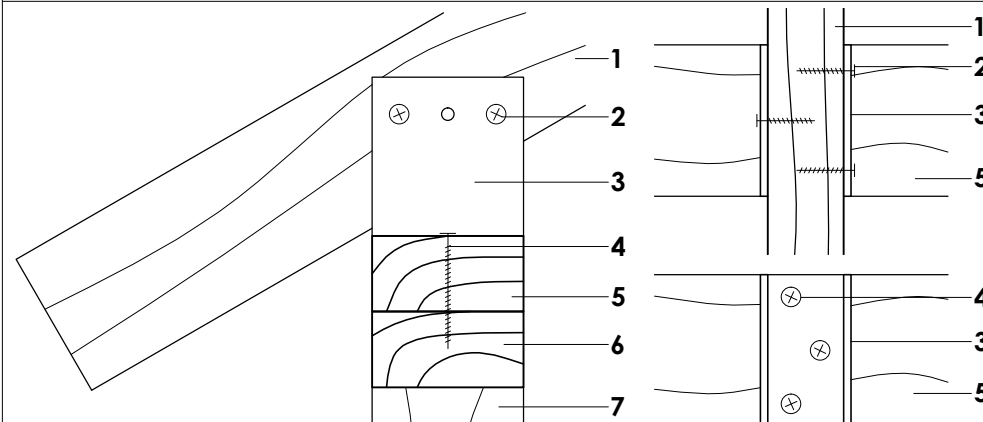
Esc: 1:5



Perspectiva

Sin escala

Opción 1: 1. Viga de madera 2. Clavo de 3' 3. Tornillo de 3'
4. Viga de cierre 5. Solera superior de madera 6. Pie derecho de maderas



Sección

Esc: 1:5

Planta

Esc: 1:5



Perspectiva

Sin escala

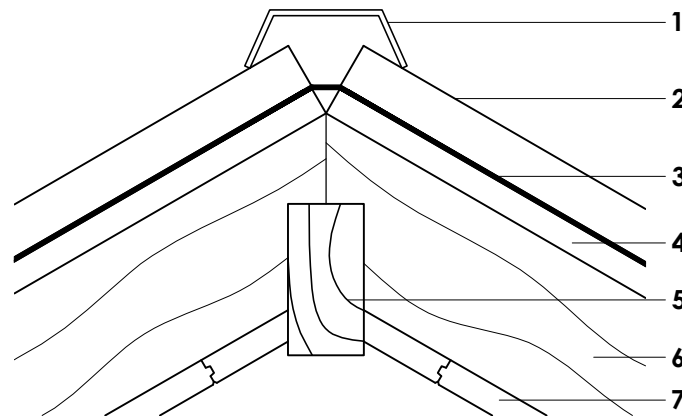
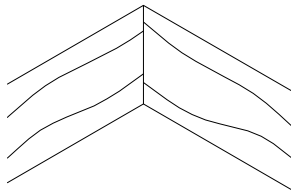
Opción 2: 1. Viga de madera 2. Tornillo de 1 1/2 ' 3. Anclaje metálico para viga de cubierta 4. Tornillo de 3'
5. Viga de cierre 6. Solera superior de madera 7. Pie derecho de maderas



TIPO DE DETALLE

Cumbrero

Cumbrero



Sección

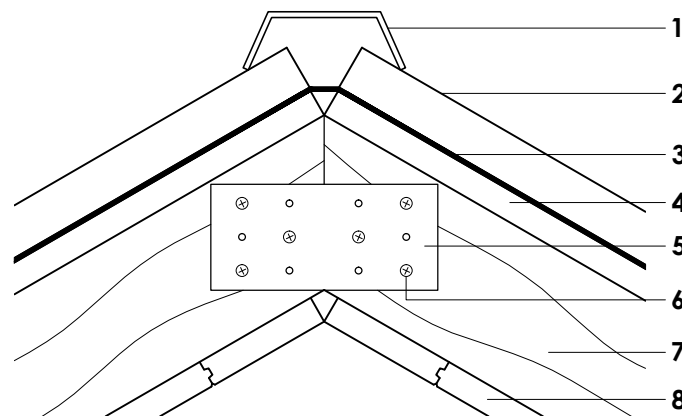
Esc: 1:5



Perspectiva

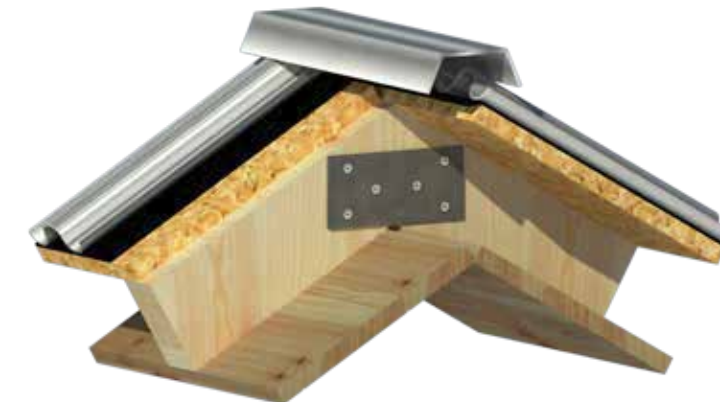
Sin escala

Opción 1: 1. Cumbrero de PVC 2. Cubierta de PVC 3. Lámina impermeabilizante 4. Tablero OSB de 18mm 5. Viga de cumbrero 6. Viga de madera 7. Machimbrado



Sección

Esc: 1:5



Perspectiva

Sin escala

Opción 2: 1. Cumbrero de PVC 2. Cubierta de PVC 3. Lámina impermeabilizante 4. Tablero OSB de 18mm 5. Placa metálica 6. Tornillo de 1 1/5" 7. Viga de madera 8. Machimbrado



OPCIONES DE INSTALACIONES:

Eléctricas y Sanitarias

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Fuente de alimentación

Tumbleweed Tiny House Company presenta dos opciones de alimentación energética para sus diseños:

Opción 1:

- Conexiones eléctricas de 50 amperios.
- Calentador eléctrico de montaje en pared.
- Calentador de agua eléctrico.
- Cocción eléctrica.

Opción 2:

- Conexiones eléctricas de 50 amperios y 2 tanques de propano
- Calentamiento de propano hidrónico
- Calentador de agua de propano
- Cocción de propano
- Tanque de agua dulce de 26 galones y bomba



Imagen 2.1: Fuente de alimentación: Opción 1.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/design-your-tumbleweed/>



Imagen 2.2: Fuente de alimentación: Opción 2.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/design-your-tumbleweed/>

INSTALACIÓN SANITARIA

Inodoro

Tumbleweed Tiny House Company presenta dos opciones de inodoros para sus diseños:

Opción 1: RV viajero

- El inodoro de bajo flujo para vehículos recreativos viene con un cómodo asiento residencial de tamaño completo y una descarga de dos cuartos de galón activada por pie.

Opción 2: Compostaje fuera de la red

- The Nature's Head es el mejor inodoro de compostaje autónomo del mercado, disponible en los Estados Unidos. Fácil de usar y no requiere agua.



Imagen 2.3: Inodoro: Opción 1.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/design-your-tumbleweed/>



Imagen 2.4: Inodoro: Opción 2.

Fuente: Tumbleweed Tiny House Company [Imagen]. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/design-your-tumbleweed/>

ESTRUCTURA DE GUADÚA

PANELES

Se considerará paneles a las estructuras verticales que conformarán el recubrimiento exterior y divisiones interiores de la Tiny House. Siendo su ligereza una de sus características más importantes, ya que la viabilidad del proyecto dependerá de su peso en conjunto, por lo que si llega a ser excesivo se necesitará un automotor de gran poder para trasladarla, limitando su uso.

Una de las ventajas de estas pequeñas casas es su fácil construcción, razón por la cual se debe considerar el uso paneles prefabricados, semi-prefabricados o de construcción en obra. Todo dependiendo del escenario en que se encuentre el propietario. Construir elementos prefabricados se aplicaría cuando la vivienda salga armada de la fábrica, ya que se podrán prefabricar los elementos en su totalidad y luego ser ensamblados sin tener mayores inconvenientes con el montaje. La semi-prefabricación se llevaría a cabo cuando se desea insertar una mayor cantidad de estas viviendas en un sitio, siendo más sencillo transportar y montar los elementos desarmados. Y el armado en obra sólo sería factible si el propietario desea construir su Tiny House por sí mismo.

Tipos de paneles según el sistema constructivo

La caña guadúa ofrece la posibilidad de construir paneles en diferentes sistemas, con la caña como único material o combinándola con otros, todo dependerá de la creatividad e ingenio del proyectista. Para efectos de estudio se consideraron 2 tipos de paneles:

- A) 1Paneles con rollizos de caña:** Consiste en la unión de rollizos de caña guadúa de diámetro inferior, de manera horizontal o vertical, a elementos en sus extremos. Esta unión puede ser atada, emperrada o clavada. (Imagen 2.5)



Imagen 2.5: Paneles con rollizos de caña.

Fuente: BambúTico SA. Pisos y paredes de bambú [Imagen]. Recuperado de http://www.bamboocostarica.com/mod_galeria/Fotos-Categoria68.html#text

B) Paneles con estructura de pie derecho y soleras con recubrimiento de caña: Conformados por pie derecho y soleras con elementos de madera, caña o mixta entre caña y madera, y un recubrimiento de caña guadúa. Se pueden construir de 2 maneras: con recubrimiento simple, de un solo lado (generalmente exterior); o recubrimiento tipo *sánduche*, de ambos lados generando una cámara de aislamiento en su interior. (Imagen 2.6)

La decisión del tipo de panel a utilizar en la construcción dependerá del requerimiento del proyecto, siendo ambas opciones factibles a la hora de diseñar. Una de las características de los paneles será su bajo peso, razón por la cual la opción de paneles con rollizos de cañas se descartó, ya que al usar elementos de caña entera hubiera aumentado el peso de la estructura. Por lo cual los paneles con pie derecho y soleras con recubrimiento fueron la opción más idónea para el diseño del proyecto, optando por el recubrimiento tipo *sánduche* por la cámara de aislamiento que produce.

Tipos de paneles según su posición

El proyecto se moduló de tal forma que se requirieron 3 tipos de paneles: paneles ciegos, paneles laterales y paneles con vanos. Perteneciendo a las paredes interiores y exteriores de la vivienda. (Imagen 2.7)



Imagen 2.6: Paneles con estructura de pie derecho y solera con recubrimiento.
Fuente: BambuTico SA. Pisos y paredes de bambú [Imagen]. Recuperado de http://www.bamboocostarica.com/mod_galeria/Fotos-Categoria68.html#text

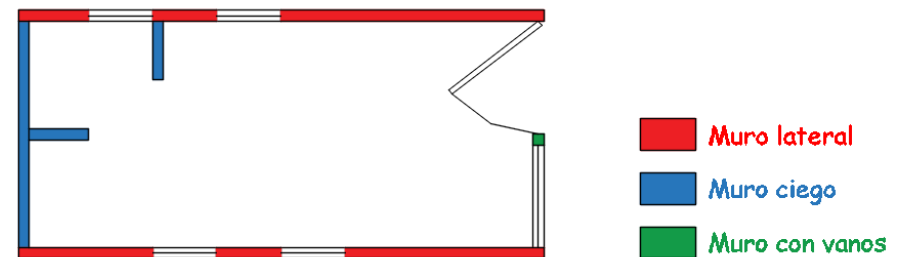


Imagen 2.7: Esquema de tipos de paneles.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Paneles Laterales: Como su nombre lo dice, se encuentran en las partes laterales de la vivienda, tienen la característica de tener una inclinación en la parte superior que marcará la pendiente de la cubierta. (Imagen 2.8)

Paneles Ciegos: Conformarán las paredes que no poseen vanos. Se encontrarán en la parte posterior de la vivienda y en las divisiones interiores. (Imagen 2.9)

Paneles con Vanos: Conformarán la pared en donde se encuentra la puerta de ingreso y una ventana, dando forma a los vanos. (Imagen 2.10)

Los planos y especificaciones constructivas de los paneles y sus elementos se encontrarán en el capítulo 4.

Estructura

La norma Ecuatoriana de Estructuras en Guadua (NEC-SE-GUADÚA), en su enunciado 5.8.3. *Paneles*, presenta 3 alternativas de paneles: una utilizando elementos de caña rolliza como estructura, otra con listones de madera y una tercera mixta con elementos de caña y madera. Para el diseño del prototipo se utilizó el panel con elementos de caña rolliza, debido a que el propósito de la investigación es conseguir un diseño constructivo completamente en caña guadúa. (Imagen 2.11)

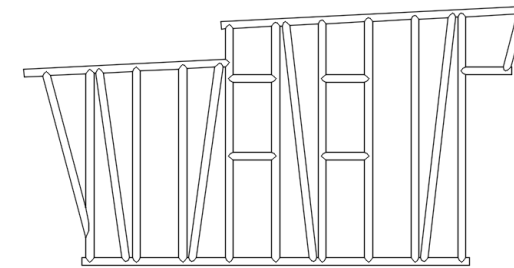


Imagen 2.8: Panel lateral.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

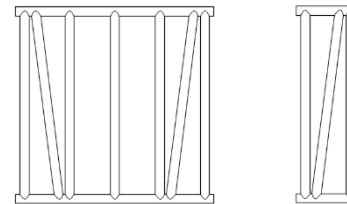


Imagen 2.9: Paneles Ciegos.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

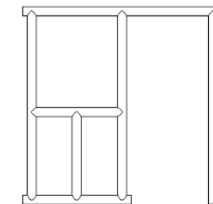


Imagen 2.10: Panel con vanos.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

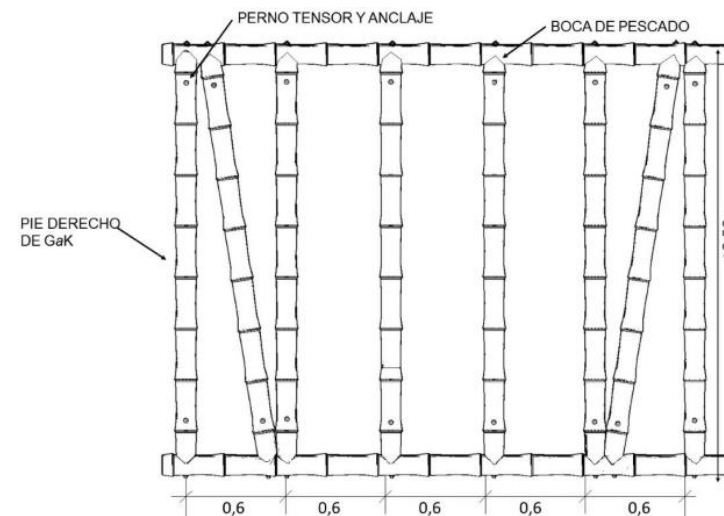


Imagen 2.11: Panel de estructura de caña rolliza.
Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 67

Los paneles se diseñaron de acorde a las indicaciones del enunciado 5.8.3.1. *Paneles con estructura de GaK*, de la NEC-SE-GUADÚA, con la diferencia que los paneles no serán de 3m de largo por 3,5m de alto como sugiere el numeral a), ya que el enunciado presenta las especificaciones de un panel prefabricado y en este caso se optó inicialmente por una construcción semi-prefabricada, es decir, preparar las piezas de los paneles en un sitio y ensamblarlos en otro, de esta manera se facilitará su traslado y colocación.

Recubrimiento

El panel propuesto para el diseño podrá ser recubierto de distintas maneras. La NEC-SE-GUADÚA, en su enunciado 5.8.3.4. Recubrimiento y aseguramiento de los paneles, presenta 4 tipos de recubrimientos, por efectos de estudio sólo se consideraron 3 de ellos descartando el de mortero de arena-cemento, ya que no es un acabado que se deseaba para el proyecto.

Recubrimiento con latillas de culmos de bambú: Consiste en la colocación de latillas de bambú de manera horizontal, diagonal o motivos geométricos, según el diseño del proyectista, sujetas a la estructura de guadúa que conforma el panel. (Imagen 2.12)

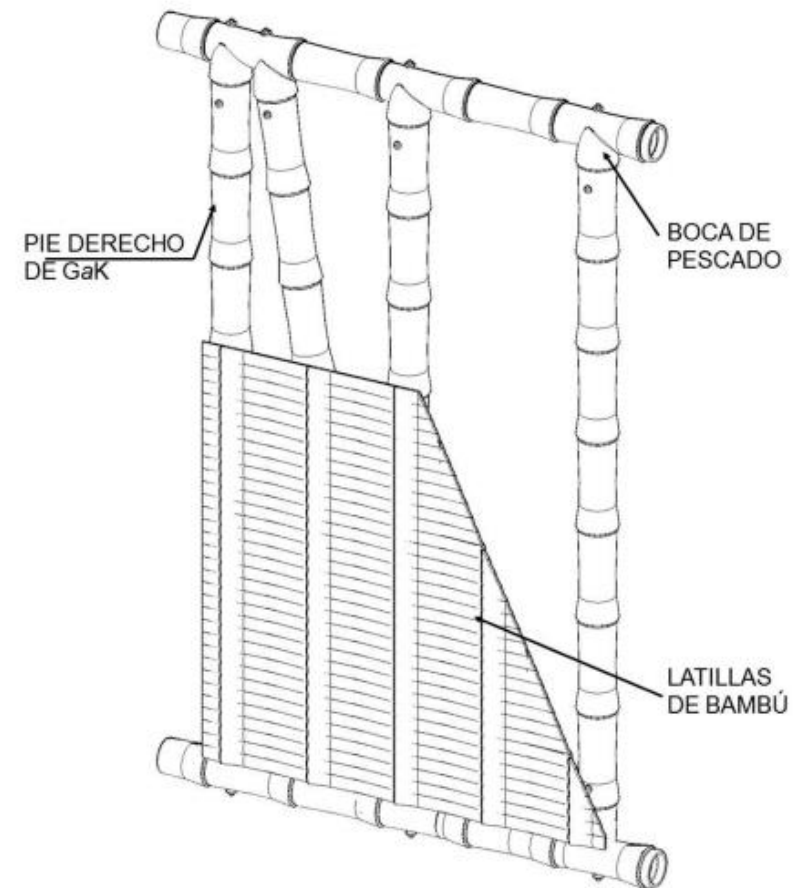


Imagen 2.12: Recubrimiento con latillas de culmos de bambú.
Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 74

Recubrimiento con caña picada: De apariencia similar al anterior, se utiliza la caña picada para recubrir uno o ambos lados del panel colocados de manera horizontal sobre la estructura de caña que lo conforma. (Imagen 2.13)

Recubrimiento con tableros prensados de bambú: Consiste en la utilización de tableros prensados de bambú para recubrir de ambos lados la estructura del panel, generando el panel tipo *sánduche* que permite la colocación de aislante en su interior. El acabado que se obtiene es una superficie lisa con la textura de las fibras de la caña. (Imagen 2.14)

El panel tipo *sánduche* conformó la estructura del proyecto. Este tipo de panel se podría lograr con todos los recubrimientos mencionados, sólo bastaría recubrir la estructura de ambos lados, pero a pesar de ello lo más factible de usar son los tableros prensados de bambú, ya que este a diferencia de las latillas y la caña picada, no presenta juntas en su conformación brindando un mejor aislamiento térmico, puesto que existen pequeñas ranuras entre los elementos de los otros dos recubrimientos por las que podría filtrarse corrientes de aire.



Imagen 2.13: Recubrimiento con caña picada.

Fuente: BambuTico SA. Pisos y paredes de bambú [Imagen]. Recuperado de http://www.bamboocostarica.com/mod_galeria/Fotos-Categoria68.html#text

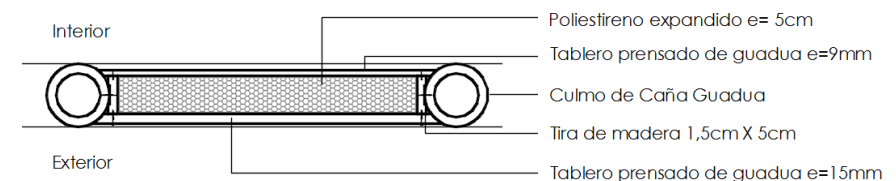


Imagen 2.14: Recubrimiento con tableros prensados de bambú.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Aislante

Existen en el mercado una amplia cantidad de aislamientos térmicos, he aquí una muestra de las posibilidades de aislamientos con las que se puede contar para rellenar los paneles, sin llegar a hondar en las características y prestaciones de cada uno de ellos.

A partir de la información genera por la empresa Española Leroy Melin en el 2016 en su página web, se ha generado la tabla 2.1 con los tipos de aislamientos que recomienda para muros y paredes, de esta manera se compararán los materiales y se realizará la selección del más apto:

La tabla 2.1 compara las propiedades aislantes de los materiales, la forma de colocación y el peso que tienen. Las solicitudes del proyecto conciben el empleo de materiales ligeros para su construcción, razón por la cual las planchas de poliestireno expandido fueron la mejor alternativa para el proyecto por su bajo peso y su fácil adquisición, a pesar de no contar con el mayor valor R.

El valor r del material se refiere a la resistencia del material al paso del calor, ante más alto sea el valor, mayor será su capacidad aislante.

TIPO DE AISLAMIENTO	INSTALACIÓN	VALOR R POR PULG ²	PESO (KG/M ³)
LANA MINERAL	Suelta, simple relleno	2.8 – 3.7	23 – 40
POLIESTIRENO EXPANDIDO	Encolado, cartones rígidos	3.6 – 4.2	10 – 30
POLIESTIRENO EXTRUIDO	Encolado, cartones rígidos	3.6 – 4.2	20 – 55
CORCHO Y FIBRAS NATURALES	Encolado, autoadhesivo	3 – 3.7	250
REFLEXIVO	Grapado o atornillado	5.6 – 7.7	45
GEOTEXTIL	Fijación mecánica	2.2 – 4.4	30

Tabla 2.1 Tipos de aislamientos térmicos

Fuente: Leroy Merlin España S.L.U. (2016). Aislar del frío y del calor [Tabla]. Recuperado de http://www.leroymerlin.es/productos/construccion/aislamiento/aislamiento_termico/como-elegir-aislamiento-termico.html



Imagen 2.15: Tabla de medición del valor R.

Fuente: Leroy Merlin España S.L.U. (2016). Aislar del frío y del calor [Imagen]. Recuperado de http://www.leroymerlin.es/productos/construccion/aislamiento/aislamiento_termico/como-elegir-aislamiento-termico.html

CORTES, UNIONES Y ANCLAJES

Cortes

El ingenio de proyectistas y artesanos se pone a prueba al momento de diseñar los cortes en las cañas, su estructura geométrica influye directamente en la complejidad de las uniones, lo que conlleva a un mayor detalle en los diseños constructivos. La NEC-SE-GUADÚA en su enunciado 5.6. Cortes para uniones entre culmos GaK, presenta los 3 tipos de cortes básicos de los cuales se puede desarrollar la mayor parte de uniones:

Corte recto: Corte transversal a las fibras del culmo, realizado de forma perpendicular al eje del elemento. Generalmente utilizado en uniones perpendiculares entre elementos. (Imagen 2.16)

Corte boca de pez: A diferencia del corte recto este se realiza de manera cóncava, de igual manera se lo emplea para uniones perpendiculares. (Imagen 2.17)

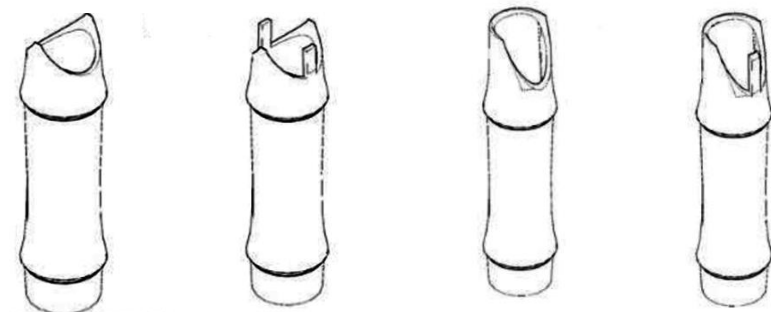
Corte pico de flauta: Corte diagonal realizado a diversos ángulos con respecto al eje del culmo. Utilizado en uniones inclinadas. (Imagen 2.18)



CORTE SIN OREJAS

CORTE CON OREJAS

Imagen 2.16: Corte recto.
Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 55



CORTE SIN OREJAS CORTE CON OREJAS CORTE SIN OREJAS CORTE CON OREJAS

Imagen 2.17: Corte boca de pez.
Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 55

Imagen 2.18: Corte pico de flauta.
Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 55

Uniones

Dependerán de la dirección en que los elementos son unidos, lo que percutirá en la decisión del corte y el tipo de anclaje a diseñar, siendo inicialmente tres tipos de uniones, existiendo variables en cada una de ellas:

Uniones perpendiculares: Entre elementos verticales u horizontales con otro perpendicular a ellos. Son unidos por medio del corte boca de pez o corte recto, entre elementos con diámetros similares y el mayor contacto posible.

Uniones diagonales: Entre elementos verticales u horizontales con elementos que sean perpendiculares o paralelos. Para este tipo de unión se emplea el corte pico de flauta procurando el mayor contacto posible entre elementos. (Imagen 2.19)

Uniones longitudinales: Empleadas para aumentar las longitudes de los culmos en la estructura, deben realizarse entre elementos de diámetros y longitudes similares. (Imagen 2.20)

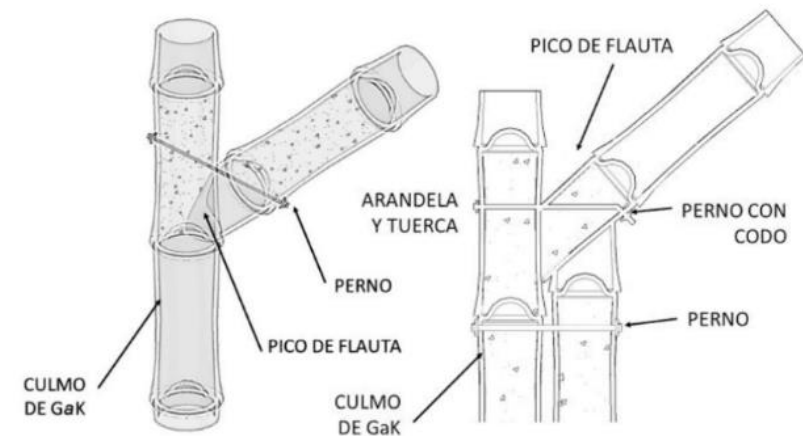


Imagen 2.19: Uniones diagonales.

Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 63

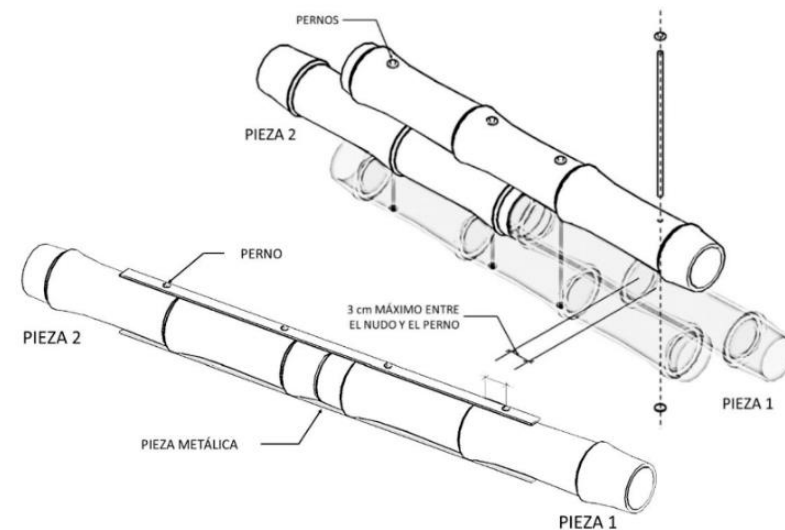


Imagen 2.20: Uniones longitudinales.

Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 58-59

Anclajes

La NEC-SE-GUADÚA, en su enunciado 5.7. Uniones entre piezas estructurales GaK, muestra los tipos de anclajes sugeridos entre elementos de guadúa para estructuras, además sus condiciones y formas de emplearse. La decisión del tipo de anclaje a utilizar en un proyecto dependerá las solicitudes del mismo, he aquí los presentados en la NEC:

Con pernos tensores: Es la forma básica en que se garantiza la unión entre los elementos de guadua y de la cual se derivan los demás tipos de anclajes. Consiste en la utilización de un perno de anclaje y un perno tensor para fijar la unión de los elementos. Se puede utilizar tanto para uniones perpendiculares como diagonales. (Imagen 2.21)

Con disco y media caña metálica: Con el fin de facilitar tiempo en la ejecución, la unión se realiza con ayuda de placas metálicas en el punto de apoyo entre los dos elementos. Consiste en una placa circular paralela al corte y una a media caña donde descansará el otro elemento. (Imagen 2.22)

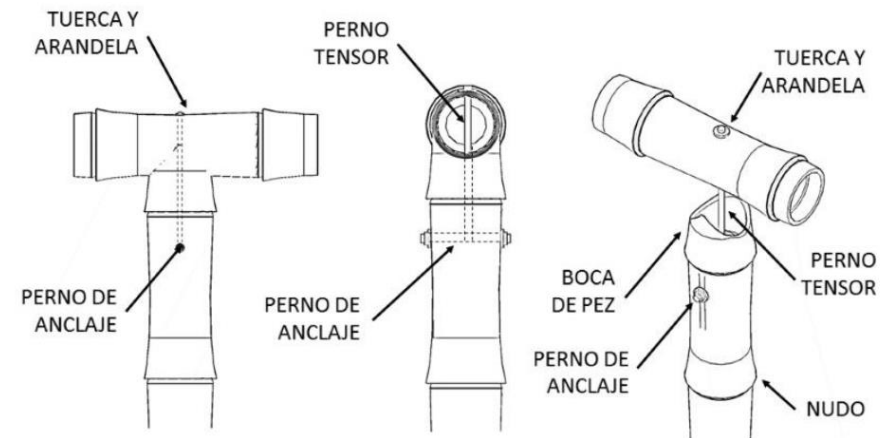


Imagen 2.21: Anclaje con perno tensor.

Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 60

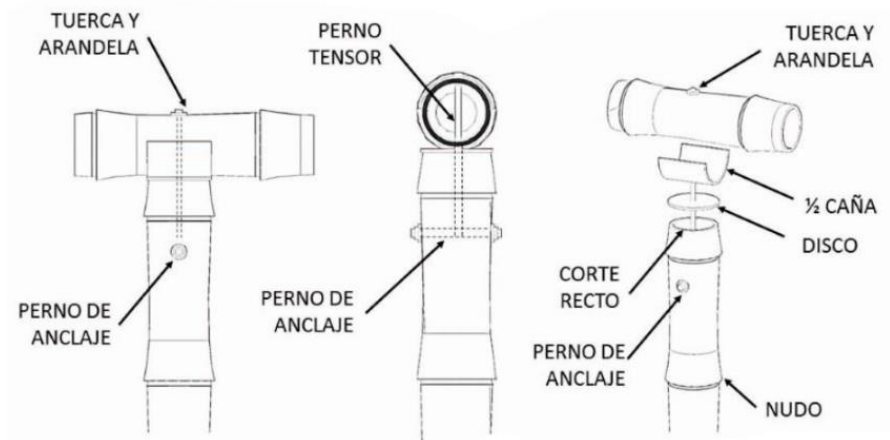


Imagen 2.22: Anclaje con disco y media caña metálica.

Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 61

Con pernos y con pletinas: Este tipo de uniones se utiliza generalmente entre elementos de guadúa con estructuras de hormigón o acero. Se utilizan platinas metálicas de no menos de 5cm de espesor ancladas con pernos. (Imagen 2.23)

Con Zunchos: Permitidas únicamente para asegurar el acople entre las uniones de los elementos de guadua. Consiste en tensar zunchos metálicos alrededor de la unión y sujetarla mediante pernos u otro tipo de anclajes. (Imagen 2.24)

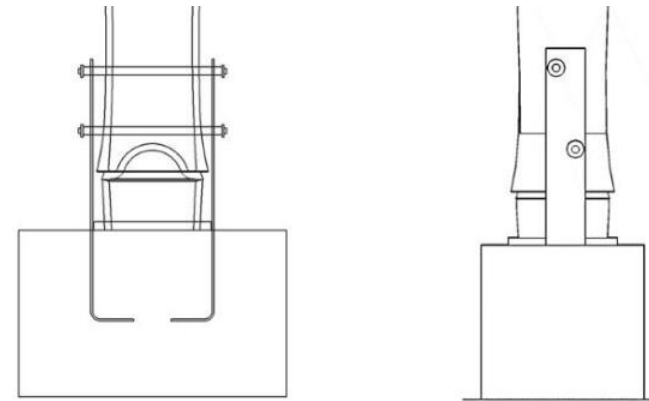


Imagen 2.23: Anclaje con pernos y pletinas.

Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 54

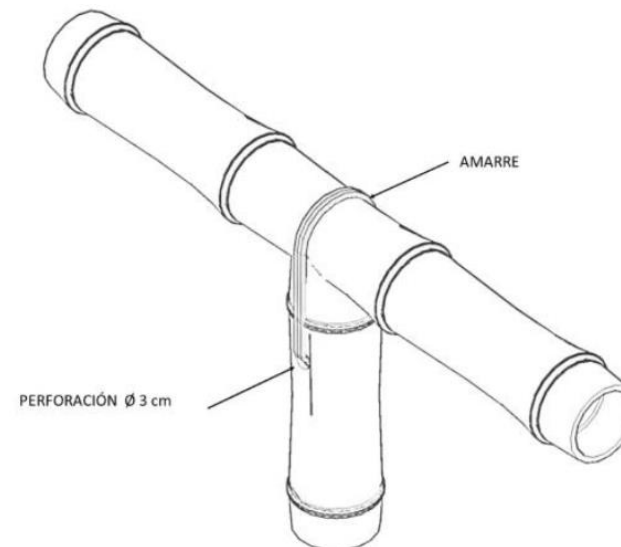
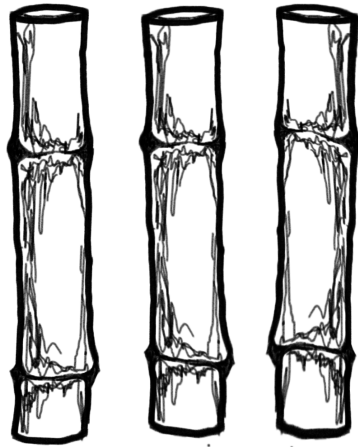


Imagen 2.24: Anclaje con zunchos.

Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 63

CAPÍTULO



VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO: ENSAYOS DE LABORATORIO

Se llevaron a cabo las pruebas y ensayos necesarios para respaldar las decisiones de los tipos de uniones y ensambles utilizados para el proyecto de la pequeña casa de guadúa. De esta manera desarrollar el sistema constructivo de la vivienda con sus respectivas especificaciones y recomendaciones técnicas.

Para el ensayo de uniones se utilizó el proyecto de grado “Estudio de conexiones entre elementos estructurales de caña guadúa sometidos a carga axial”, de la Escuela Politécnica Nacional de Quito en el 2010, como referencia para realizar las pruebas de laboratorio llevadas a cabo en este capítulo.

Las vigas del piso y entrepiso del proyecto también fueron puestas a prueba para determinar su eficiencia y la separación entre ellas. Para ellos se decidió ensayar las vigas frente a condiciones reales de esfuerzo y así observar el comportamiento frente a cargas de flexión.

De igual manera, se determinó las características mecánicas de los laminados de caña, realizando ensayos a flexión de elementos de caña laminada considerando los parámetros de pruebas para elementos de madera de la norma ASTM D 143-99.

ENSAYO DE UNIONES

OBJETIVOS Y ALCANCES

Objetivos:

- Comparar el comportamiento mecánico de las propuestas de conexiones en una cercha triangular construida con elementos rollizos de caña guadua *Angustifolia* sometida a cargas axiales de compresión y tracción.
- Determinar la aplicabilidad de los sistemas de uniones para el proyecto de Tiny House con Guadua planteados en la normativa ecuatoriana de la construcción para estructuras con Guadua (NEC-SE-GUADUA).
- Determinar el mejor sistema de uniones para el proyecto de Tiny House con Guadua, basado en la relación peso/resistencia.

Alcances:

- Analizar el comportamiento mecánico de 2 sistemas de conexiones con elementos rollizos de caña guadua sometidos a cargas axiales.

- Obtener los justificativos necesarios para defender la selección del sistema de conexiones a utilizar en el proyecto de Tiny House con Guadua.

CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA A ENSAYAR

Se pondrá a prueba la resistencia de las uniones en el diseño estructural del prototipo de Tiny House con guadúa, para ello fue necesario construir armaduras de guadúa que implementan estas uniones en sus nudos. La imagen 3.1 presenta un esquema del armado de una de las paredes laterales y esfuerzos que predominan en sus uniones.

La armadura como configuración estructural permitió ensayar los elementos de caña a esfuerzos axiales de compresión y tracción, por medio de una composición triangular, dos de sus elementos fueron sometidos a fuerzas de compresión y uno de ellos a fuerzas de tracción. De esta manera se observó la efectividad de las conexiones a cargas axiales.

La imagen 3.2 muestra las características geométricas de la armadura, además de un esquema de construcción y detalles de las uniones:

- Longitud de la Base (Cuerda inferior): 1,20m
- Altura de la Armadura (Peralte): 0,60m
- Longitud de los lados (Cuerdas Superiores): 0,81m y 0,66m

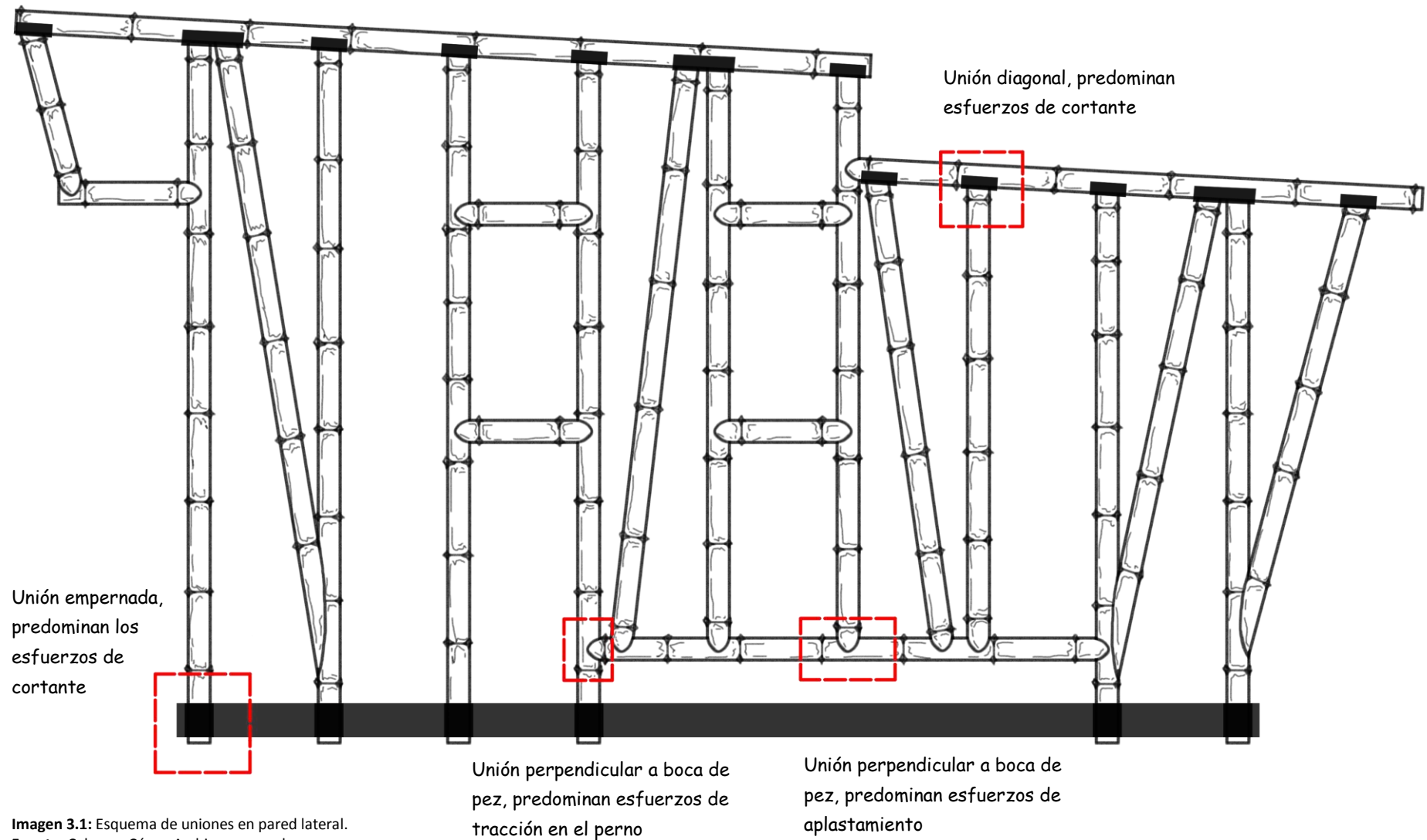


Imagen 3.1: Esquema de uniones en pared lateral.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal

La construcción de las estructuras se realizó en el taller de carpintería de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Estatal de Cuenca, y ensayadas en el Laboratorio de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad. Lo que significó adaptar su construcción a las dimensiones de la prensa universal con la que se contaba para realizar las pruebas.

Se ensayarán dos sistemas de conexiones:

- Conexiones Empernadas.
- Conexiones Empernadas con reforzamiento de mortero de cemento en las uniones.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Las estructuras fueron sometidas a cargas verticales en el nodo superior para observar el comportamiento de las uniones a los esfuerzos axiales, cuyos resultados validaron el diseño constructivo del proyecto Tiny House con Guadúa. (Imagen 3.3)

Se obtuvieron los valores de los esfuerzos máximos a los que fueron sometidas las estructuras, además de los pesos de cada probeta, de esta manera determinar una relación Peso/Carga por cada ensayo.

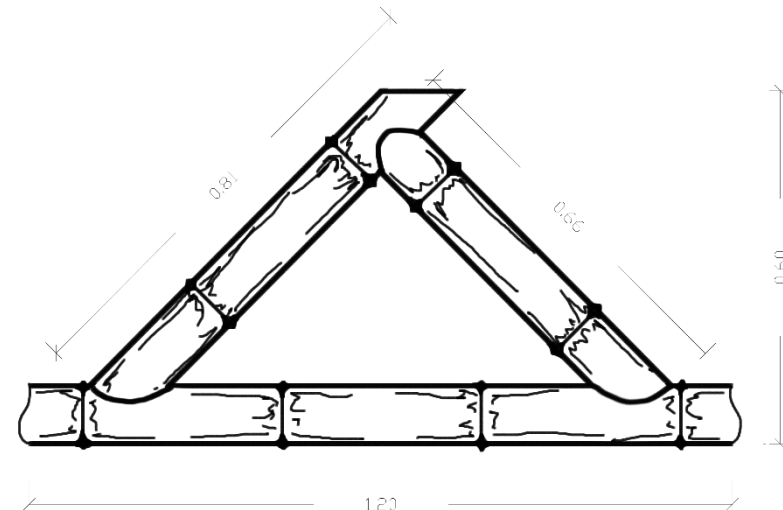


Imagen 3.2: Esquema de estructura a ensayar.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

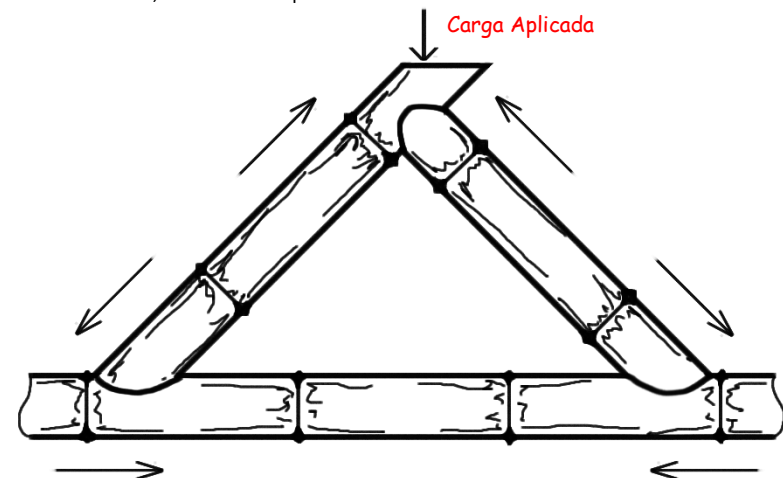


Imagen 3.3: Esquema de cargas.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Cada prueba fue llevada al fracaso estructural, observando de esta manera los efectos de las cargas sobre las uniones en ambos sistemas.

MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Materiales:

Caña Guadúa: Se utilizó la caña guadúa *Angustifolia rolliza*. (Imagen 3.4) Se requirió construir 6 estructuras para ser ensayadas, 3 para cada sistema de uniones. Cada estructura necesitó 2,67m aproximadamente de caña para ser construida, 16,02m en total. Fueron necesarios 3 culmos de caña de 6m de distancia de cada uno, 18m de material total con un 11% de desperdicio. En la tabla 3.1 se muestran las características de la caña con la que se trabajó:

El valor del contenido de humedad ha sido calculado en base a los datos de la caña y según métodos especificados en la NEC-SE-GUADUA, en donde expresa en la tabla 9 del apéndice 3 una humedad de equilibrio de la madera media anual de 13,8% para la ciudad de Cuenca.



Imagen 3.4: Culmos de Caña Rolliza.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

CARACTERÍSTICA DE LA CAÑA GUADÚA UTILIZADA

LONGITUD DEL CULMO	6m
EDAD DEL TALLO	Entre 4 y 5 años
DIÁMETRO INTERNO	7,8cm, promedio
DIÁMETRO EXTERNO	10,8cm, promedio
ESPESOR DE LA PARED DEL TALLO	1,5cm, promedio
SEPARACIÓN ENTRE NUDOS	32cm, promedio
CONTENIDO DE HUMEDAD	13,25%

Tabla 3.1: Característica de la Caña

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

El contenido de humedad es el porcentaje de agua que contiene una cantidad de material. Se determinó con la siguiente fórmula:

$$\%de\ humedad = \frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100$$

Donde:

Ph ; peso de la muestra antes de ser secada.

Ps ; peso de la muestra después de ser secada.

Se utilizaron muestra de sección prismática, con 25mm de alto y 25mm de ancho. Pesadas en una balanza con 0,01gr de precisión y secadas por 24horas dentro de un horno a 103°C aproximadamente. (Imagen 3.5) En el anexo 1 se encuentran los resultados de las pruebas de contenido de humedad de la caña.

- **Pernos:** Se utilizó varillas roscadas de 3/8" de diámetro (10mm aproximadamente) y 3m de longitud, con una resistencia a la tracción de 3725kg/cm². Fue necesario tramos de varillas de 23cm y 15cm de longitud aproximadamente para armar las estructuras. Cada unión contó con sus respectivas tuercas y arandelas. (imagen 3.6)



Imagen 3.5: Ensayos de contenido de humedad de la caña.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

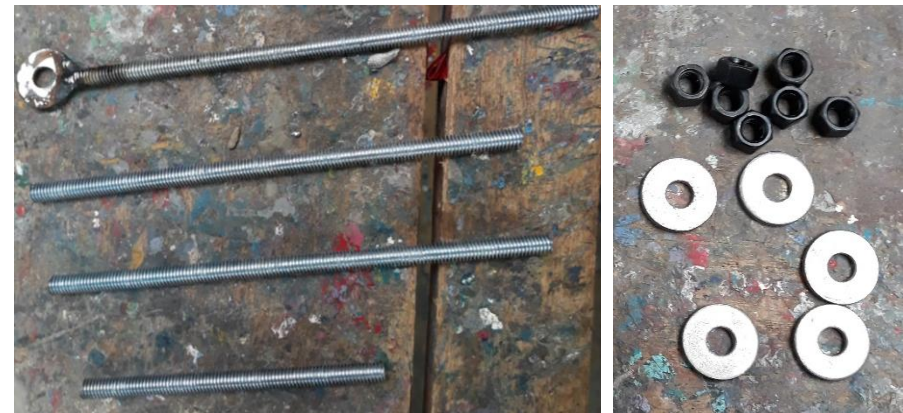


Imagen 3.6: Pernos, tuercas y arandelas.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- **Equipos:** Para ello se utilizó:
 - La prensa universal a compresión con la que se cuenta en el laboratorio. (Imagen 3.9)
 - Adaptador para aplicar cargas. Corresponde a una placa de acero colocado en la parte superior de la prensa para garantizar una distribución uniforme de la carga sobre la estructura. (Imagen 3.10)
 - Soportes curvos de madera. Debido a la irregularidad de la caña, por seguridad y garantizar un apoyo estable de la estructura durante los ensayos. Se colocarán apoyos de madera en la cuerda inferior de la estructura, de esta manera se garantizará el equilibrio de la misma durante las pruebas. (Imagen 3.11)



Imagen 3.9: Prensa universal del Laboratorio de Ingeniería.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.10: Adaptador para aplicar carga.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

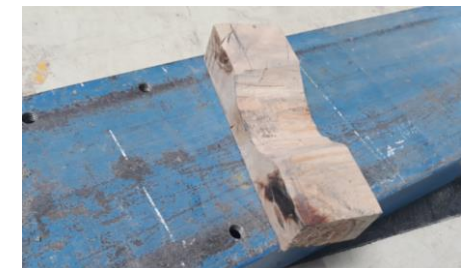


Imagen 3.11: Soportes curvos de madera.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ANCLAJES A SER ESTUDIADOS

Conexión Empernada

Una de las opciones al momento de unir elementos rollizos de caña guadúa es mediante pernos con tuercas, arandelas y caucho. El perno es una varilla roscada de 3/8" que atraviesa el canuto transversalmente, entre la arandela y la caña se colocó adicionalmente arandelas de caucho que sirvieron como amortiguadores para evitar el aplastamiento y fricción del acero con la caña. (Imagen 3.12)

Para la unión superior, la varilla sólo atravesó transversalmente uno de los elementos de caña, el cual sirvió como ancla para que el gancho J fije ambos elementos, haciendo la función de perno tensor. En su defecto, se unió mediante suelda una arandela en uno de los extremos de la varilla como sustituto de los ganchos J. (Imagen 3.13)

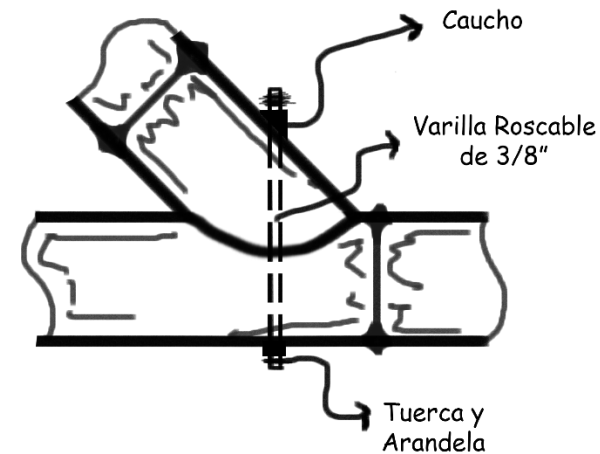


Imagen 3.12: Unión empernada inferior.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

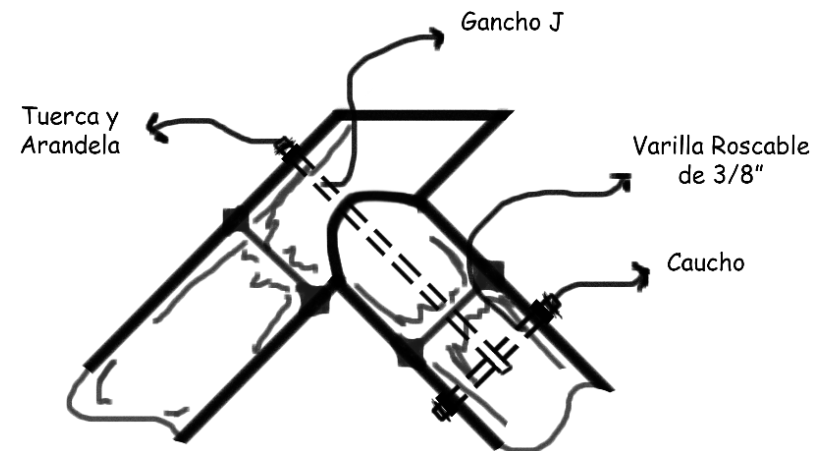


Imagen 3.13: Unión empernada superior.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Proceso constructivo de la estructura:

- **Corte de los elementos:** Se realizaron los cortes de las 3 piezas que conforman las estructuras de los culmos de caña de 6m teniendo precaución que la distancia máxima entre el extremo del elemento y el último nudo no sea mayor a 10cm. (Imagen 3.14)
- **Corte a boca y pez y pico de flauta:** El elemento de 0,66m fueron cortados en ambos de sus extremos, de un lado de boca de pez y el otro a pico de flauta a 45°; el elemento de 0,81cm sólo se realizó un corte a pico de flauta a 45° y el de 1,20m no necesitó cortes (Imagen 3.15). Los cortes se realizaron según especificaciones de la NEC-SE-GUADUA en su numeral 5,6. Corte para uniones entre culmos.
- **Perforado de los elementos:** Se utilizó un taladro de pedestal para tener mayor precisión en las perforaciones. Los agujeros fueron realizados con broca para madera de 3/8" (Imagen 3.16), en canutos en buen estado, sin grietas ni ralladuras según se encuentra especificado en la NEC-SE-GUADUA en su numeral 5,7. Uniones entre piezas estructurales de GaK.



Imagen 3.14: Corte de los elementos de Caña Rolliza.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.15: Corte a boca de pez y pico de flauta.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.16: Perforado de los elementos de caña.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- **Armado de la Estructura:** Listos los cortes y las perforaciones se unieron los elementos entre sí mediante las varillas roscadas. Antes de colocar las tuercas y arandelas se dispuso de las arandelas de caucho en cada extremo de la varilla para sujetar y apretar las tuercas lastimar la caña. (Imagen 3.17)

Conexión Empernada con reforzamiento de mortero de cemento en las uniones

Este modelo de estructura posee las mismas características del modelo con conexiones empernadas, salvo por la diferencia que éste posee mortero de cemento y arena dentro de los canutos en donde se encuentran las conexiones.

El mortero se introdujo en los canutos mediante una perforación de 1cm, aproximadamente, extra que se realizó al elemento y la ayuda de un embudo que facilitó el llenado.

Beneficios de usar mortero como refuerzo:

- Mayor estabilidad y seguridad en las uniones de caña empernada. El mortero asume mayor parte de los esfuerzos de aplastamiento que produce el acero (pernos y varillas) en la caña. (Imagen 3.18)



Imagen 3.17: Armado de la Estructura.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

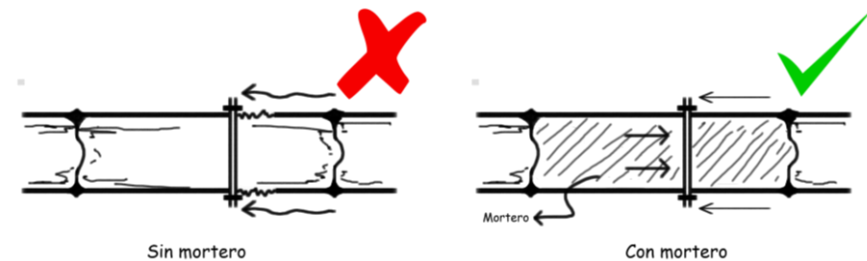


Imagen 3.18: Resistencia del mortero a esfuerzos de aplastamiento.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- La inyección del mortero en el canuto de las conexiones mejora el comportamiento de la caña a la compresión perpendicular y esfuerzos de aplastamiento que podría sufrir por otros elementos de caña. (Imagen 3.19)

Proceso constructivo de la estructura:

Una vez fueron construidas las estructuras de guadúa se agregó el mortero al canuto de las conexiones con el siguiente procedimiento:

- **Preparación del Mortero:** Se utilizó mortero de cemento y arena en relación 1:3, cada estructura necesitó $0,003\text{m}^3$ de mezcla, la cantidad varió según la estructura debido a la irregularidad del largo de los canutos. Se siguieron las especificaciones y procedimientos dados en la NTE INEN 155 Cementos. Preparación de pastas y morteros de consistencia plástica. (imagen 3.20)

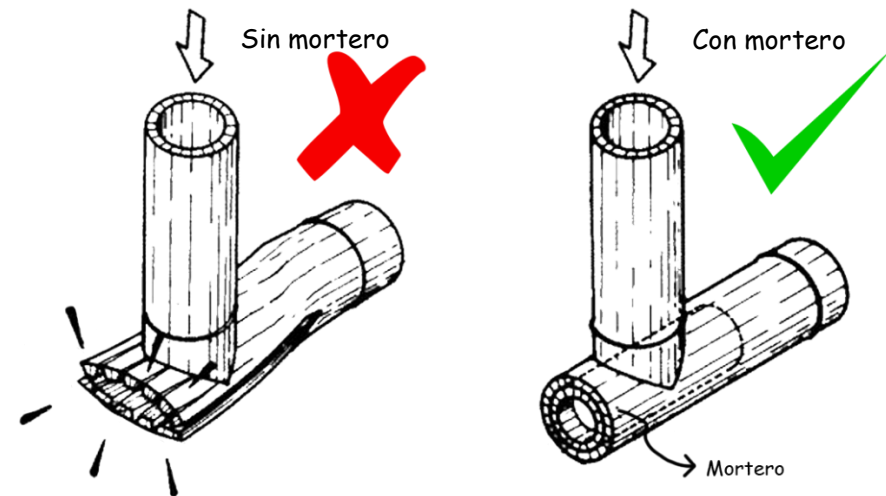


Imagen 3.19: Esfuerzos de compresión en elementos de caña.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.20: Mezclado del mortero.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- **Inyección del mortero al canuto:** Para introducir el mortero dentro del canuto se realizó un agujero extra en cada conexión de alrededor de 1cm de diámetro y estar a no más de 3cm de un nodo. Con ayuda de un embudo se vertió el mortero dentro del canuto y se realizando suaves golpes a la caña se garantizó la compactación del mortero. (Imagen 3.21)
Se dejó secar el mortero de la estructura por 28 días para que adquiera su máxima resistencia y pueda ser ensayada. (Imagen 3.22)

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Consistió en la aplicación de fuerzas verticales en la parte superior de las estructuras, llevándolas al límite de su resistencia obteniendo su máximo esfuerzo, y al fracaso para observar el comportamiento de las uniones.

Como se mencionó anteriormente, los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. Se utilizó la prensa multiensayos a compresión para aplicar las cargas sobre la estructura, por medio de los apoyos se garantizó que las probetas no pierdan su posición vertical durante las pruebas.



Imagen 3.21: Vertido del mortero.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



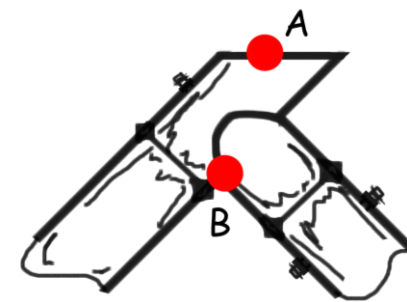
Imagen 3.22: Estructuras apiladas.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

El ensayo culminó cuando las estructuras fracasen y la prensa muestre la máxima carga que fue aplicada. Este valor, adicional al del peso de la probeta, sirvió para obtener la relación peso/carga de las uniones siendo utilizado como justificativo para la decisión del sistema constructivo del prototipo de Tiny House.

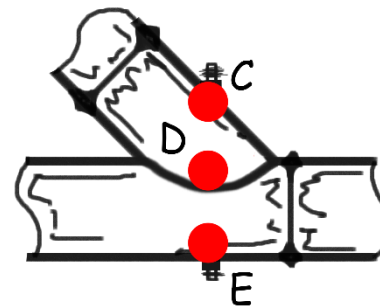
RESULTADOS DE ENSAYOS

Las pruebas se llevaron a cabo de manera exitosa con excelentes resultados. Las 6 estructuras fueron sometidas a cargas verticales llevándolas al momento de máximo esfuerzo y fracaso, obteniendo el valor de carga y deformación última. En el anexo 2 se detallan las tablas con los valores de cargas y deformaciones de las estructuras durante las pruebas, y los diagramas carga/deformación.

Los valores de las cargas últimas sirvieron para calcular los esfuerzos en los cordones, los dos superiores y el inferior, y las cargas axiales a los que fueron sometidos, identificando el tipo de esfuerzo que ocurre en los elementos y realizar un análisis descriptivo de las fallas que se produjeron en los puntos críticos de las uniones presentados en la imagen 3.23.



Unión superior



Unión inferior

Punto A: Aplastamiento del elemento.

Punto B: Contacto entre la unión superior y el perno.

Punto C: Contacto entre el perno y el cordón superior.

Punto D: Contacto entre el cordón superior y el cordón inferior.

Punto E: Contacto entre el perno y el cordón inferior.

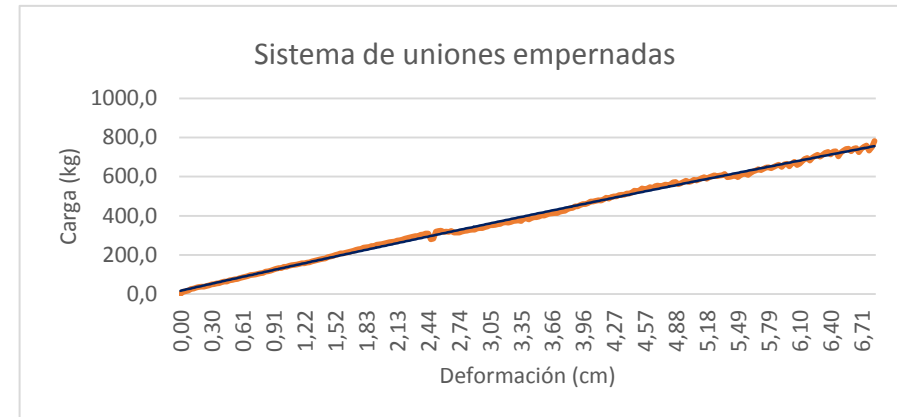
Imagen 3.23: Puntos críticos en las estructuras.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

A) Ensayo de conexiones emperradas

Recopilación de datos

A partir de los datos recogidos en el anexo 2, se calculó una media entre los resultados de las 3 estructuras ensayadas con el diagrama de carga/deformación (Imagen 3.24) del cual se detecta una tendencia lineal a la deformación durante la aplicación de la carga, con una deformación última de 6,83cm durante una carga de 782kg al momento del fracaso estructural.

La tabla 3.2 presenta los resultados del cálculo de las cargas axiales y los valores de esfuerzos últimos en los elementos de las estructuras.



— Carga/deformación
— Grafica de tendencia

$$y = -0,0008x^2 + 2,9585x + 14,82 \quad R^2 = 0,9976$$

Imagen 3.24: Diagrama carga/deformación de uniones emperradas.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Resultados de conexiones emperradas

	Estructura 1	Estructura 2	Estructura 3	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de la estructura	874	1186	928	996	Kg	Carga vertical
Carga última del cordón superior	616,17	836,13	654,24	702,18	Kg	Carga axial
Carga última del cordón inferior	437	593	464	498	Kg	Carga axial
Esfuerzo último del cordón superior	14,06	19,08	14,93	16,02	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión
Esfuerzo último del cordón inferior	9,97	13,53	10,59	11,36	Kg/cm ²	Esfuerzo de tracción
Esfuerzo último en el punto de aplicación de la carga	14,10	19,13	14,97	16,07	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión ⊥
Esfuerzo último en la unión inferior	152,80	207,34	162,24	174,13	Kg/cm ²	Esfuerzo cortante
Deformación para la carga última de la estructura	6,83	10,71	9,44	8,99	cm	
Peso de la estructura	5,22	6,6	6,63	6,15	kg	
Relación Peso/Carga	0,0060	0,0056	0,0071	0,0062		

Tabla 3.2: Resultados de ensayos de conexiones emperradas.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Acciones de cargas

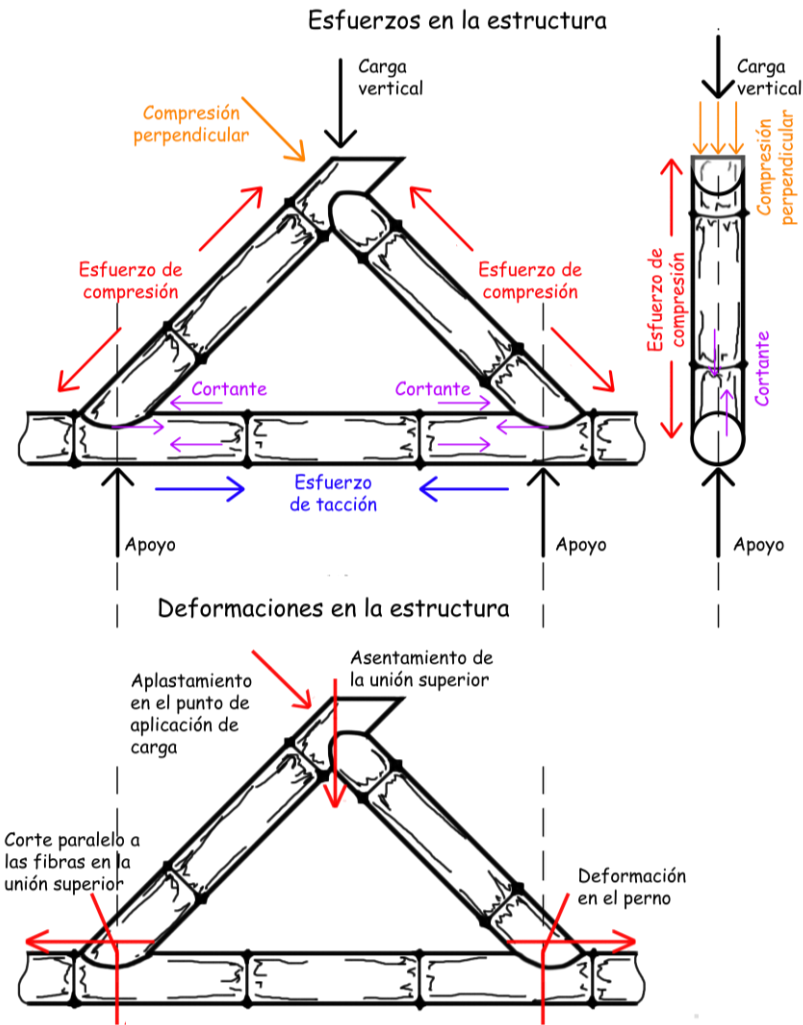


Imagen 3.25: Esfuerzos y deformaciones en la estructuras empernadas.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.26: Estructura con conexiones empernadas luego de ser ensayada.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Esfuerzos admisibles de la caña guadua

Compresión	Compresión ⊥	Tracción	Corte
142,76 kg/cm ²	14,27 kg/cm ²	193,74 kg/cm ²	71,39 kg/cm ²

Tabla 3.3: Esfuerzos admisibles de la caña guadua.
Fuente: Recuperado de "NEC-SE-GUADÚA", 2016, p. 26

Comparando los resultados de la tabla 3.2 con los esfuerzos admisibles de la tabla 3.3, se determina que el fallo de las estructuras ocurre en las uniones inferiores con los esfuerzos cortantes superando los 71,39 kg/cm² admisibles con 174,13 kg/cm² últimos que fueron administrados. De igual manera con los esfuerzos de compresión perpendicular superando los 14,27 kg/cm² por 16,07 kg/cm².

Fallas en los puntos críticos

- Aplastamiento en punto de aplicación de la carga. Los extremos de los cordones en donde se aplican las cargas presentan agrietamientos hasta el nivel del nudo. (Imagen 3.27)



Imagen 3.27: Aplastamiento en el punto de aplicación de la carga.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- Desplazamiento de la unión entre elementos. La deformación de la estructura ocasiona un desplazamiento del perno tensor fallando la unión entre los elementos. (Imagen 3.28)



Imagen 3.28: Desplazamiento de la junta en la unión superior.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- Aplastamiento entre los cordones superior e inferior. Los esfuerzos de compresión a los que se encuentra sometidos los cordones superiores generan rupturas en la parte interior de la unión, evidenciando a la vez el desplazamiento de las piezas. (Imagen 3.29)



Imagen 3.29: Aplastamiento entre los cordones superior e inferior.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- La acción de fuerzas paralelas en la unión inferior generan efectos de corte paralelos a la fibra en el área de contacto entre el perno y el cordón inferior. Al mismo tiempo que ocurren deformaciones en los pernos. (Imagen 3.30)



Imagen 3.30: Desplazamiento de la junta inferior.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

B) Ensayo de conexiones emperradas con reforzamiento de mortero de cemento en las uniones.

Recopilación de datos

De igual manera que los ensayos de conexiones emperradas se obtuvo el diagrama de carga/deformación (imagen 3.31) del cual presenta una curva ascendente durante la aplicación de la carga, con una deformación última de 3,62cm durante una carga de 2533,33kg al momento del fracaso estructural.

La tabla 3.4 presenta los resultados de las pruebas.

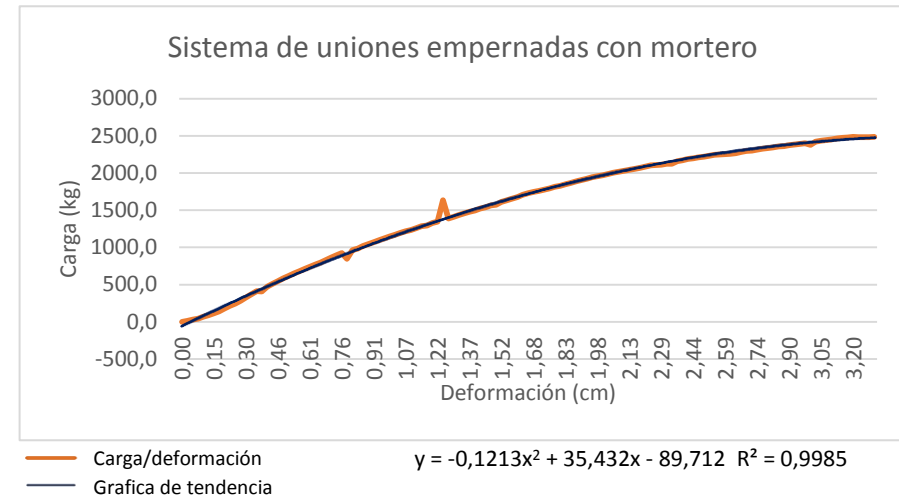


Imagen 3.31: Diagrama carga/deformación de uniones emperradas con mortero de refuerzo.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Resultados de conexiones emperradas con reforzamiento de mortero

	Estructura 1	Estructura 2	Estructura 3	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de la estructura	2604	2437	2559	2533,33	Kg	Carga vertical
Carga última del cordón superior	1835,82	1718,08	1804,09	1786	Kg	Carga axial
Carga última del cordón inferior	1302	1218,50	1279,50	1266,66	Kg	Carga axial
Esfuerzo último del cordón superior	41,89	39,20	41,16	40,75	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión
Esfuerzo último del cordón inferior	29,71	27,80	29,19	28,90	Kg/cm ²	Esfuerzo de tracción
Esfuerzo último en el punto de aplicación de la carga	20,10	18,81	19,75	19,55	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión ⊥
Esfuerzo último en la unión inferior	126,53	118,42	124,34	123,10	Kg/cm ²	Esfuerzo cortante
Deformación para la carga última de la estructura	4,01	3,30	3,56	3,62	cm	
Peso de la estructura	18	17,30	17,50	17,60	kg	
Relación Peso/Carga	0,0069	0,0071	0,0068	0,0069		

Tabla 3.4: Resultados de ensayos de conexiones emperradas con mortero de refuerzo.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Acciones de cargas

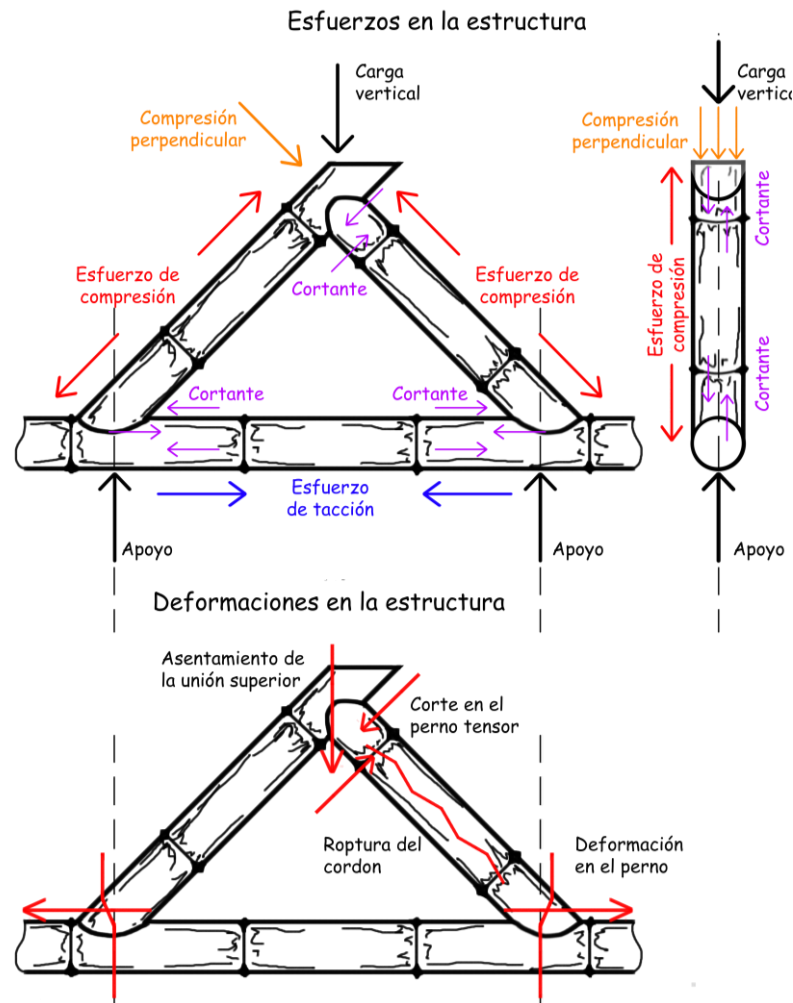


Imagen 3.32: Esfuerzos y deformaciones en la estructuras con mortero de refuerzo.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.33: Estructura con mortero de refuerzo luego de ser ensayada.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Los esfuerzos últimos de cortante y compresión perpendicular son mayores a los admisibles, a pesar de ello el fracaso no ocurre por esta razón, debido a que en estos puntos los esfuerzos son distribuidos entre el mortero y la caña. Calculando los esfuerzos que actúan sobre la cañas se obtiene un valor de $34,21\text{kg/cm}^2$ en cortante y $9,35\text{kg/cm}^2$ para compresión perpendicular, siendo menores a los esfuerzos admisibles en la tabla 3.3.

El fallo estructural en estas probetas ocurre por cortante en el perno tensor de la unión superior, provocando rupturas en el mortero ocasionando que los radios de ruptura fracturen la caña.

Fallas en los puntos críticos

- Los esfuerzos cortantes que actúan sobre la unión superior sobrepasan la resistencia del punto de suelda entre la varilla y la arandela, ocasionando el fallo de la unión por la ruptura del perno tensor y el mortero. (Imagen 3.34)



Imagen 3.34: Fallo del perno tensor.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- El fallo del mortero en la unión a boca de pez ocasiona que los radios de ruptura en su interior fracturen longitudinalmente el elemento de caña. (Imagen 3.35)



Imagen 3.35: Fractura longitudinal del cordón superior.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- Por acción de fuerzas cortantes en la unión inferior los pernos se deforman en 2 puntos formando una "Z". (Imagen 3.36)



Imagen 3.36: Deformación en el perno de la unión inferior.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos y presentados en los diagramas de carga/deformación muestran los comportamientos de ambas conexiones en las estructuras ensayadas, exponiendo claramente el incremento de carga y rigidez que otorga incorporar el mortero en las uniones. Comparando ambos diagramas en la imagen 3.37 se puede observar fácilmente la diferencia del comportamiento de ambas estructuras.

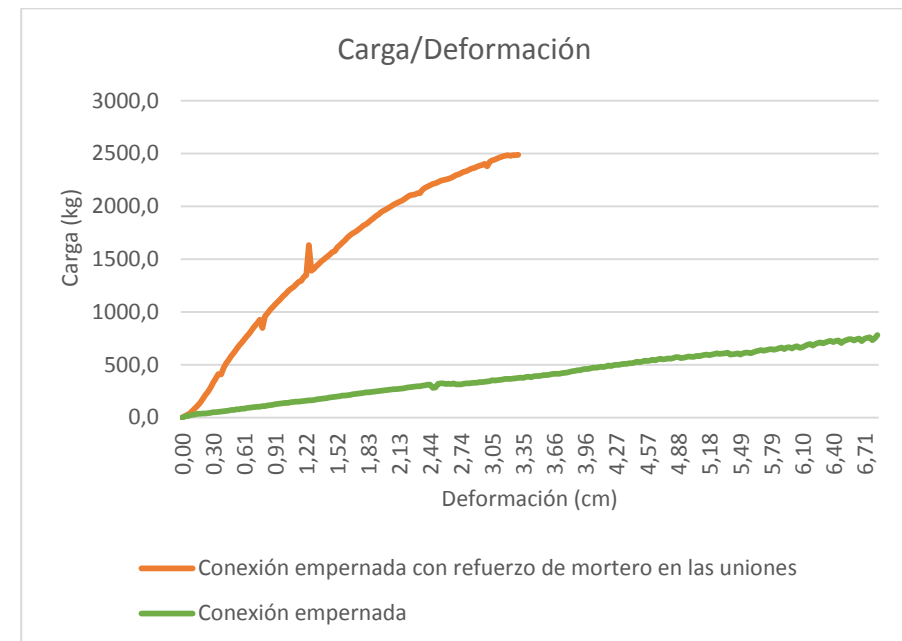


Imagen 3.37: Diagramas de carga/deformación de ambos sistemas de conexiones.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- En ambos sistemas de conexiones el fracaso de las estructuras ocurre a causa de los esfuerzos de corte y compresión perpendicular. Mientras que los cordones presentan un mejor comportamiento frente a los esfuerzos de compresión paralela y tracción, estando estos dentro de los esfuerzos admisibles de la tabla 3.3.
- La inserción del mortero mejora las capacidades de las estructuras de caña para soportar los esfuerzos de compresión perpendicular y corte. (Imagen 3.38)
- Las deformaciones en las estructuras con conexiones empernadas sin mortero son mayores a las que incluyen mortero, sin embargo, cuando ocurre el fracaso de las estructuras el fallo es más violento en las uniones con mortero, debido a que fracturan los elementos de caña ocasionando el colapso de las estructuras.
- Con respecto al diseño estructural del prototipo de Tiny House, el reforzamiento de mortero se utilizó únicamente en el anclaje de la estructura de guadúa al remolque, debido a que en estos puntos serán mayores los esfuerzos de cortante en la caña. Y adicionalmente, dentro de los canutos que servirán de apoyo para el sistema de cubierta

elevadiza. Las demás uniones serán empernadas y otras empernadas con placas de acero, ya que en estos puntos los esfuerzos serán menores e introducir el mortero sólo incrementará el peso de la estructura. Las especificaciones de los anclajes y conexiones se presentarán detalladamente en la sección de planos y detalles constructivos.



Imagen 3.38: Diferencia de comportamiento frente a esfuerzos de compresión perpendicular.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



ENSAYO DE CONEXIONES EN VIGAS DE GUADÚA A FLEXIÓN

OBJETIVOS Y ALCANCES

Objetivos:

- Observar el comportamiento de los sistemas de conexiones propuestos en el modelo de Tiny House con guadúa en las vigas del piso y entrepiso.
- Determinar las cargas máximas a las que serán sometidos ambos sistemas de conexiones.
- Comparar las capacidades mecánicas de ambos sistemas de conexiones determinando su efectividad.

Alcances:

- Analizar el comportamiento de las vigas de piso y entrepiso de caña guadúa frente a esfuerzos de flexión.
- Comparar los resultados de las cargas últimas en ambos sistemas con los valores de cargas de diseño a las que serán sometidas.
- Determinar las fallas en los puntos críticos en ambos sistemas de conexiones.

CONFIGURACIÓN DE LOS ELEMENTOS A ENSAYAR

Se pondrá a prueba la resistencia a flexión las vigas del nivel +0,84 y +3,08 correspondientes al piso y entrepiso de la vivienda (Imagen 3.39). Se consideró las dimensiones reales y especificaciones constructivas de estos elementos en los planos constructivos (Imagen 3.40), determinando las características estructurales y mecánicas a esfuerzos de flexión de los sistemas de conexiones en condiciones reales de uso.

Las vigas del piso y del entrepiso se diferencian entre sí por su armado, el sistema de conexión de las vigas de piso es mediante unión perpendicular con perno tensor y corte a boca de pez, mientras que el sistema de conexión de las vigas del entrepiso es por superposición con empernado simple y corte a media caña en la unión.

La construcción de las vigas se realizó en el taller de maquetaría y diseño de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Estatal de Cuenca, y fueron ensayadas en el Laboratorio de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.

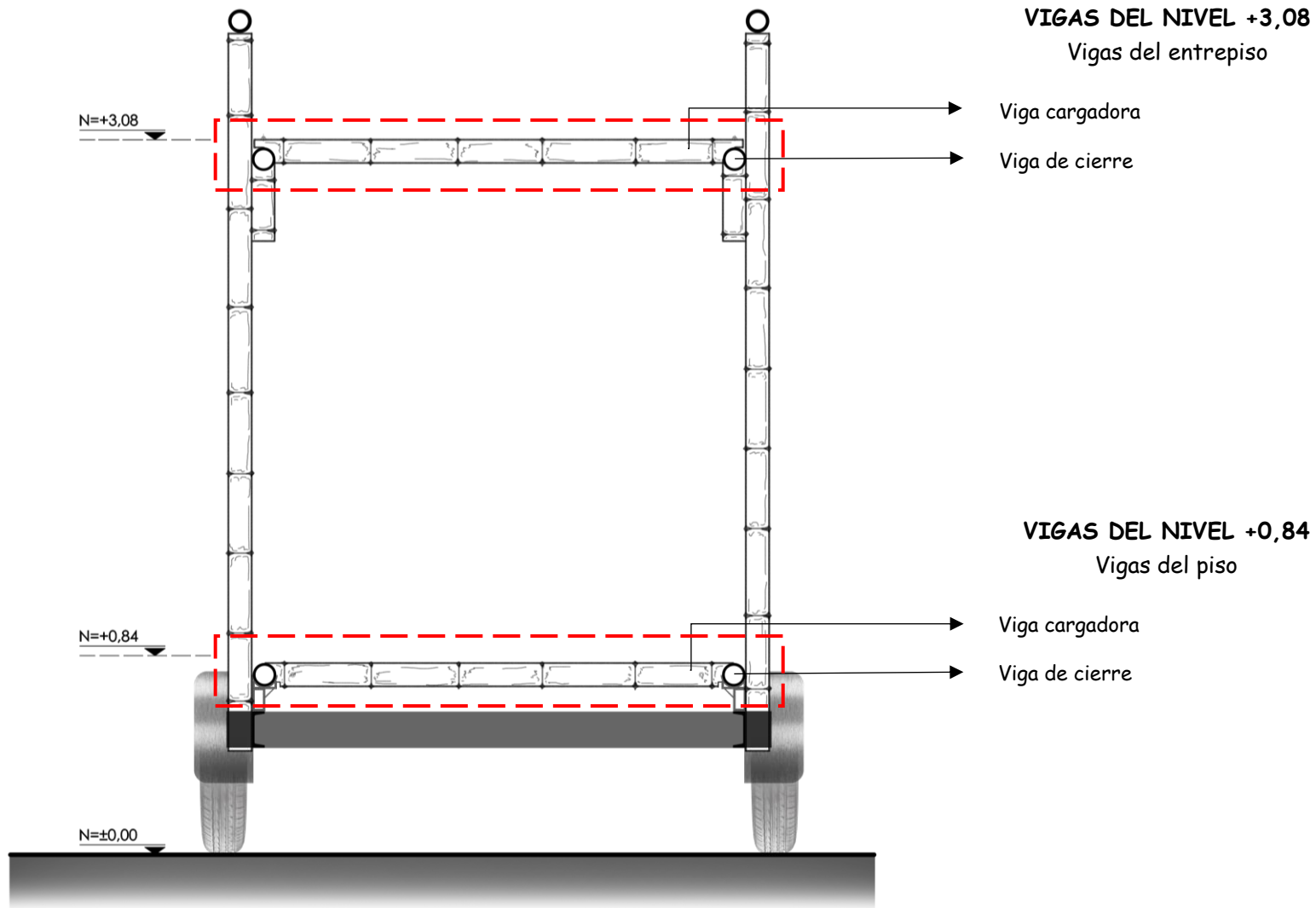


Imagen 3.39: Esquema estructural de vigas del piso y entrepiso.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Las vigas fueron puestas a prueba a esfuerzos de flexión mediante carga vertical en 4 puntos en su longitud, asimilando las condiciones reales de cargas distribuidas que se presentarían durante la ocupación de la vivienda, de esta manera determinando la eficiencia de la viga y su sistema de conexión.

Durante los ensayos se recogieron datos sobre la carga aplicada y la deformación que van sufriendo los elementos, de esta manera determinar la carga que se debe aplicar para llegar al momento de deformación máxima permitida, según lo especifica la NEC-SE-GUADUA para el diseño estructural de vigas.

Los ensayos finalizaron una vez ocurra el fracaso de la viga, obteniendo los valores de carga y deformaciones últimas para luego determinar los esfuerzos en los elementos y uniones, además de determinar las fallas en ambos sistemas y ser comparados.

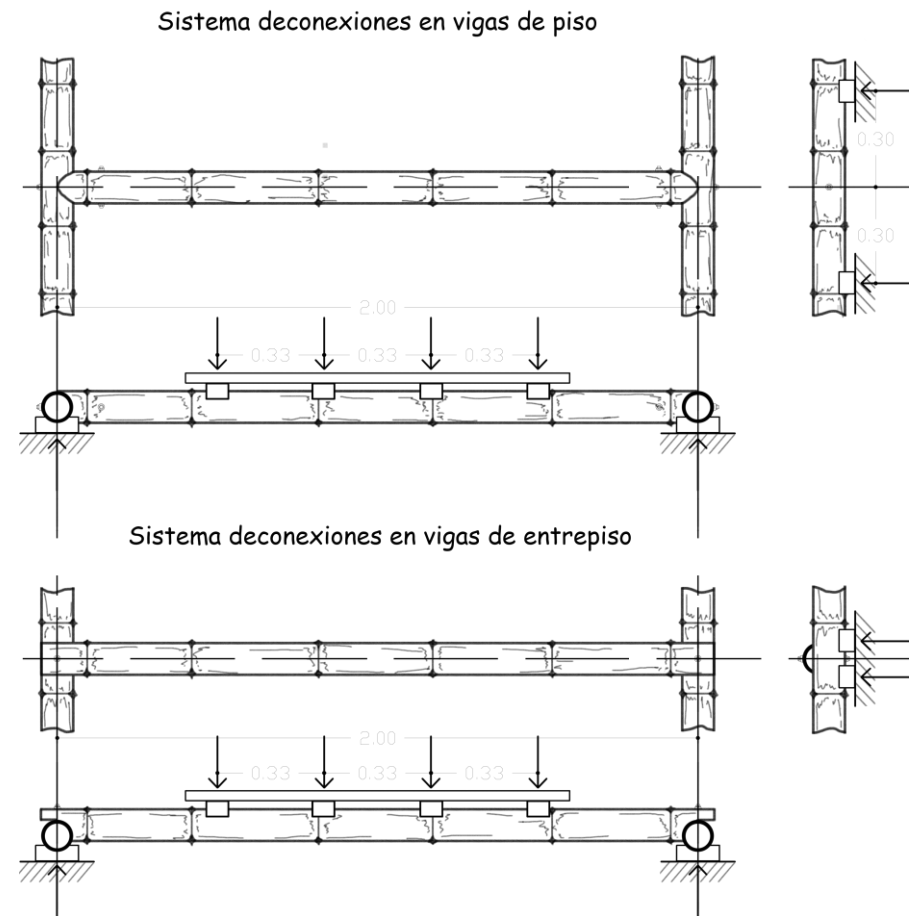


Imagen 3.40: Vigas de piso y entrepiso de guadúa.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Materiales:

- **Caña Guadúa:** La caña guadúa *Angustifolia* rolliza para la construcción de 5 vigas para ser ensayadas, 2 para las vigas del entrepiso y 3 para las del piso. Cada viga necesitó 3,20m aproximadamente de caña para ser construida, 18,00m en total. Fueron necesarios 6 culmos de caña de 3m de distancia de cada uno.
- **Pernos:** Varillas roscadas de 3/8" de diámetro (10mm aproximadamente) y 3m de longitud, con una resistencia a la tracción de 3725kg/cm². Fue necesario tramos de varillas de 18cm y 12cm de longitud aproximadamente para armar las estructuras. Cada unión contó con sus respectivas tuercas y arandelas.
- **Caucho Sintético:** Para evitar el contacto de las tuercas y la caña al momento de ser ajustadas, se utilizaron arandelas de caucho en los puntos de unión entre el acero y la caña.

Herramientas y Equipos:

- **Herramientas:** Para realizar los cortes y armados de las vigas se contó con las siguientes herramientas del taller de carpintería:
 - Flexómetro de 3m
 - Cinta de papel
 - Sierra Ingleteadora
 - Taladro
 - Broca para madera de 3/8'
 - Sacabocado de 3'
 - Llave de corona #14
 - Llave con carraca #14
 - Entenalla
 - Arco de cierra

- **Equipos:** Para ellos se utilizó:
 - La prensa universal con la que se cuenta en el laboratorio de construcciones de la Facultad de Ingeniería. (Imagen 3.41)
 - Adaptador para aplicar cargas. Corresponde a un elemento de acero colocado en la parte superior de la prensa, el cual distribuye uniformemente la carga sobre la viga en dos puntos. (Imagen 3.42)
 - Soportes de acero. Debido a que la longitud de las probetas es mayor a la base de la prensa, se debió colocar apoyos externos para soportar las vigas durante las pruebas, los cuales debieron ser reemplazados por una viga de acero, elevando las probetas de la base de la prensa sin perder el contacto, ya que los apoyos metálicos no lo permitían. (Imagen 3.43)



Imagen 3.41: Prensa Universal del laboratorio de ingeniería.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.42: Adaptador para aplicar carga en 2 puntos.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.43: Soporte con viga metálica.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONEXIONES EN VIGAS A SER ENSAYADAS

Vigas del nivel +0,84

Conforman la estructura del piso de la vivienda, son elementos de caña guadúa rolliza de 2m de longitud dispuestos cada 60cm al eje y anclados en sus extremos por corte a boca de pez y perno tensor. (Imagen 3.44)

Cada viga ensayada contó con 3 elementos para su construcción, un culmo de guadúa de 2m y 2 de 70cm en sus extremos (Imagen 3.45) cumpliendo las siguientes funciones:

- El elemento de 2m asumirá el papel de viga cargadora en la estructura, la cual asume la función de soportar las cargas del piso de la vivienda para ser transmitidas a las vigas de cierre.
- Los culmos de 70cm en los extremos tomarán la posición de una sección de la viga de cierre la cual se encarga de recibir las cargas del elemento de 2m, transmitirlas al remolque y luego al suelo.

Se consideró que los extremos de los cortes en los elementos de caña guadúa rolliza no estén a una distancia mayor a 5cm del nudo más cercano. En el caso de los culmos de 70cm no afectó aumentar sus longitudes mientras se cumpla la condición de corte.



Imagen 3.44: Unión a boca de pez con perno tensor.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.45: Viga del nivel +0,84.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Vigas del nivel +3,08

Conforman la estructura del entepiso de la vivienda, son elementos de caña guadúa rolliza de 2,10m de longitud dispuestos cada 60cm al eje y anclados por superposición empernada con corte a media caña en sus extremos. (Imagen 3.46)

Cada viga ensayada contó con 3 elementos para su construcción, un culmo de guadúa de 2,10m y 2 culmos conformados por un solo canuto en sus extremos (Imagen 3.47), no siendo relevante su longitud para el ensayo, cumpliendo las siguientes funciones:

- El elemento de 2,10m asumirá el papel de viga cargadora en la estructura, la cual recibe las cargas del entepiso de la vivienda para ser transmitidas a las vigas de cierre.
- Los culmos que están conformados por un sólo canuto, tomarán la posición de una sección de la viga de cierre que se encarga de recibir las cargas del elemento de 2,10m, transmitirlas a las paredes laterales, al remolque y luego al suelo.

De igual manera, los cortes de los elementos de caña guadúa rolliza se realizaron a una distancia no mayor a 5cm del nudo más cercano.



Imagen 3.46: Unión por superposición empernada con corte a media caña.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

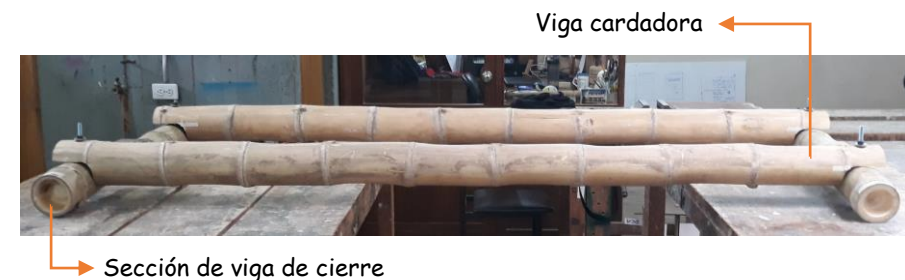


Imagen 3.47: Vigas del nivel +3,08.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El ensayo consistió en la aplicación de cargas verticales sobre la longitud de la viga, hasta conseguir el fracaso de los elementos y haber determinado las deformaciones durante la prueba.

Como se mencionó anteriormente, las pruebas fueron llevadas a cabo en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. Se utilizó la prensa multiensayos a flexión con un adaptador de 2 puntos de contacto para aplicar las cargas sobre las vigas, además de una viga de acero que sirvió de apoyo para las probetas.

Las pruebas culminaron una vez que las vigas dejaron de resistir carga y sus uniones hayan fracasado, obteniendo los valores últimos de resistencia y deformación, además del valor de la deformación admisible para la carga de diseño.

Estos datos sirvieron al momento de diseñar las estructuras del piso y entrepiso del prototipo, siendo necesarios para calcular la separación de las vigas entre sí.

RESULTADOS DE ENSAYOS

A pesar de que se presentaron problemas con los apoyos de las vigas y no haber registrado los valores de carga y deformación de una de las probetas, se logró obtener los resultados esperados para realizar los cálculos necesarios para el diseño de la estructura del prototipo. Mientras que la probeta que no se registraron valores, sirvió como ensayo para probar la viga metálica que sirvió de apoyo para las demás pruebas.

El anexo 3 presenta detalladamente los resultados de cada probeta ensayada, además del cálculo de las deformaciones admisibles en cada caso y la distancia a la que deben estar cada viga colocada.

Los resultados de los ensayos sirvieron para obtener el diagrama carga/deformación de las vigas, además de la gráfica de tendencia que sigue la deformación, de esta manera saber que carga debe ser aplicada para que el elemento llegue a la deformación admisible y así determinar el máximo esfuerzo que puede ser aplicado en estos elementos, viéndose esto reflejado en la distancia en la que estarán colocados entre sí.

A) Ensayo de vigas del nivel +0,84

Recopilación de datos

A partir de los datos recogidos en el anexo 3, se determinó una media entre los resultados de las pruebas con estas vigas obteniendo el diagrama carga/deformación para este sistema (Imagen 3.48) el cual presenta una ligera curva de crecimiento de segundo grado para la deformación del elemento mientras la carga es aplicada, con una deformación última de 3,51cm para una carga final de 505kg en dos puntos de aplicación.

La tabla 3.5 presenta un resumen de los resultados obtenidos en las pruebas de las vigas del nivel +0,84:

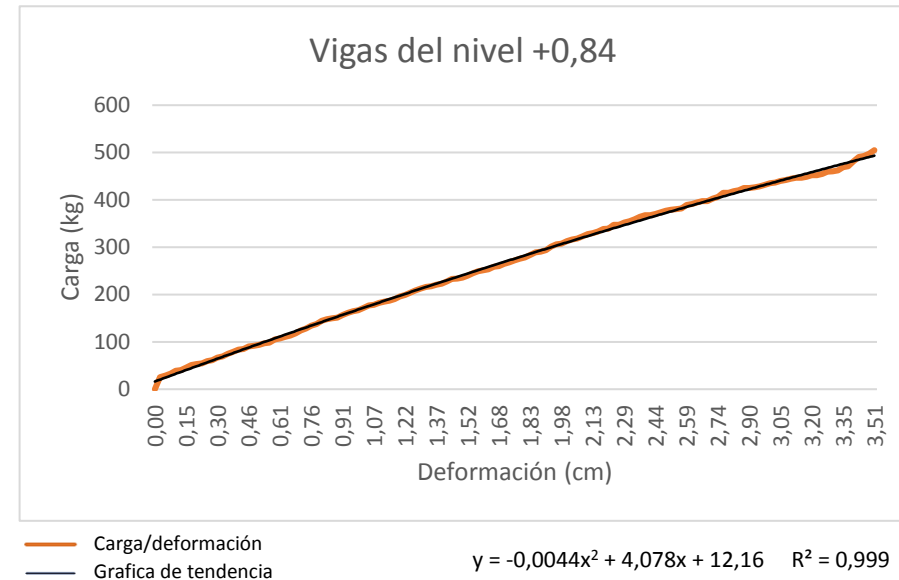


Imagen 3.48: Diagrama carga/deformación de vigas del nivel +0,84.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Resultados de vigas del nivel +0,84

	Viga 1	Viga 2	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de flexión	642	398	505	Kg	Carga vertical
Deformación última	3,68	3,51	3,51	cm	Deformación por flexión
Carga de diseño	300	300	300	Kg/m ²	Carga distribuida
Carga de diseño aplica	190	190	190	kg	Carga vertical
Deformación admisible	1,47	1,47	1,47	cm	Deformación por flexión
Deformación real a los 190kg de carga	1,02	1,27	1,17	cm	Deformación por flexión

Tabla 3.5: Resultados de ensayos en vigas del nivel +0,84.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Acción de cargas

La flexión en la viga, producida por las cargas verticales, ocasionó que en los extremos las conexiones estén sometidos a esfuerzos de torsión, comprimiendo la parte superior del corte a boca de pez ocasionando grietas en estos lugares causando el fracaso de la viga. (Imagen 3.49)

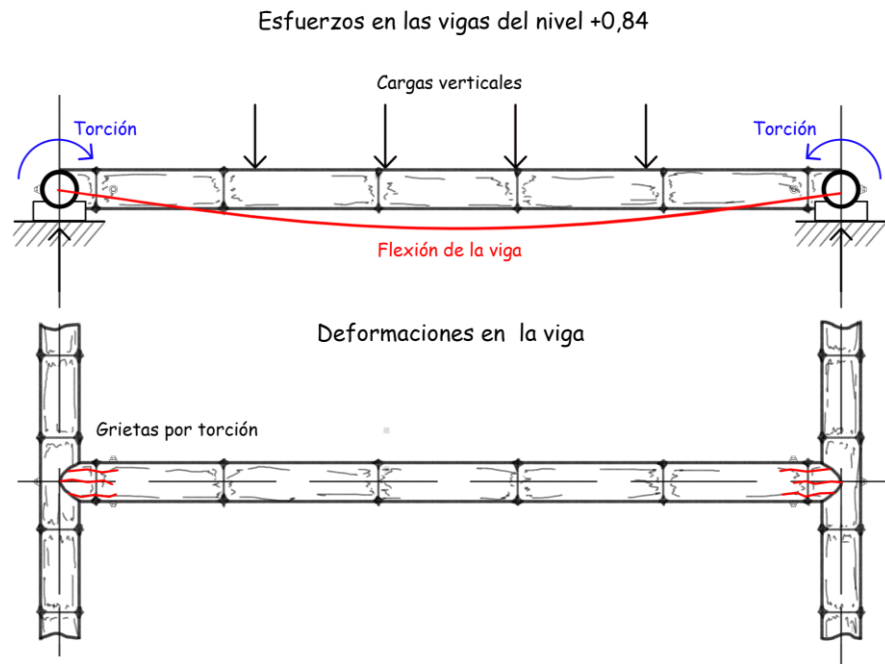


Imagen 3.49: Esfuerzos y deformaciones en vigas del nivel +0,84.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal

Fallas en los puntos críticos

La principal falla que se produce en este sistema de conexiones de vigas son las grietas que se presentan en la parte superior de la unión, debido a la compresión que ocurre en esta zona ocasionada por la torsión del elemento. (Imagen 3.50)



Imagen 3.50: Falla en la conexión emperrada a boca de pez en la viga del nivel +0,84.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal

B) Ensayo de vigas del nivel +3,08

Recopilación de datos

De igual manera que con las vigas del nivel +0,84 se determinó una media entre los resultados de las pruebas con las vigas del nivel +3,08 obteniendo el diagrama carga/deformación para este sistema (Imagen 3.51) el cual presenta una tendencia de crecimiento lineal para la deformación del elemento mientras la carga es aplicada, con una deformación última de 1,68cm para una carga final de 228kg en dos puntos de aplicación.

La tabla 3.6 presenta un resumen de los resultados obtenidos en las pruebas de las vigas del nivel +3,08:

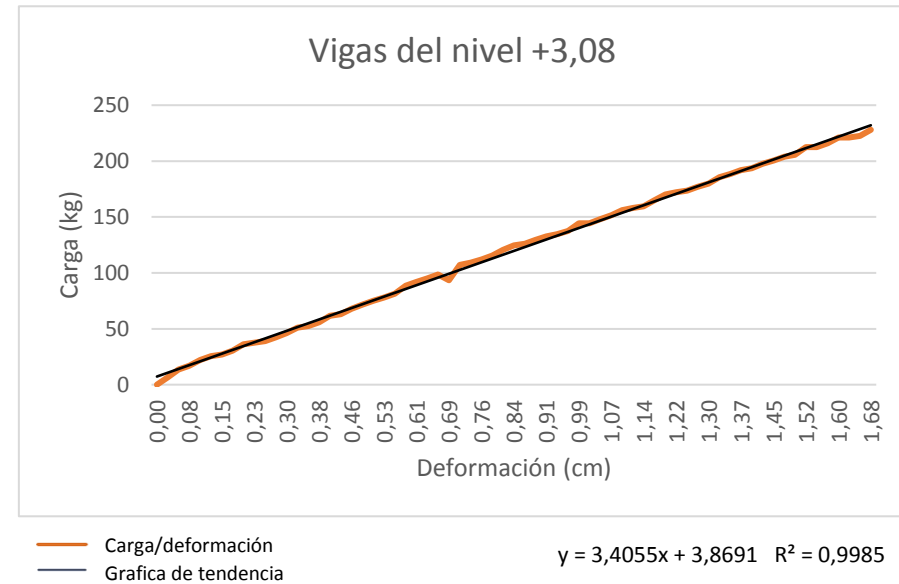


Imagen 3.51: Diagrama carga/deformación de vigas del nivel +3,08.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Resultados de vigas del nivel +3,08

	Viga 1	Viga 2	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de flexión	190	279	228	Kg	Carga vertical
Deformación última	1,91	1,68	1,68	cm	Deformación por flexión
Carga de diseño	300	300	300	Kg/m ²	Carga distribuida
Carga de diseño aplica	190	190	190	kg	Carga vertical
Deformación admisible	1,47	1,47	1,47	cm	Deformación por flexión
Deformación real a los 190kg de carga	1,91	1,09	1,37	cm	Deformación por flexión

Tabla 3.6: Resultados de ensayos en vigas del nivel +3,08.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Acción de cargas

La flexión que se produce por la aplicación de las cargas verticales, y el sistema de unión emperrada por superposición con corte a media caña, ocasionaron que en los extremos de la viga actúen fuerzas cortantes que fracturaron la caña de manera longitudinal siguiendo el corte de la unión superpuesta, de esta manera consiguiendo que la viga haya fracasado. (Imagen 3.52)

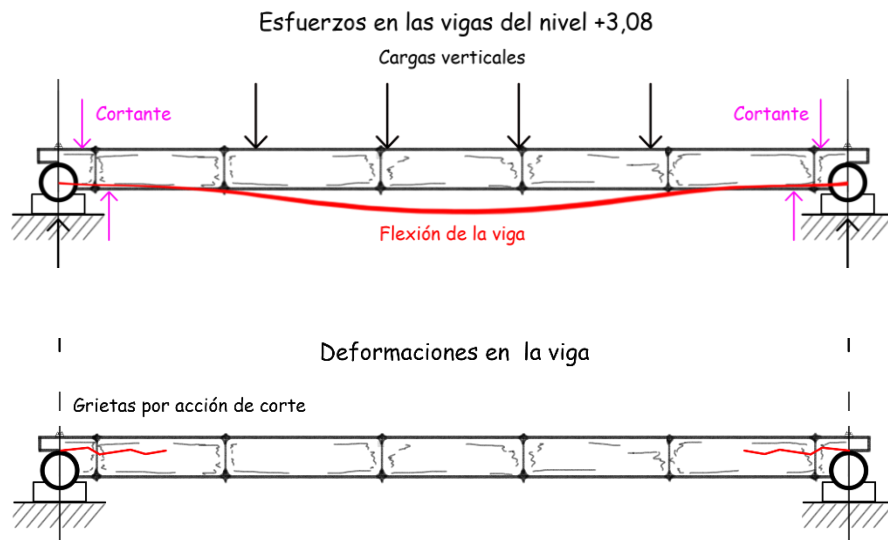


Imagen 3.52: Esfuerzos y deformaciones en vigas del nivel +3,08.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal

Fallas en los puntos críticos

La principal falla que se produce en este sistema de conexiones de vigas es la fractura longitudinal de la caña a la altura del corte en la unión, debido a las fuerzas de cortante que ocurren en esta zona ocasionada por los esfuerzos de flexión en la viga. (Imagen 3.53)



Imagen 3.53: Falla en la conexión emperrada por superposición en la viga del nivel +3,08.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal

CONCLUSIONES

- Los diagramas carga/deformación de ambas vigas muestran claramente la diferencia existente entre sus sistemas de conexiones. (Imagen 3.54) Mientras que las vigas del nivel +0,84 tienen una deformación real de 1,17cm a los 190kg de carga, las vigas del nivel +3,08 se deformaron 1,37cm, además de que las resistencia última para un sistema fue de 505kg y para el otro de 228kg, presentando la unión emperrada con corte a boca de pez superioridad constructiva sobre una unión por superposición emperrada con corte a media caña en sus extremos.
- En ambos casos las fallas vienen dadas por grietas y fracturas en sus extremos, siendo afectados los elementos de caña guadúa mientras que los pernos permanecieron sin mayores deformaciones.
- El fallo del sistema de conexiones superpuesta es más violento en comparación a las grietas que se producen en el corte a boca de pez, ya que en el primer caso la viga de caña guadua fue fracturada longitudinalmente siguiendo el corte a media caña en sus extremos,

mientras que las grietas del otro sistema sólo se dieron en la parte superior del corte.

- A pesar de las claras ventajas del sistema con corte a boca de pez sobre el sistema por superposición, ambos fueron utilizados en el diseño estructural del prototipo de Tiny House con guadúa, ya que gracias a los resultados obtenidos en los ensayos se determinó que ambos sistemas son aptos para el diseño acortando la distancia, de 60cm a 30cm, entre sus ejes.

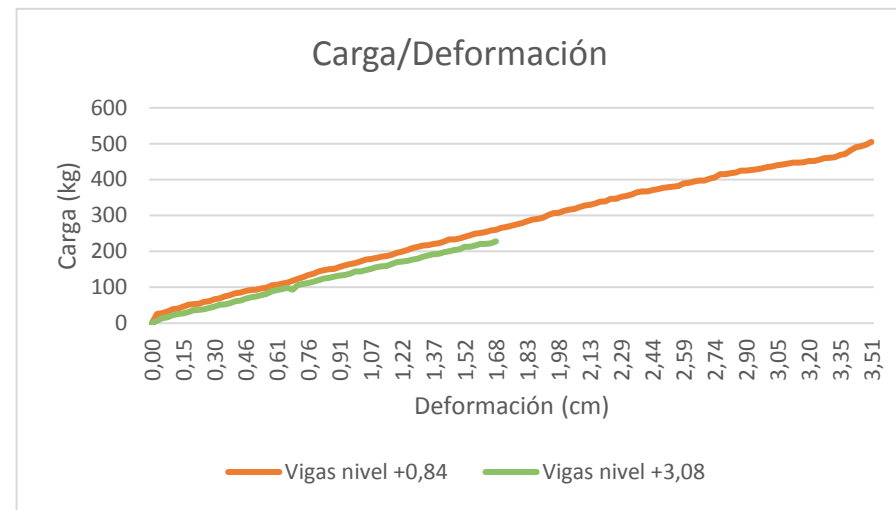


Imagen 3.54: Diagrama carga/deformación de ambos sistemas de vigas.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal

ENSAYO A FLEXIÓN DE LAMINADOS DE GUADÚA

OBJETIVOS Y ALCANCES

Objetivos:

- Observar el comportamiento de elementos de caña guadua laminada frente a cargas de flexión paralelos y perpendiculares a las fibras.
- Determinar el esfuerzo máximo al que serán sometidas las probetas.

Alcances:

- Analizar el comportamiento de 6 probetas de caña guadua laminada frente a esfuerzos de flexión.
- Comparar los resultados de los esfuerzos paralelos y perpendiculares a las fibras.

CONFIGURACIÓN DE LOS ELEMENTOS A ENSAYAR

A partir del modelo de ensayo de elementos de madera a flexión, presentado en la norma ASTM D 143-99, se desarrollarán las pruebas para los laminados en caña guadua.

Para realizar las pruebas se usarán probetas de sección 2,5cm X 2,5cm y 41cm de largo (Imagen 3.55), estos serán obtenidos a partir de elementos de tableros de caña guadua laminada de espesor 2,5cm fabricados en el taller de carpintería de la Universidad de Cuenca. (Imagen 3.56)

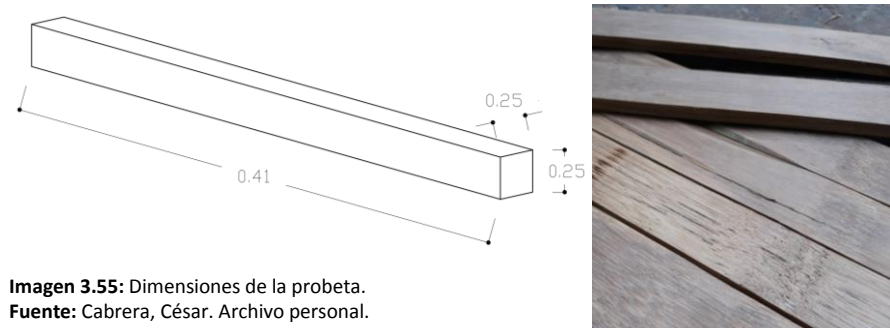


Imagen 3.55: Dimensiones de la probeta.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.56: Probeta de laminados de guadúa.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

Las probetas fueron sometidas a esfuerzos de flexión por la aplicación de una carga central entre una luz de apoyo de 36cm y una velocidad constante de carga de 1,3mm/min, tal como se presenta en la norma ASTM D143-99 en el método secundario de ensayo. (Imagen 3.57)

Las pruebas se realizaron sobre seis probetas. Tres de ellas recibieron la carga de manera perpendicular a la dirección de las juntas del laminado de guadúa y las otras tres, de manera paralela a las juntas. De esta manera se analizó el comportamiento de las probetas frente a la acción de la fuerza en dos situaciones diferentes. (Imagen 3.58)

Se registraron los valores máximos de las cargas aplicadas sobre cada una de las probetas al momento en que ocurre el fracaso, para luego realizar los cálculos necesarios y obtener los valores de esfuerzos máximos.

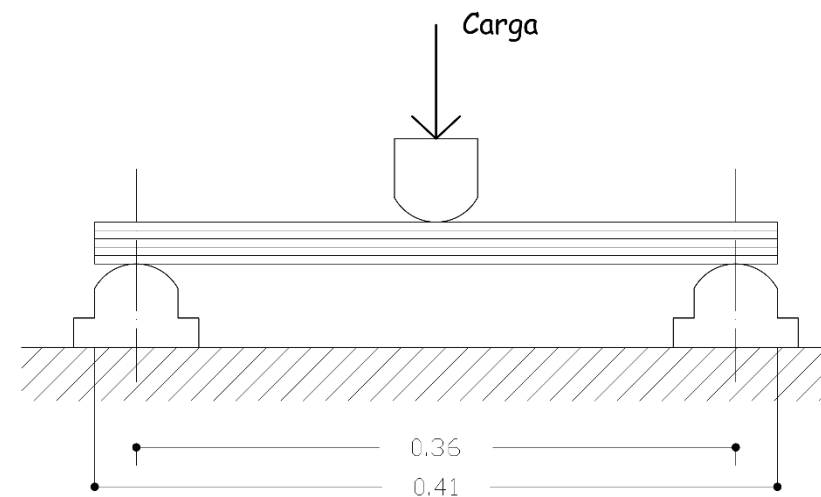


Imagen 3.57: Probetas a ensayos de flexión.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

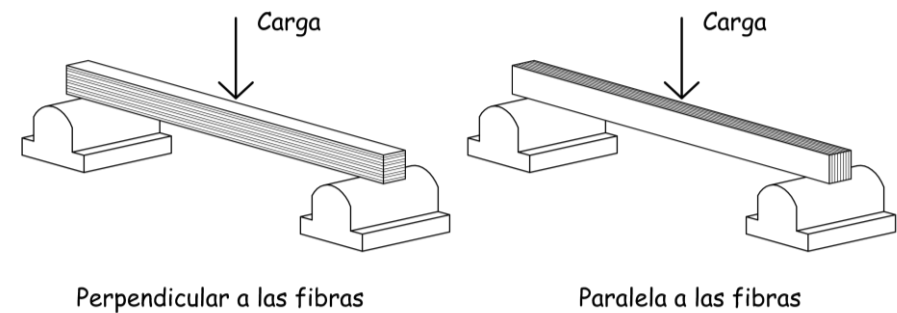


Imagen 3.58: Acción de fuerzas.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

Materiales, Herramientas y Equipos

Materiales:

- **Latillas de caña Guadua:** A partir de los residuos de los culmos de caña utilizados en los ensayos de uniones se obtuvieron las latillas para realizar los laminados. (Imagen 3.59)
- **Cola blanca:** Utilizada para el encolado del laminado de caña. Será el adhesivo que unirá las caras de los elementos que conformarán las probetas. (Imagen 3.60)

Herramientas y Equipos:

- **Herramientas:** Para realizar los laminados de guadua se utilizarán las siguientes herramientas:
 - Serrucho
 - Flexometro
 - Cierra eléctrica
 - Cepilladora
 - Tornillos de apriete



Imagen 3.59: Latillas de caña guadúa.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.60: Cola blanca.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.61: Herramientas.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

- **Equipos:** Las pruebas a flexión se realizaron en el laboratorio de construcciones de la facultad de Arquitectura de la Universidad Estatal de Cuenca. Para ello se utilizó:
 - La prensa ADR Touch 111 Kn a flexión con la que se cuenta en el laboratorio. (Imagen 3.62)
 - Adaptador para aplicar cargas. Corresponde a un elemento horizontal de acero con base arqueada colocado en la parte superior de la prensa para garantizar una distribución uniforme de la carga sobre las probetas. (Imagen 3.63)
 - Apoyos cóncavos de acero. Colocados a una distancia de 36cm entre ejes. Su superficie cóncava garantiza una sola línea de apoyo por cada soporte. (Imagen 3.40)



Imagen 3.62: Prensa ADR Touch 111 kn.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.63: Adaptador para aplicar carga.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.64: Apoyos cóncavos de acero.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Las pruebas se realizaron de la siguiente manera:

Para flexión con carga perpendicular a las fibras, las probetas se colocaron sobre los apoyos a 2,5cm de sus extremos, de manera que las juntas del laminado se encuentren horizontalmente.

Para flexión con carga paralela a las fibras, las probetas se ubicaron de igual manera sobre los apoyos, a diferencia de las juntas, que se encontraron de manera vertical.

Se ensayaron un total de 6 probetas, las pruebas terminaron una vez se obtuvo el valor de la carga máxima aplicada sobre los elementos al momento de su fracaso, para luego calcular los esfuerzos máximos y comparar los resultados entre los dos grupos de probetas.



Imagen 3.65: Ensayos de flexión con cargas perpendiculares a las fibras.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.66: Ensayos de flexión con cargas paralelas a las fibras.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

RESULTADOS DE ENSAYOS

Las pruebas se llevaron a cabo sobre 6 probetas de laminados de guadúa, de las cuales una de las pruebas no tuvo éxito debido a una mala ejecución durante la ejecución, sin llegar a obtener el valor de la carga última. De las otras 5 probetas resultantes, a 3 de ellas se le aplicó la carga de manera paralela a las fibras y a las otras 2 de manera perpendicular.

Para calcular los esfuerzos últimos a flexión de los elementos ensayados se empleó la fórmula del Módulo de Ruptura (MOR) presentada en la norma ASTM D143-99:

$$\text{Módulo de ruptura (MOR)} = \frac{1.5 \times \text{Carga máxima} \times \text{Luz entre apoyos} (\text{Kg/cm}^2)}{\text{Base} \times (\text{Altura})^2}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

A) Flexión con carga paralela a las fibras

Recopilación de datos

La tabla 3.7 presenta un resumen de los resultados obtenidos de las pruebas:

PROBETA	PESO HÚMEDO (GR)	PESO SECO (GR)	POR. DE HUMEDAD (%)	CARGA ÚLTIMA (KG)	MÓDULO DE RUPTURA (KG/CM ²)
V1	155,1	147,7	4,22	336	1161,22
V2	157,2	150,7	4,13	331	1143,94
V3	155,6	147,4	5,27	324	1119,74
VP	155,97	148,62	4,71	330,33	1141,63

Tabla 3.7: Resultado de ensayos de flexión con cargas paralelas a las fibras.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

B) Flexión con carga perpendicular a las fibras

Recopilación de datos

La tabla 3.8 presenta un resumen de los resultados obtenidos de las pruebas:

PROBETA	PESO HÚMEDO (GR)	PESO SECO (GR)	POR. DE HUMEDAD (%)	CARGA ÚLTIMA (KG)	MÓDULO DE RUPTURA (KG/CM ²)
H1	149,2	142,9	4,22	314	1085,18
H2	161,9	152,5	5,81	308	1064,45
HP	155,55	147,70	5,01	311	1074,82

Tabla 3.8: Resultado de ensayos de flexión con cargas perpendicular a las fibras.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en ambos ensayos no muestran mayores diferencias mecánicas entre las probetas, con lo que respecta a la carga última a las que fueron sometidas. Existiendo una diferencia de 19,33kg entre ambos ensayos, las probetas que fueron sometidas a cargas paralelas a las fibras las que soportaron mayores esfuerzos.
- A pesar de que las cargas últimas a las que fueron sometidas no presentan una diferencia considerable, las deformaciones y fracturas si difieren de entre las probetas. Presentando mayores daños las probetas ensayadas a cargas perpendiculares que las ensayadas a cargas paralelas. (Imagen 3.67, 3.68 y 3.69)
- Comparando los resultados de los ensayos de laminados de guadúa a flexión con resultados anteriormente realizados sobre probetas de pino y eucalipto. En promedio, los esfuerzos del laminado de guadúa de 1108.23kg/cm^2 son cercanos a los del pino y el eucalipto, con 1342kg/cm^2 y 983kg/cm^2 . Evidenciando las similitudes mecánicas de las fibras de la guadúa frente a otras maderas, siendo estas capaces de implementarse dentro de los materiales de construcción.



Imagen 3.67: Deformación en probetas de laminados de guadua a flexión.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.68: Fracturas en probetas con cargas paralela a las fibras.

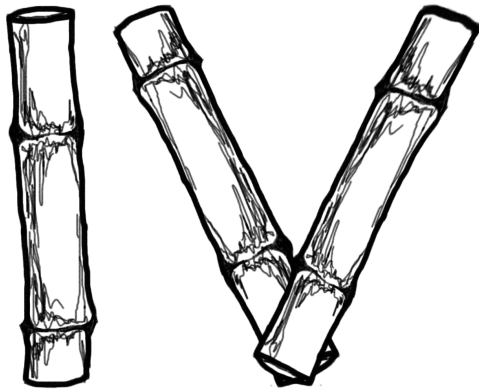
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Imagen 3.69: Fracturas en probetas con cargas perpendicular a las fibras.

Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.

CAPÍTULO



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El diseño del prototipo de Tiny House con guadúa fue concluido siguiendo los parámetros de construcción en la NEC-SE-GUADÚA y los ensayos de laboratorio que respaldan su estructura. Gracias al desarrollo de esta investigación, el Ecuador puede contar con una alternativa de vivienda con prestaciones que puedan competir frente a propuestas convencionales de vivienda, inclusive ser un referente a nivel internacional de casas pequeñas.

La realización de las pruebas en las uniones y elementos de caña implementados en el prototipo, garantizan la efectividad y resistencia de la estructura, además del uso de normativas ecuatorianas para llevar a cabo los procesos constructivos y diseños estructurales, que certifican la circulación y construcción de la vivienda dentro del territorio.

Las innovaciones constructivas propuestas en este prototipo, servirán como biblioteca en el diseño de nuevas estructuras con caña guadúa, además de nuevas investigaciones que busquen mejorar las bondades productivas de este material y pongan en evidencia sus capacidades físicas y mecánicas.



PRESENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE TINY HOUSE CON GUADÚA PARA EL ECUADOR

Nombrada por su autor como “*La Pequeña Casa de Guadúa*”, es la propuesta con guadúa a la corriente arquitectónica de las Tiny House que implementa las características de una vivienda convencional en un área menor, sin comprometer las comodidades y confort de los usuarios.

Con un área total de 17,22m² y un peso de 2000kg aproximadamente, puede albergar cómodamente a una familia pequeña, además de brindar la facilidad de ser remolcada por un automotor promedio, esto gracias a su diseño sobre una plataforma móvil que cumple las regulaciones viales en el Ecuador (capítulo 1) y la autonomía con la que cuenta la vivienda con sus reservas de agua y energía solar.

Programa

En resultado al análisis de los modelos de Tiny House en el capítulo 1 se obtuvo el programa para la Tiny House con Guadúa, manteniendo las áreas fijas que se describen en la tabla 1.12, a diferencia del área de máquinas que se decidió colocarla al exterior de la vivienda como en el modelo 4 que se analizó, y en su lugar se incluyó un estudio como un área opcional incorporada al diseño.

Al igual que los 4 modelos de estudio, la distribución espacial incluye un desván en donde se encuentra el dormitorio principal y el closet, se creyó oportuno colocar estas 2 áreas juntas debido a que otorga mayor privacidad para los usuarios, separando el área de descanso con la de servicio y visitas.

La tabla 4.1 muestra el cuadro de área y su porcentaje en relación al área total. Como se observa, estos valores en relación a los de las tablas 1.3 1.3 se encuentran en proporciones similares, demostrando que la distribución espacial de *La Pequeña Casa de Guadúa* no difiere de una Tiny House convencional.

Área total		17,22 m ²	100%		
Planta Baja	10,60 m ²	61,56%	Planta Alta	6,62 m ²	38,44%
Sala-Comedor	3,01 m ²	17,48%	Dormitorio	5,50 m ²	31,94%
Cocina	2,05 m ²	11,90%	Closet	1,12 m ²	6,50%
Baño	1,33 m ²	7,72%			
Estudio	0,67 m ²	3,89%			
Circulación	3,54 m ²	20,56%			

Tabla 4.1: Cuadro de áreas de la Pequeña Casa de Guadúa.
Fuente: Cabrera, César. Archivo personal.



Descripción

Con un área total de 17,22 m², diseñado en dos niveles:

Planta Baja nivel +0,84m;

- Sala – Comedor
- Cocina
- Baño
- Estudio
- Circulación

Al ingresar al primer nivel se encuentra una pequeñas sala con un sofá que se convierte en cama, una mesa de comedor que gracias a su diseño plegable permite ampliar o reducir su tamaño según lo requiera la ocasión, un estudio que se guarda en las paredes, una pequeña cocina con múltiples gavetas y mobiliario empotrado, y un baño con inodoro de casete removible y reservas de agua fría y caliente.

Planta Alta nivel +3,08;

- Dormitorio
- Closet

En el segundo nivel se encuentra el dormitorio principal con una cama matrimonial y cajoneras en su respaldar, la peculiaridad de este dormitorio es su cubierta elevada que modifica la altura de la habitación, su altura baja permite que su circulación sea legal por las vías del Ecuador, y cuando se

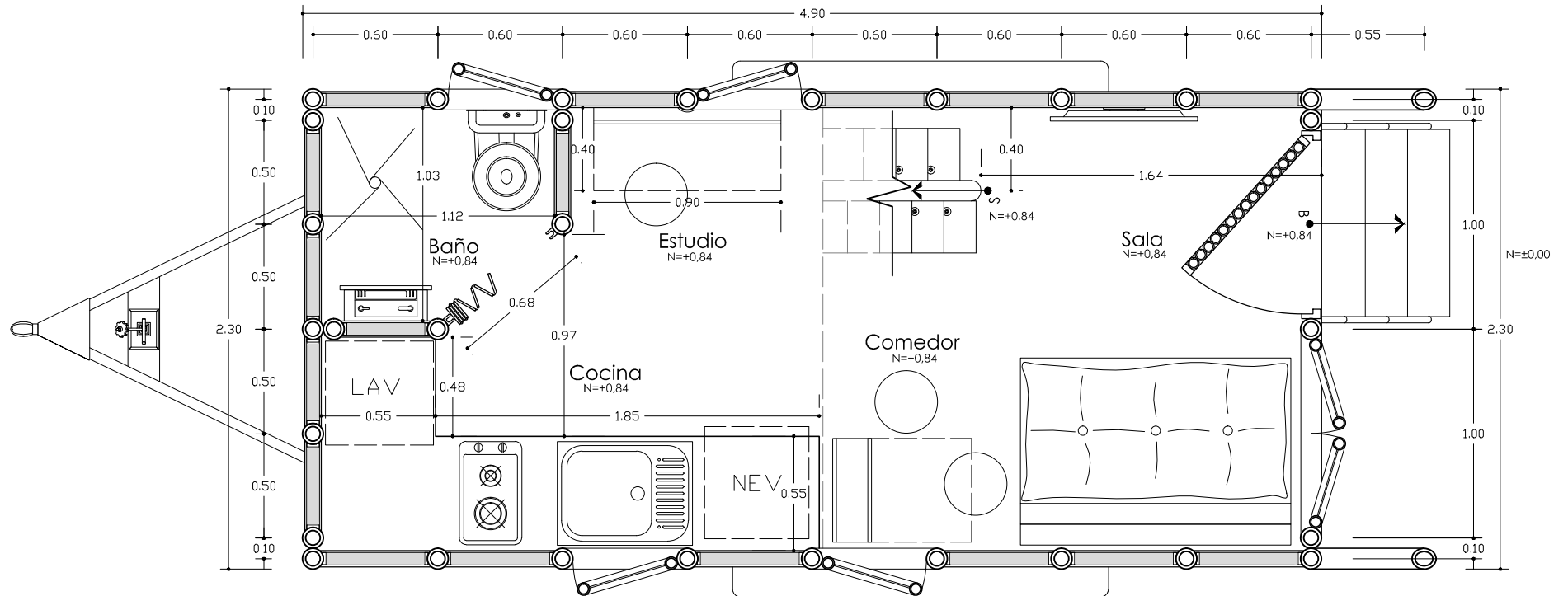
encuentre estática pueda aumentar su altura brindando mayor comodidad en su interior.

A continuación se muestran los planos arquitectónicos, constructivos, estructurales, de instalaciones y renders del proyecto:



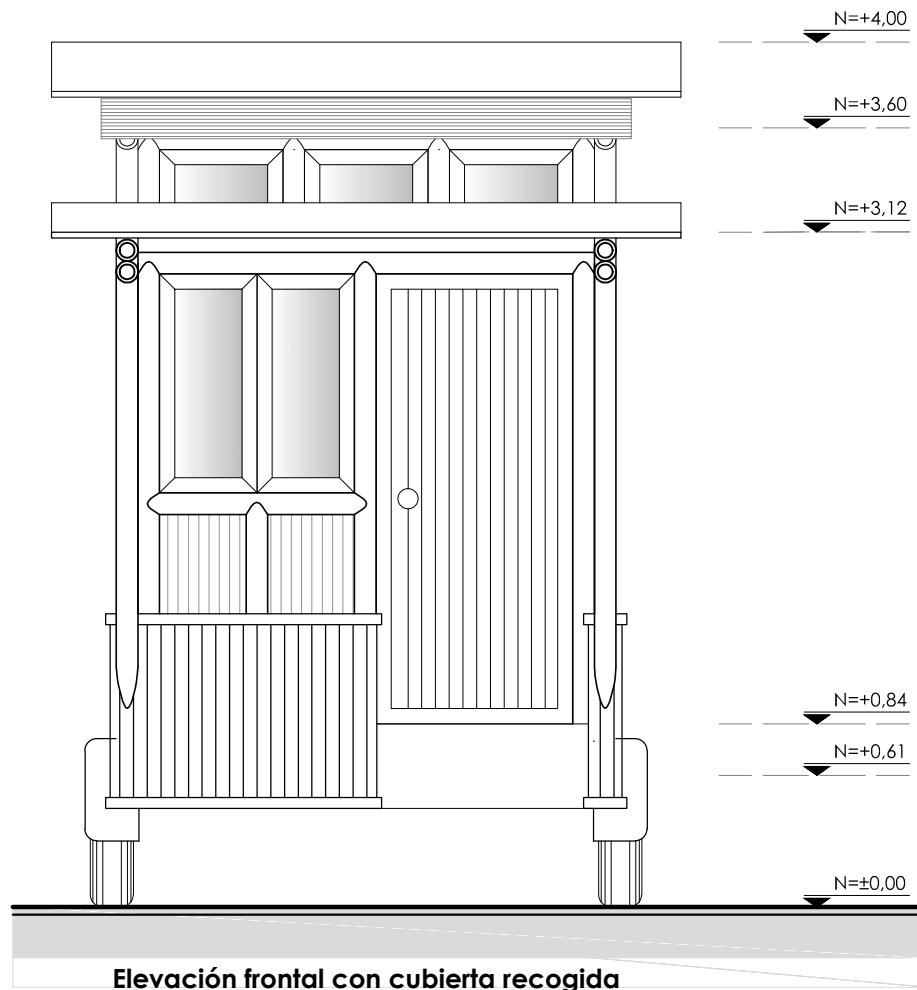
DISEÑO DE LA TINY HOUSE CON GUADÚA:

Planos y Elevacion

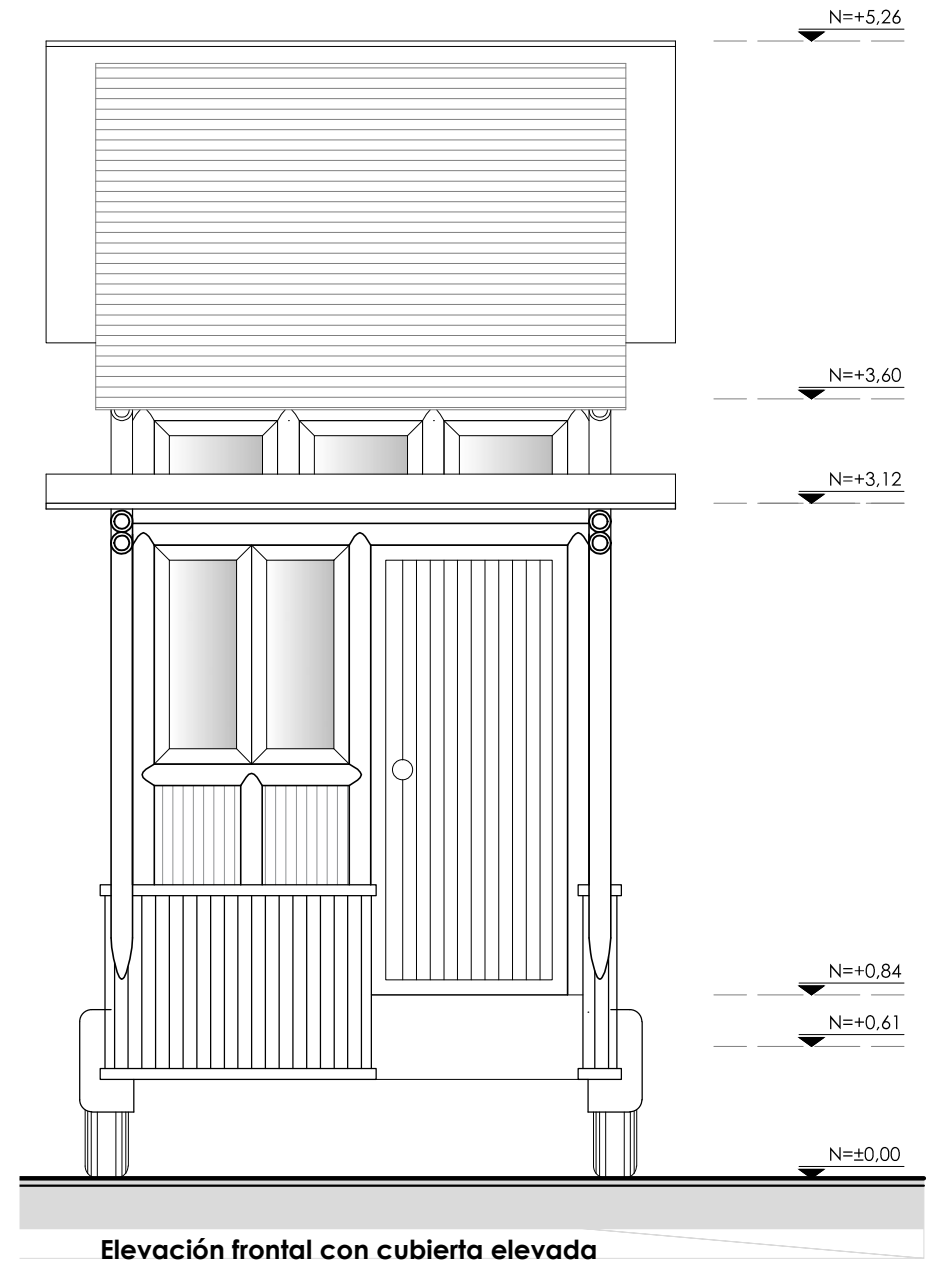


Planta baja

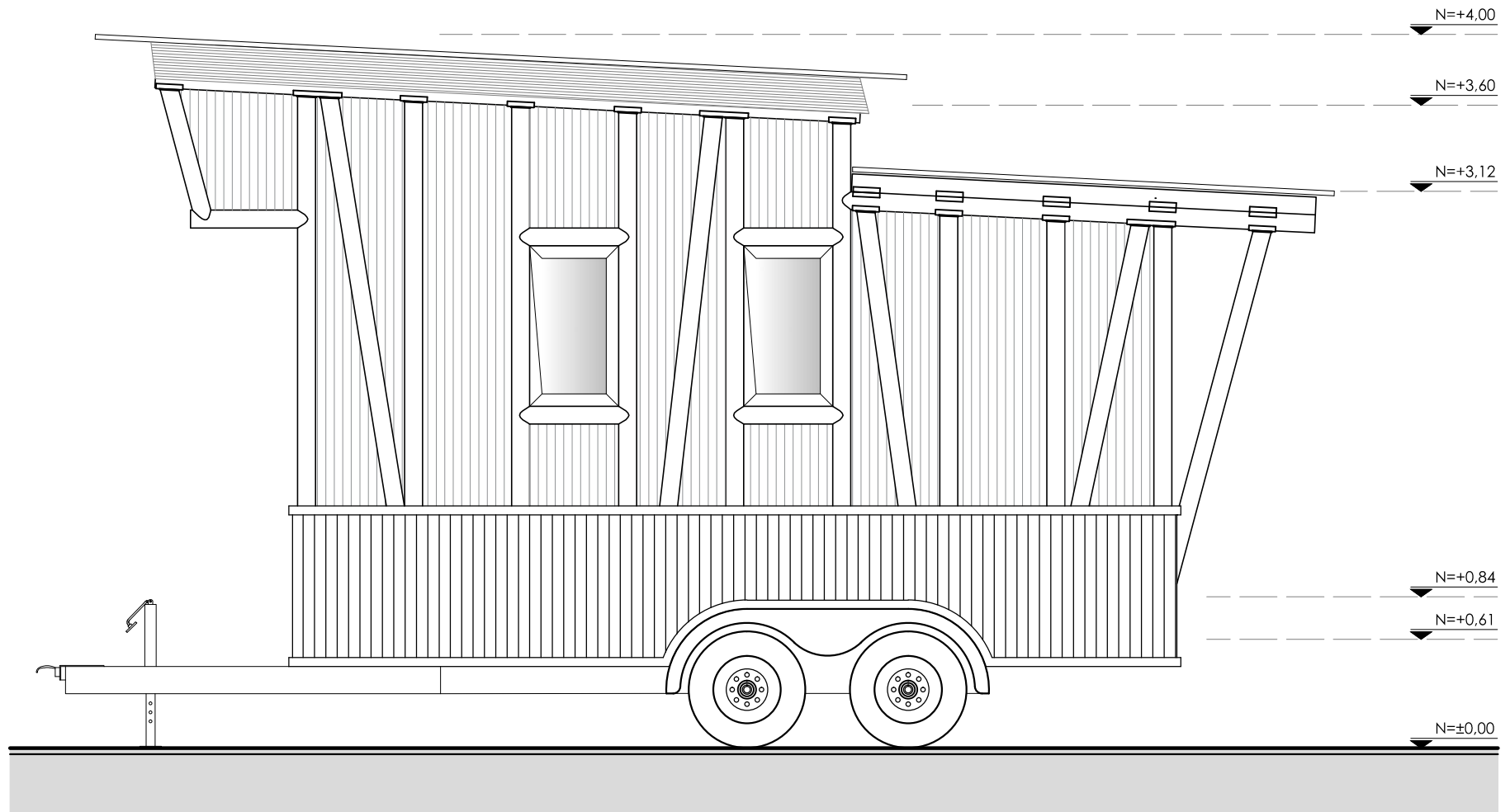
Esc: 1:30



Esc: 1:35

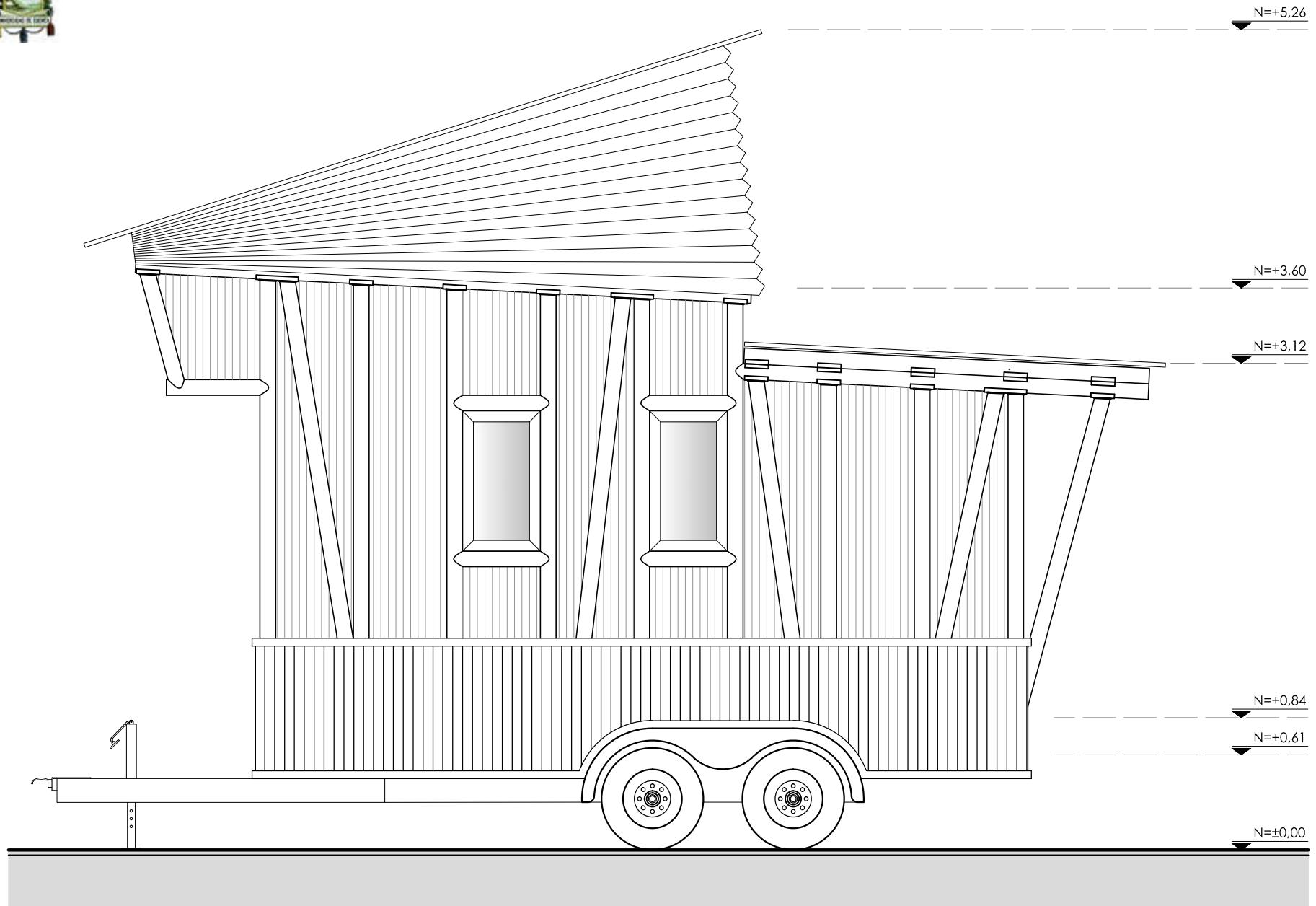


Esc: 1:35



Elevación lateral con cubierta recogida

Esc: 1:35



Elevación lateral con cubierta elevada

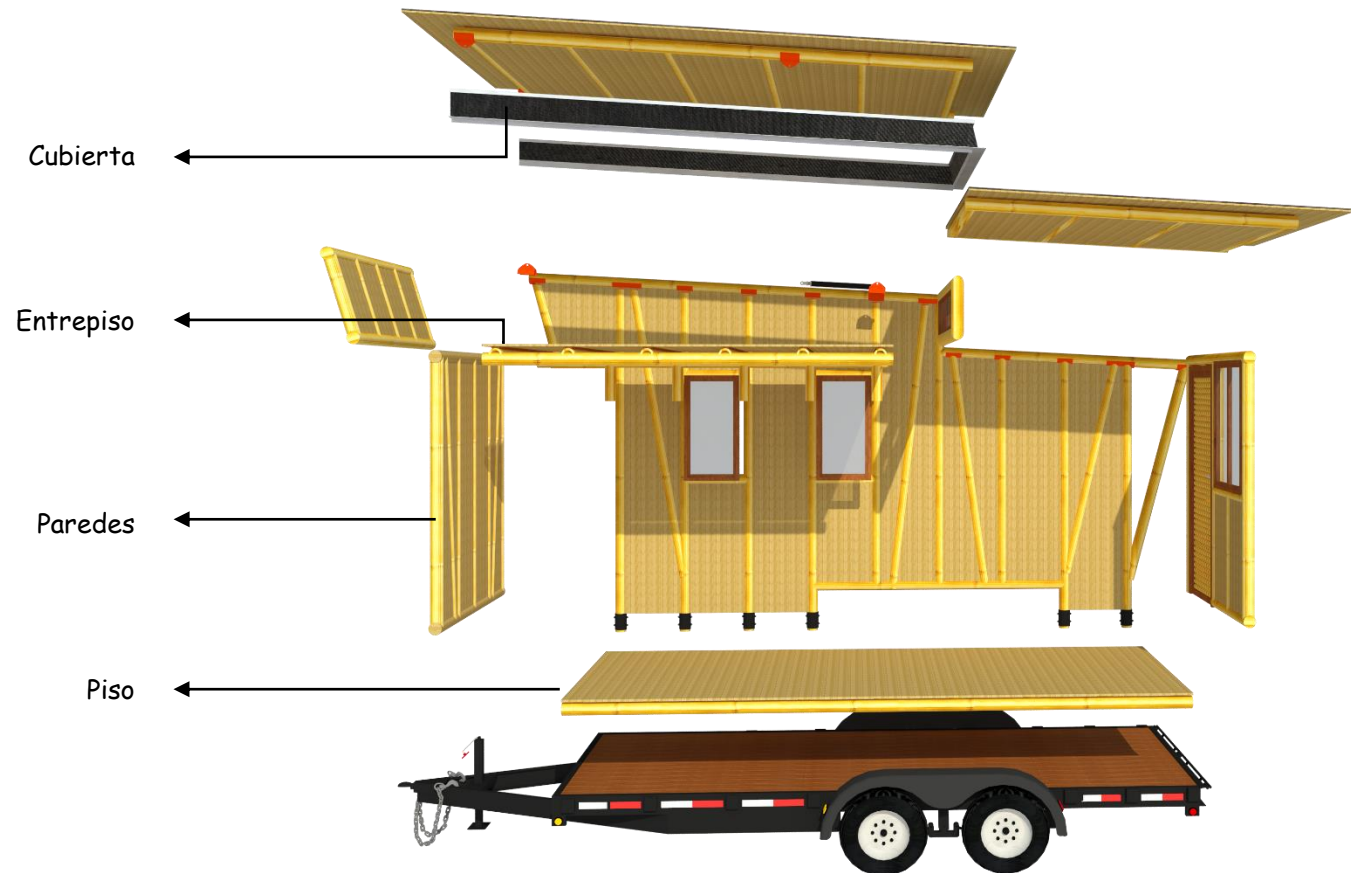


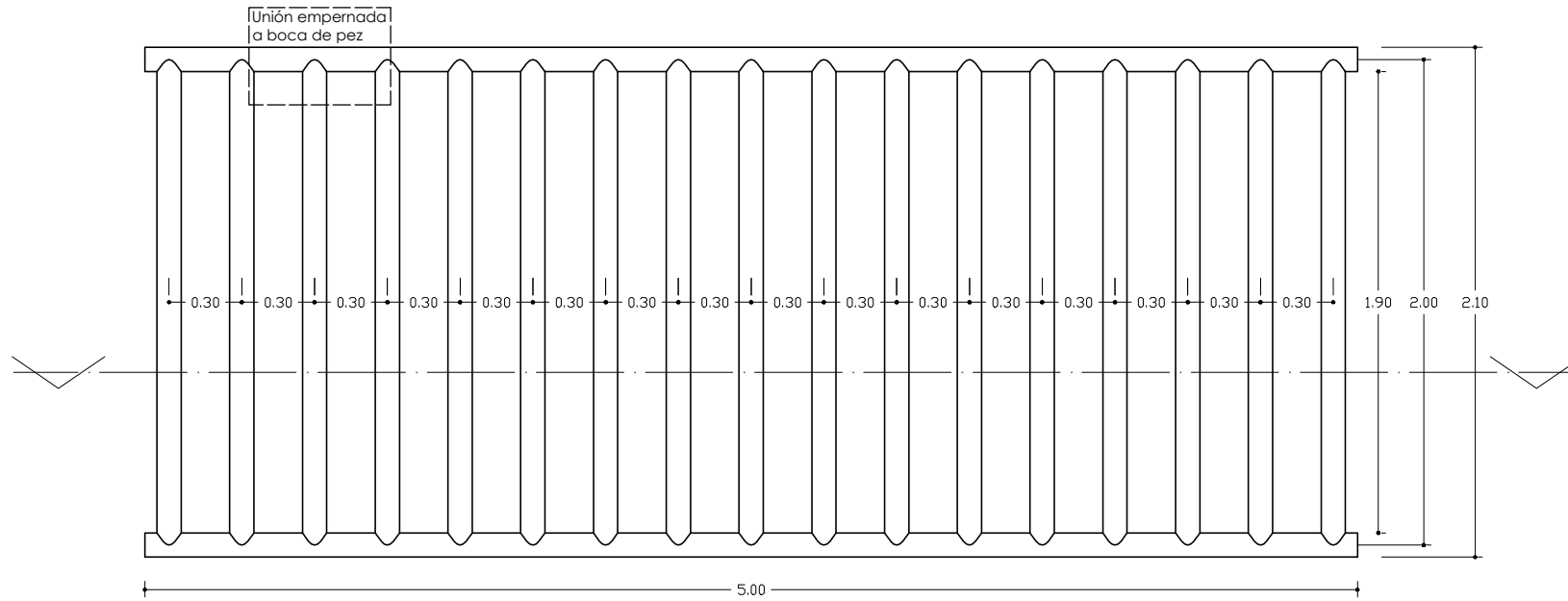
PLANOS Y ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS:

Sistema Constructivo

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

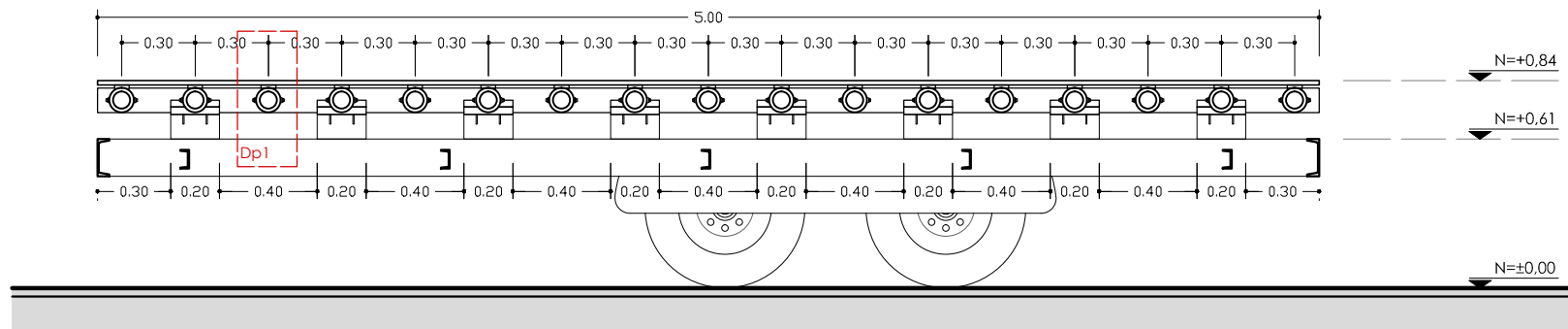
La estructura de la Tiny House de guadúa fue modulada de tal manera que los elementos que componen el piso, paredes, entrepiso y cubierta se construyan de manera independiente para luego ensamblar el conjunto.





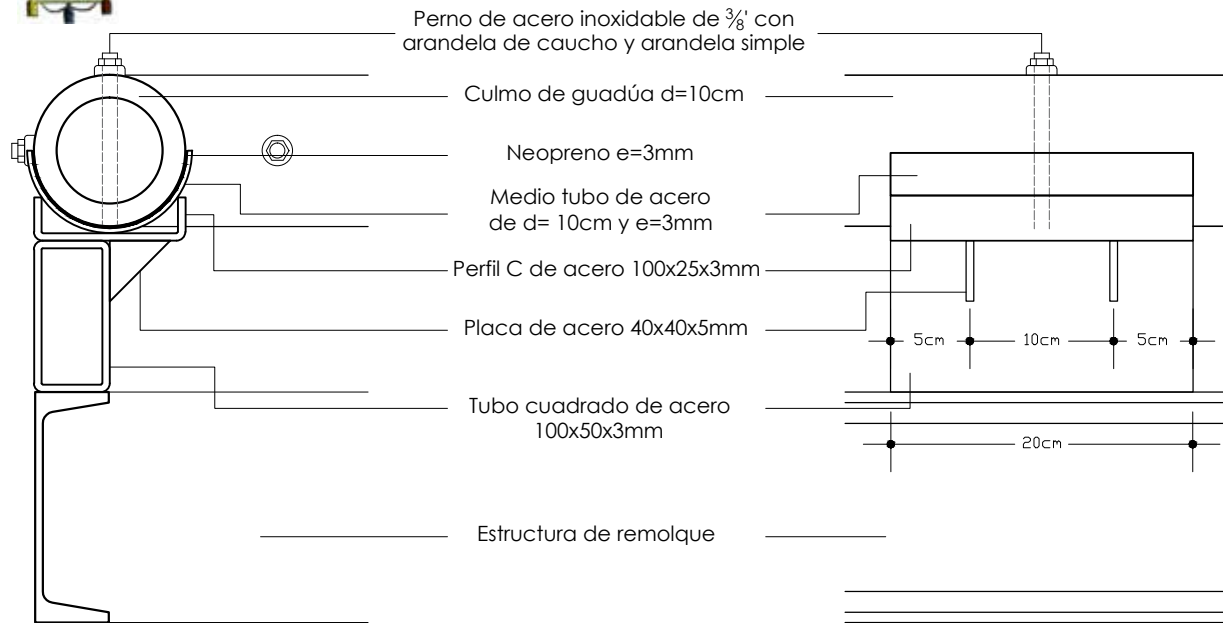
Estructura de piso

Esc: 1:30



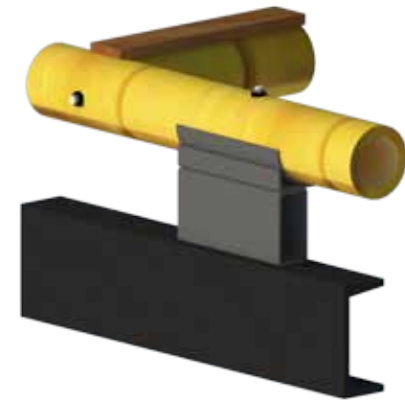
Sección del piso

Esc: 1:30

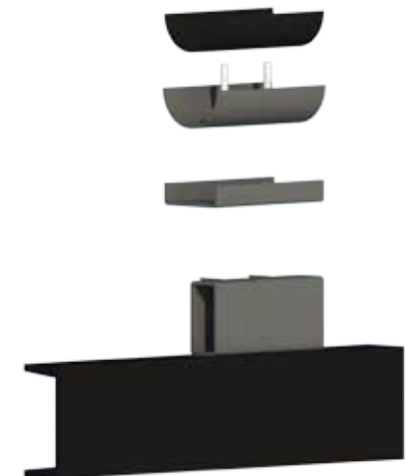


Dp 1 frontal
Esc: 1:5

Dp 1 lateral
Esc: 1:5



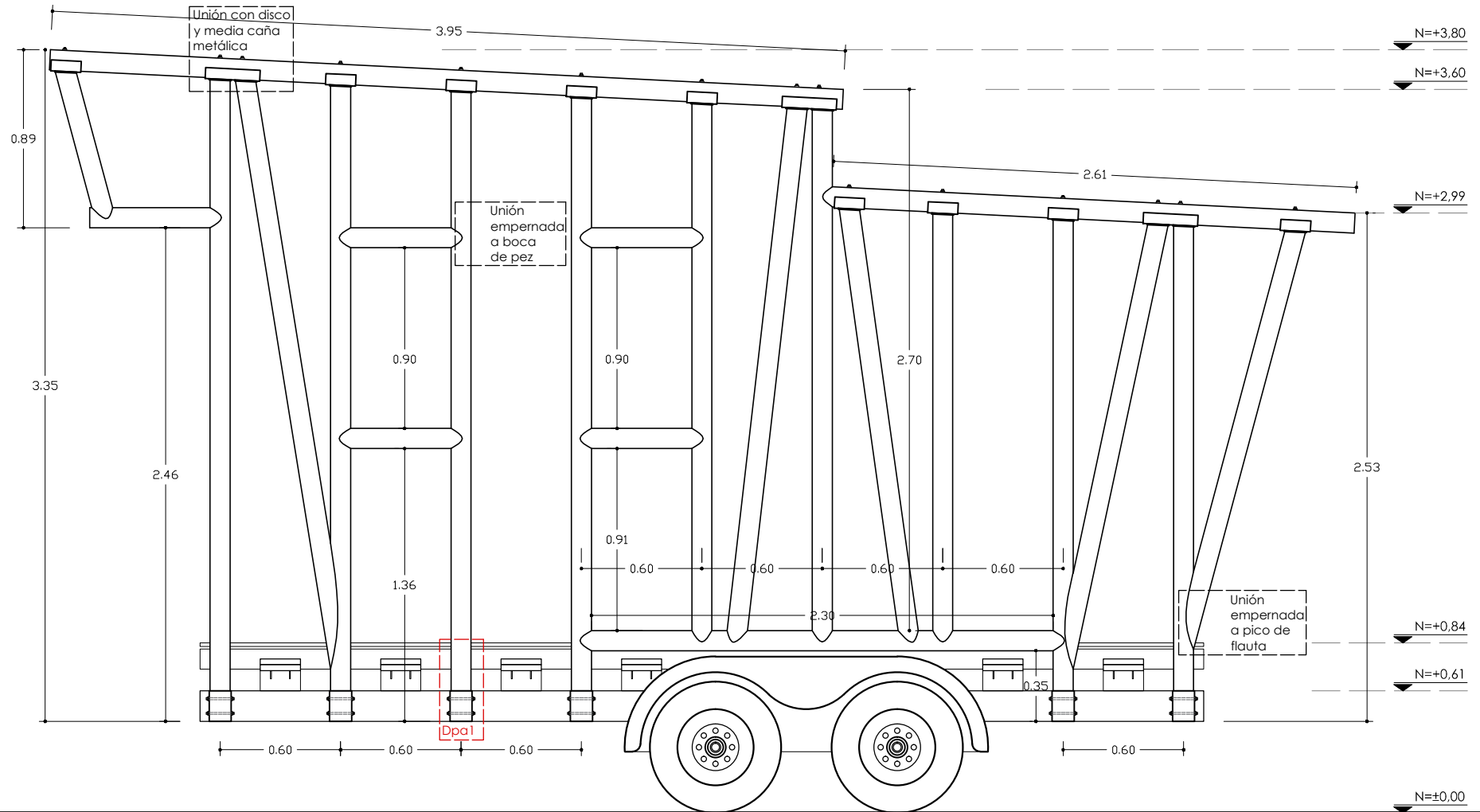
Dp 1 perspectiva
Sin escala



Dp 1 despiece
Sin escala

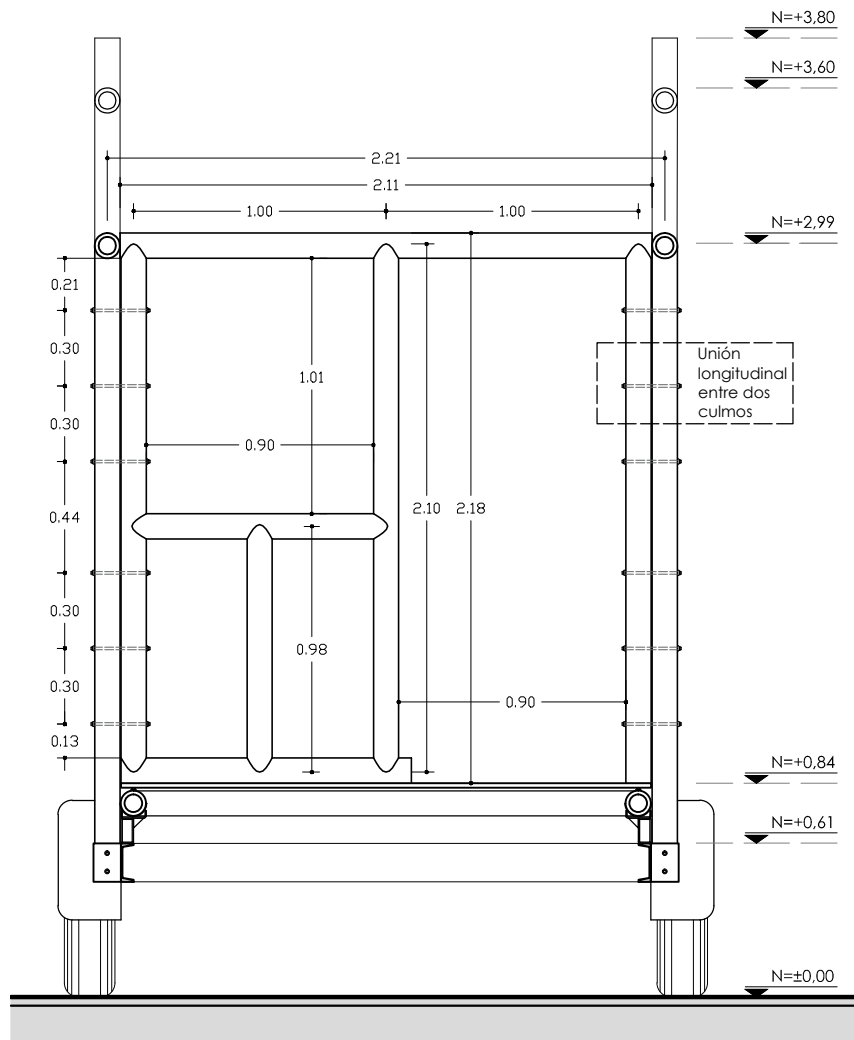


Sección del piso perspectiva
Sin escala



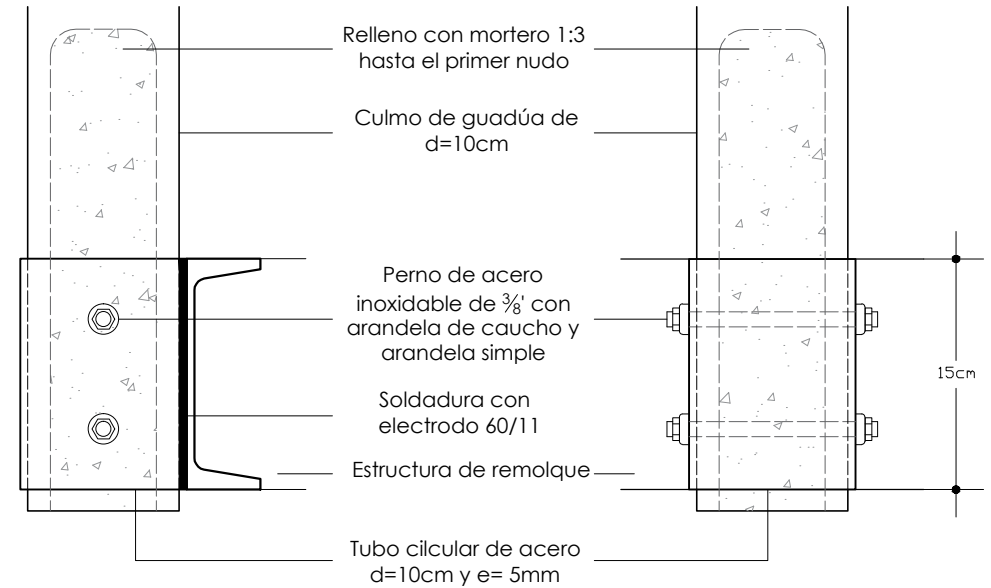
Estructura de pared lateral

Esc: 1:30



Estructura de pared frontal

Esc: 1:30



Dpa 1 lateral

Esc: 1:5

Dpa 1 frontal

Esc: 1:5



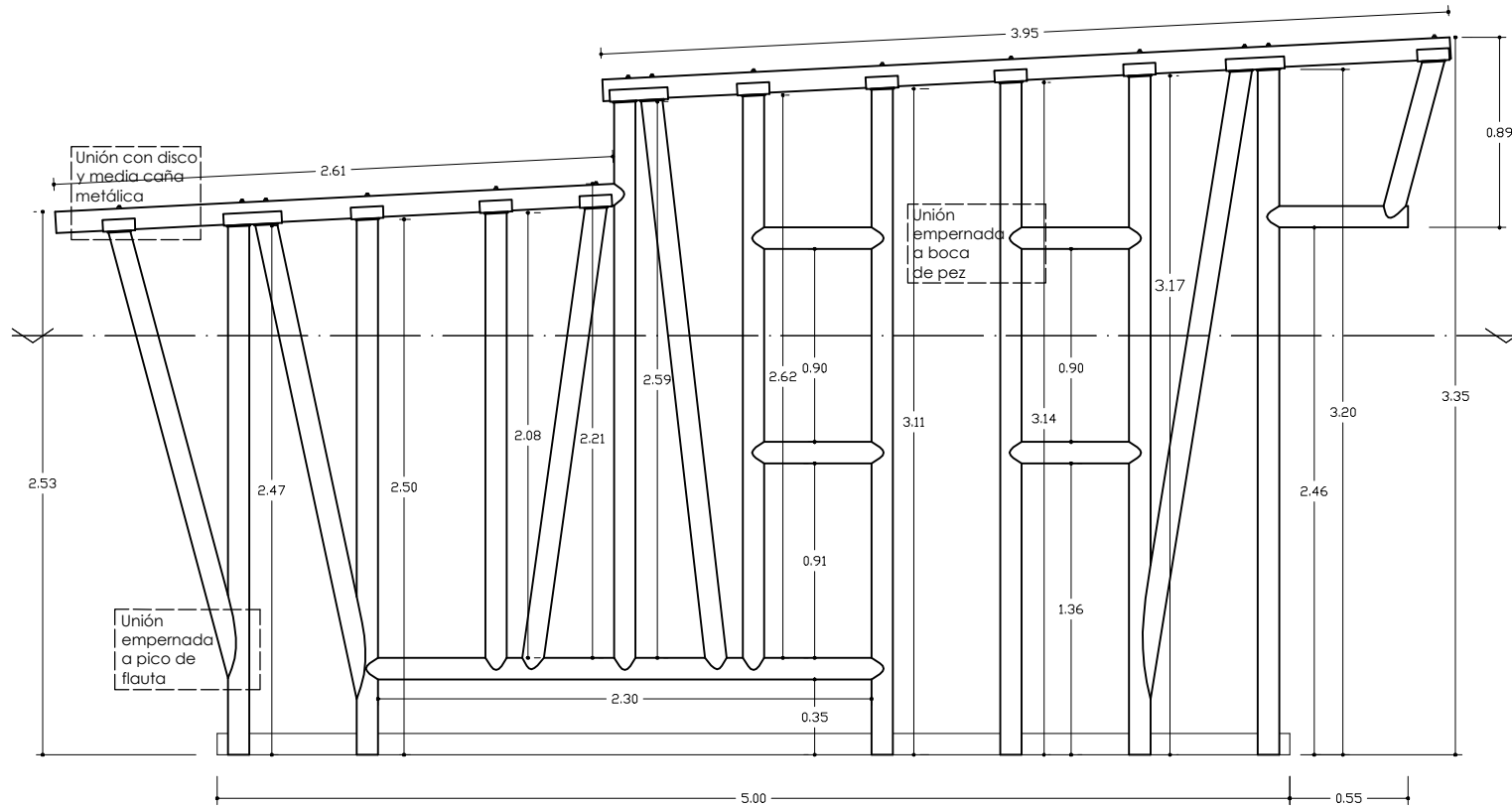
Dpa 1 perspectiva

Sin escala



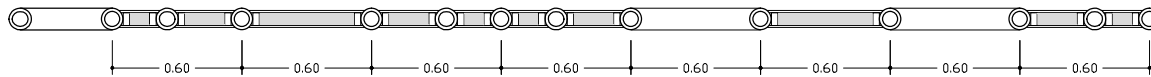
Dpa 1 sección

Sin escala



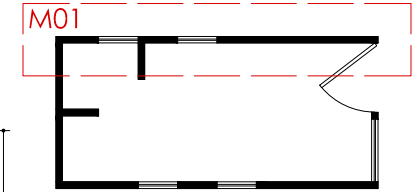
M01 Elevación

Esc: 1:35



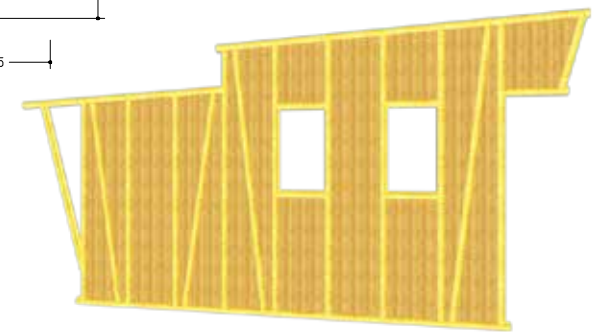
M01 Sección

Esc: 1:35



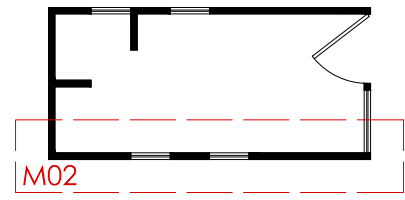
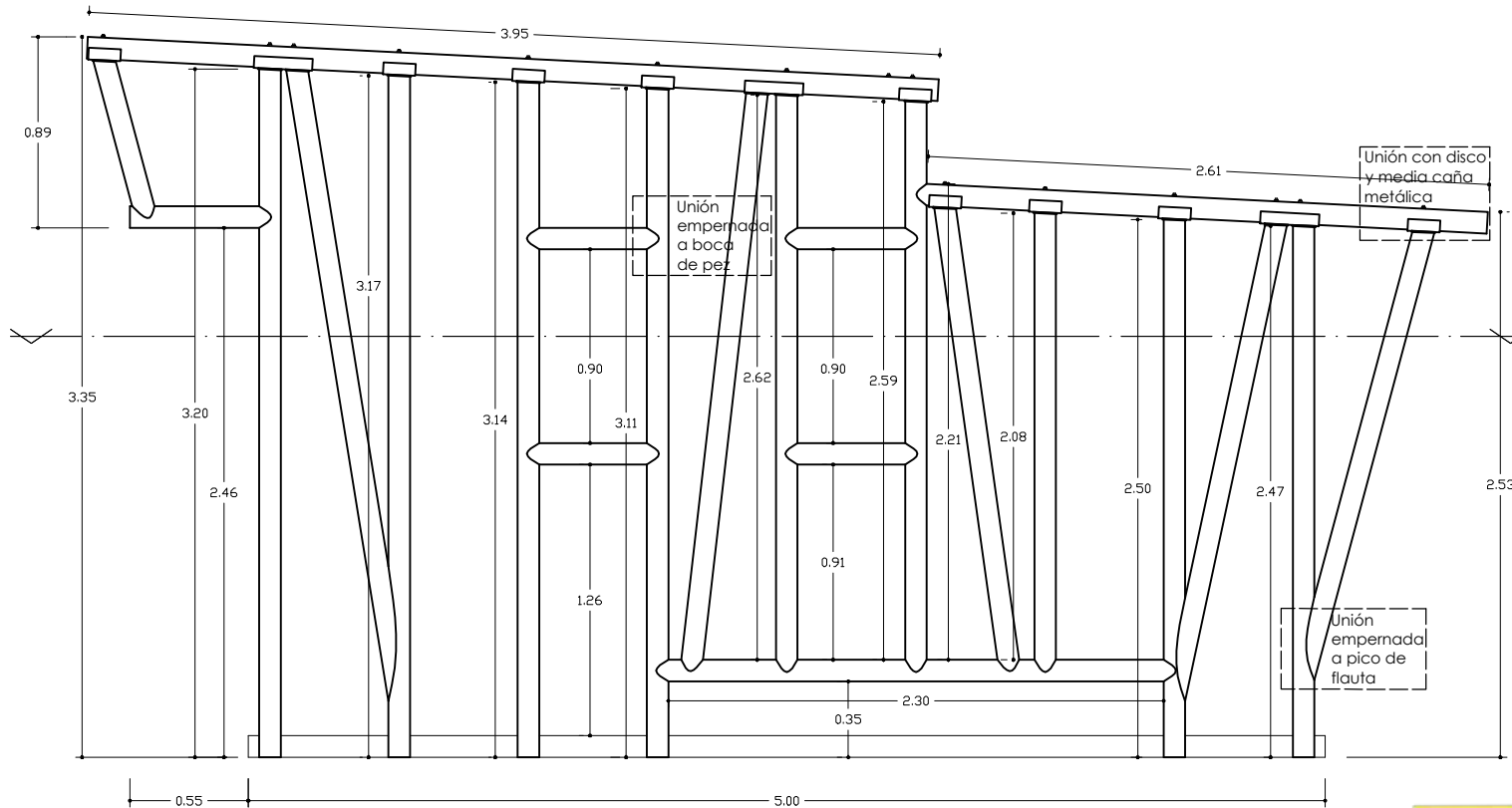
M01 Ubicación

Sin escala



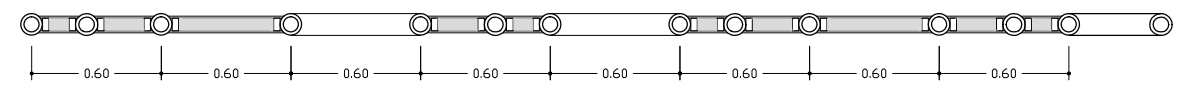
M01 Render

Sin escala



M02 Ubicación Sin escala

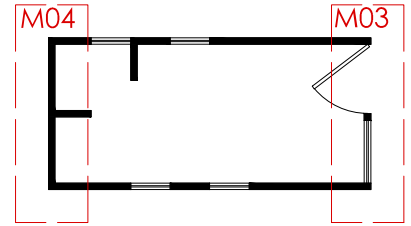
M02 Elevación Esc: 1:35



M02 Sección Esc: 1:35

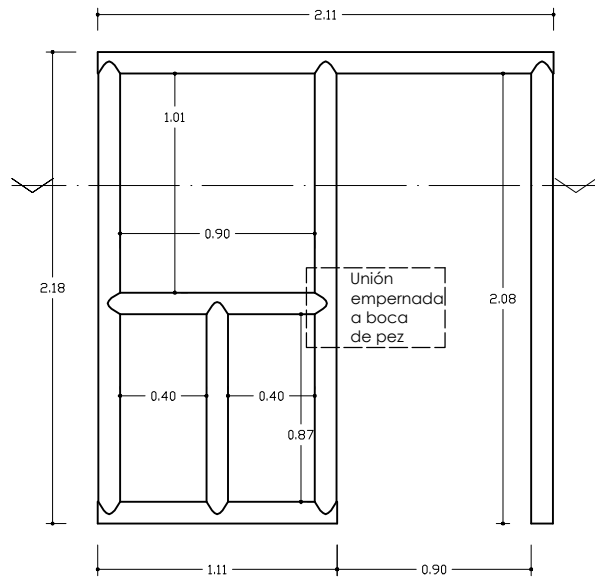


M02 Render Sin escala



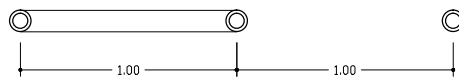
M03 y M04 Ubicación

Sin escala



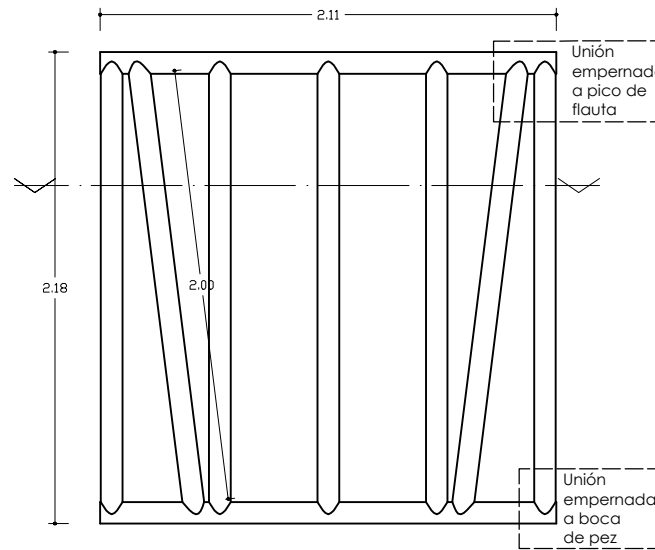
M03 Elevación

Esc: 1:35



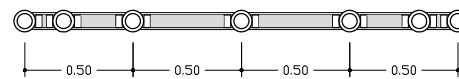
M03 Sección

Esc: 1:35



M04 Elevación

Esc: 1:35



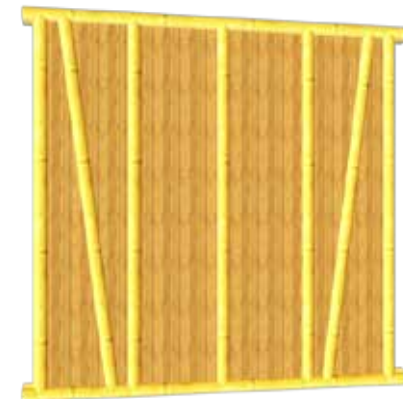
M04 Sección

Esc: 1:35



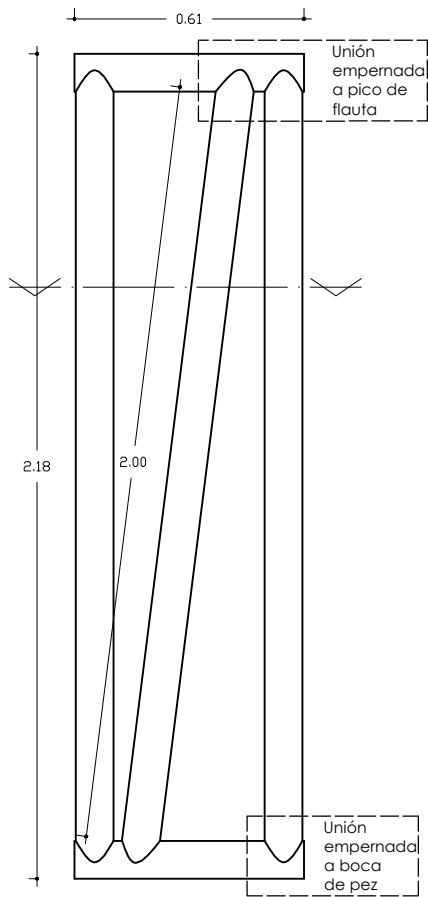
M03 Render

Sin escala



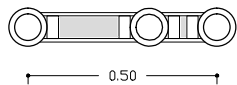
M04 Render

Sin escala



M05 Elevación

Esc: 1:20



M05 Sección

Esc: 1:20



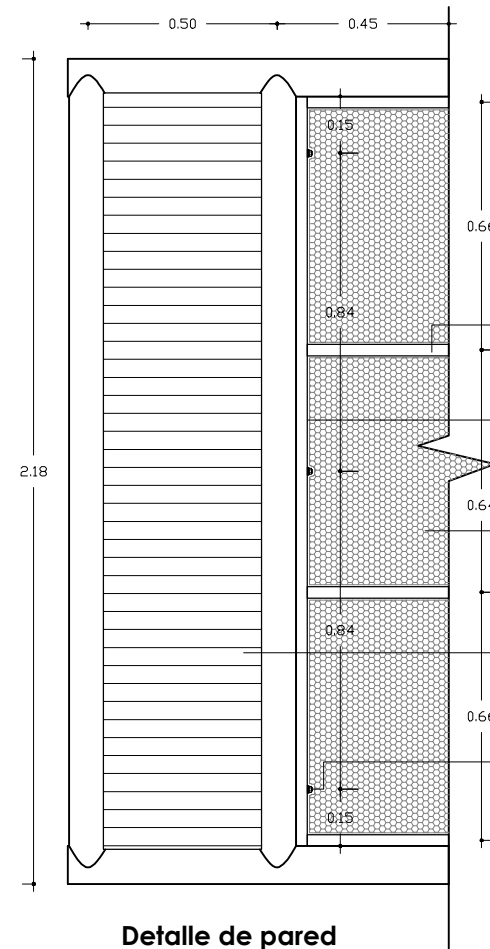
Detalle de pared render

Sin escala



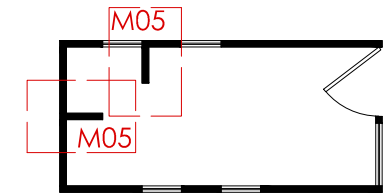
M05 Render

Sin escala



Detalle de pared

Esc: 1:20



M05 Ubicación

Sin escala

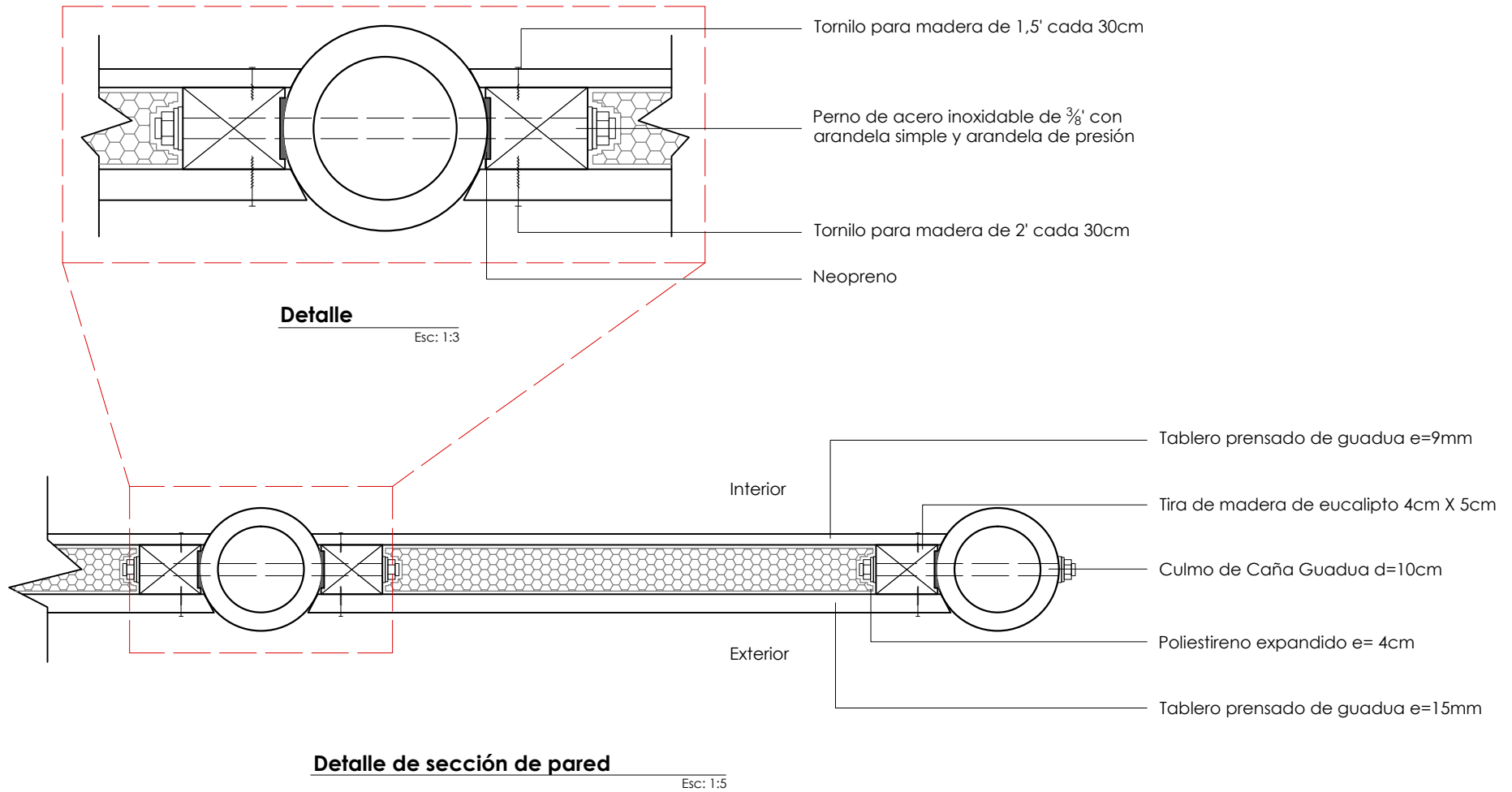
Cortafuego de madera de eucalipto 4cm X 5cm

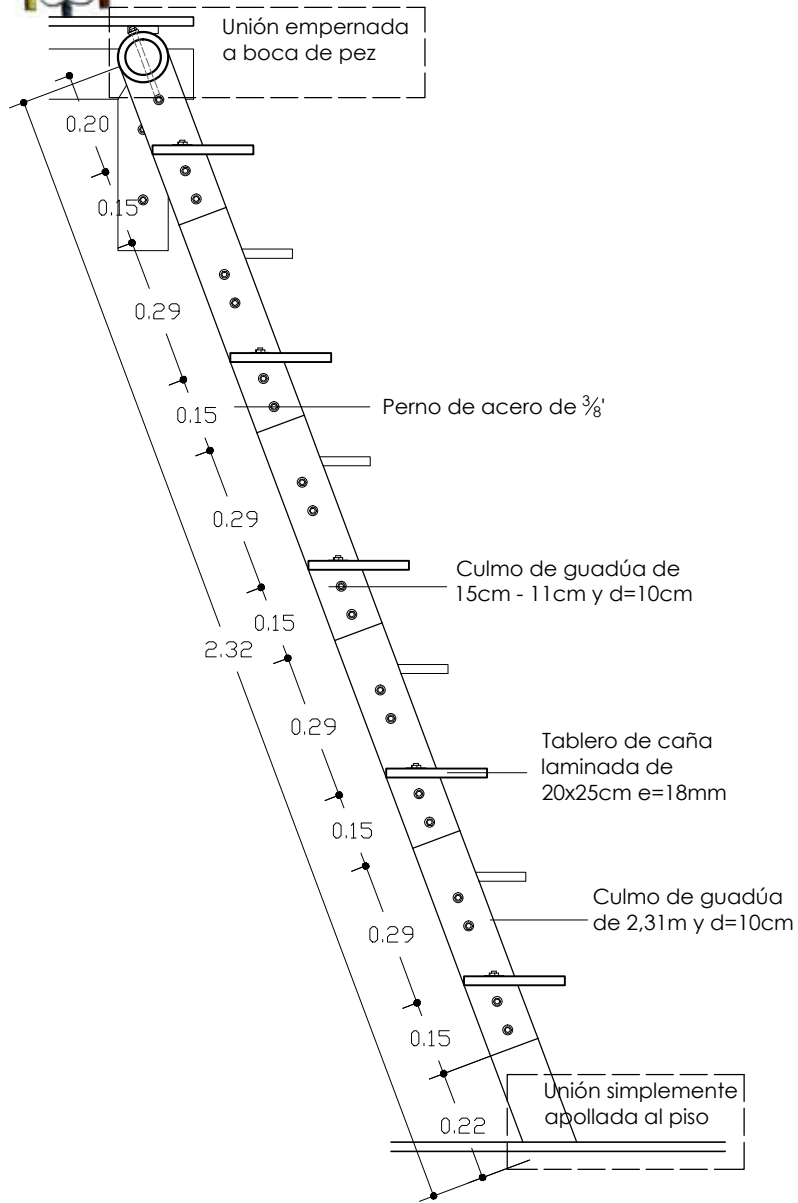
Tira de madera de eucalipto 4cm X 5cm

Poliestireno expandido e= 4cm

Tablero prensado de guadua e=15mm

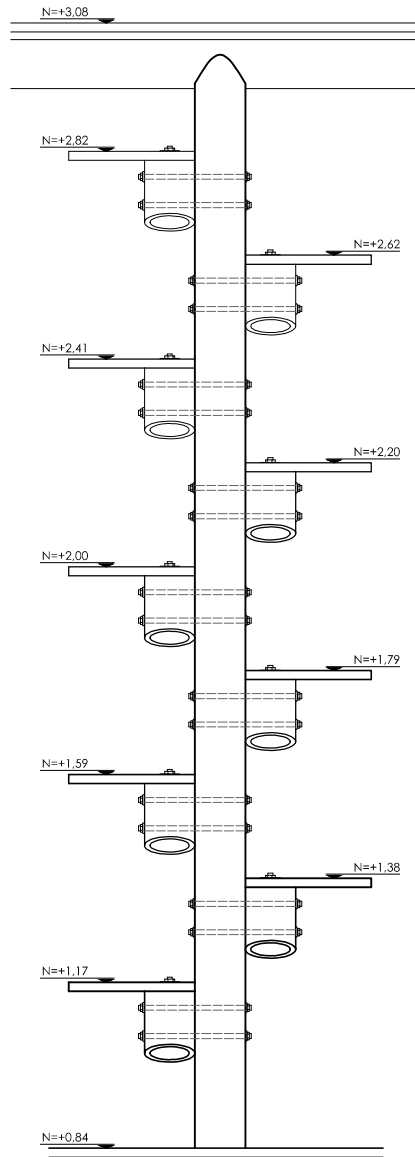
Perno de acero inoxidable de $\frac{3}{8}$ " con arandela simple y arandela de presión





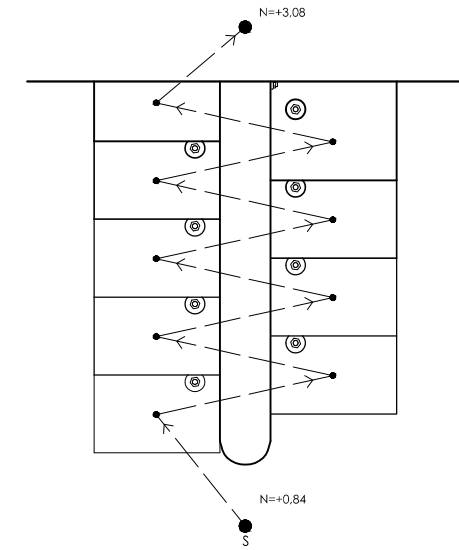
Elevación lateral de escalera

Esc: 1:15



Elevación frontal de escalera

Esc: 1:15



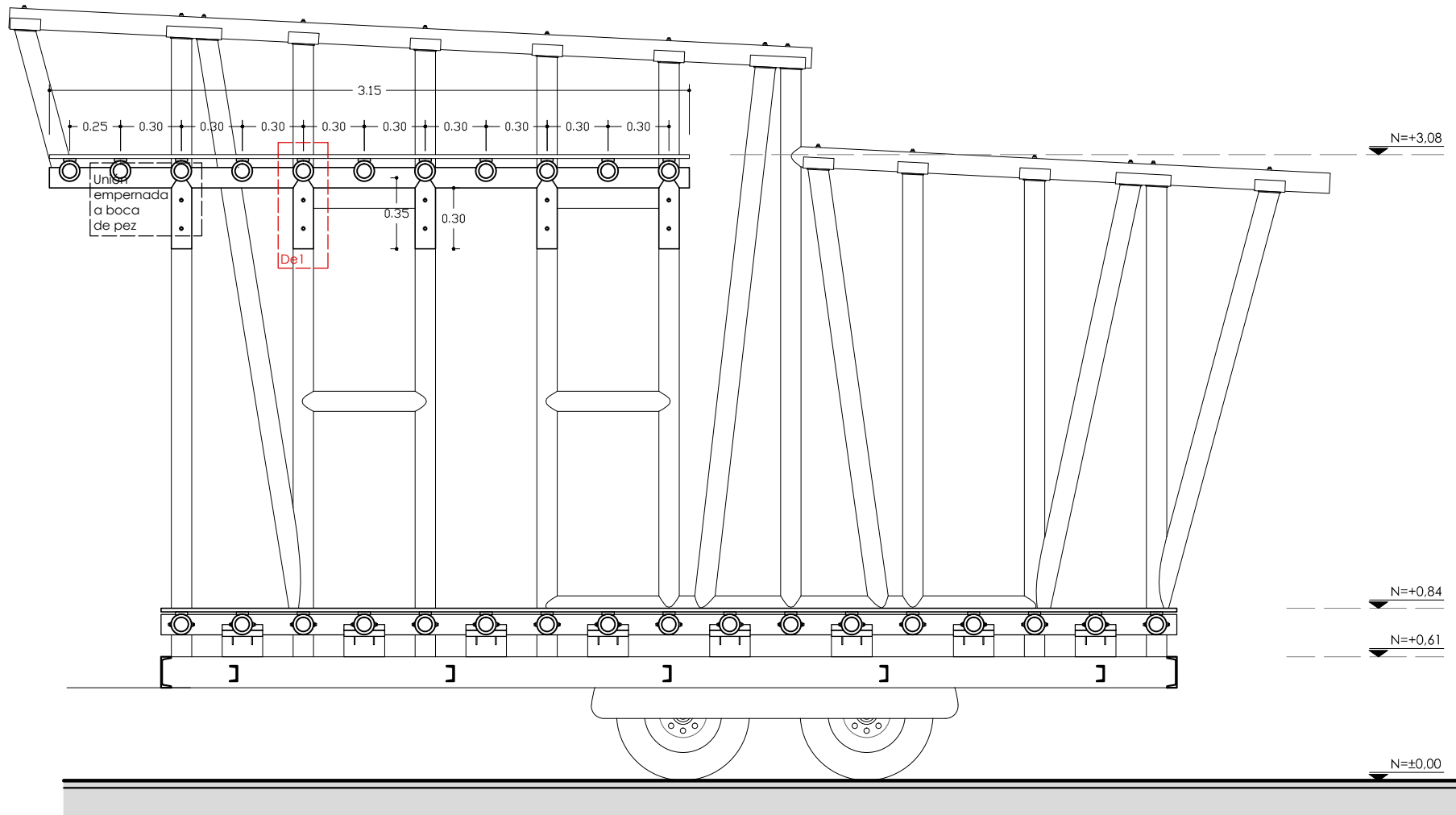
Planta de escalera

Esc: 1:15



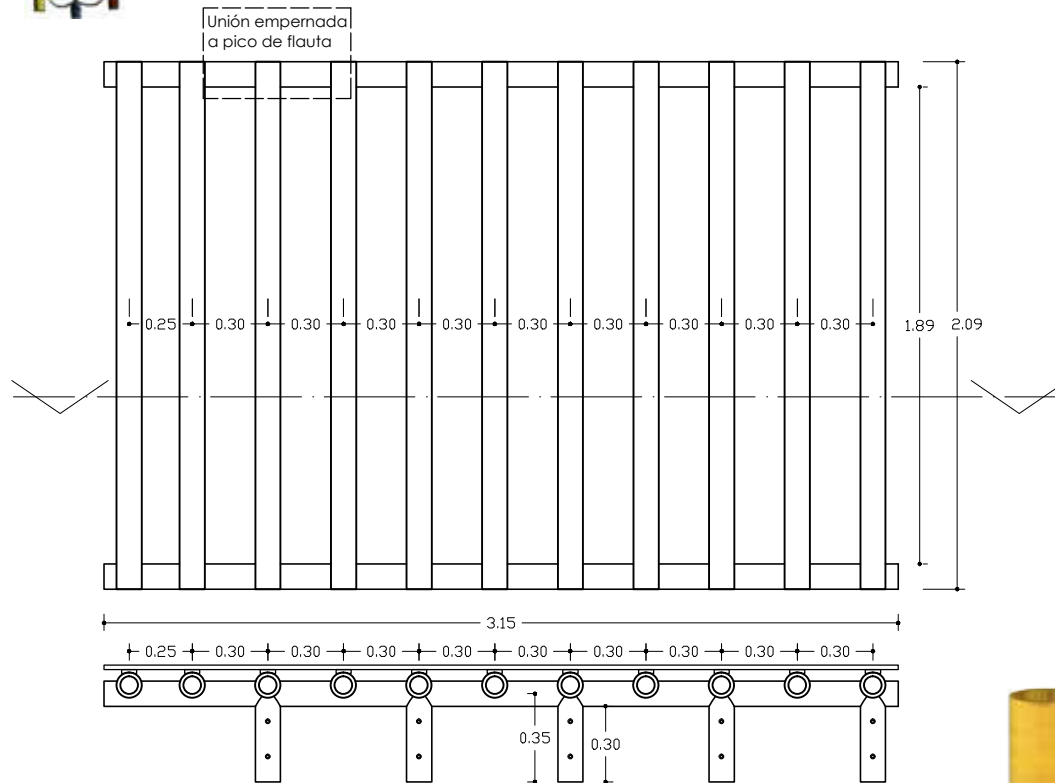
Perspectiva de escalera

Sin escala



Sección de entrepiso

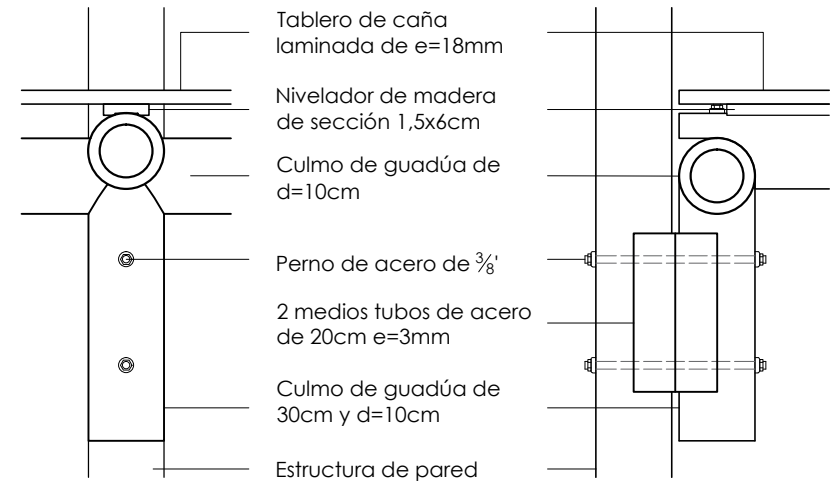
Esc: 1:30



Estructura de entepiso Esc: 1:30



Estructura de entepiso perspectiva Sin escala

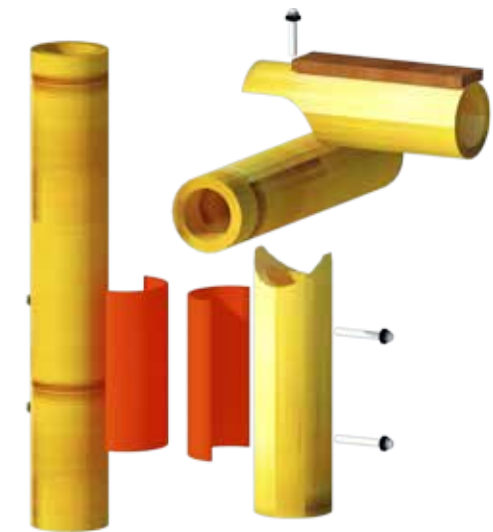


De 1 frontal Esc: 1:10

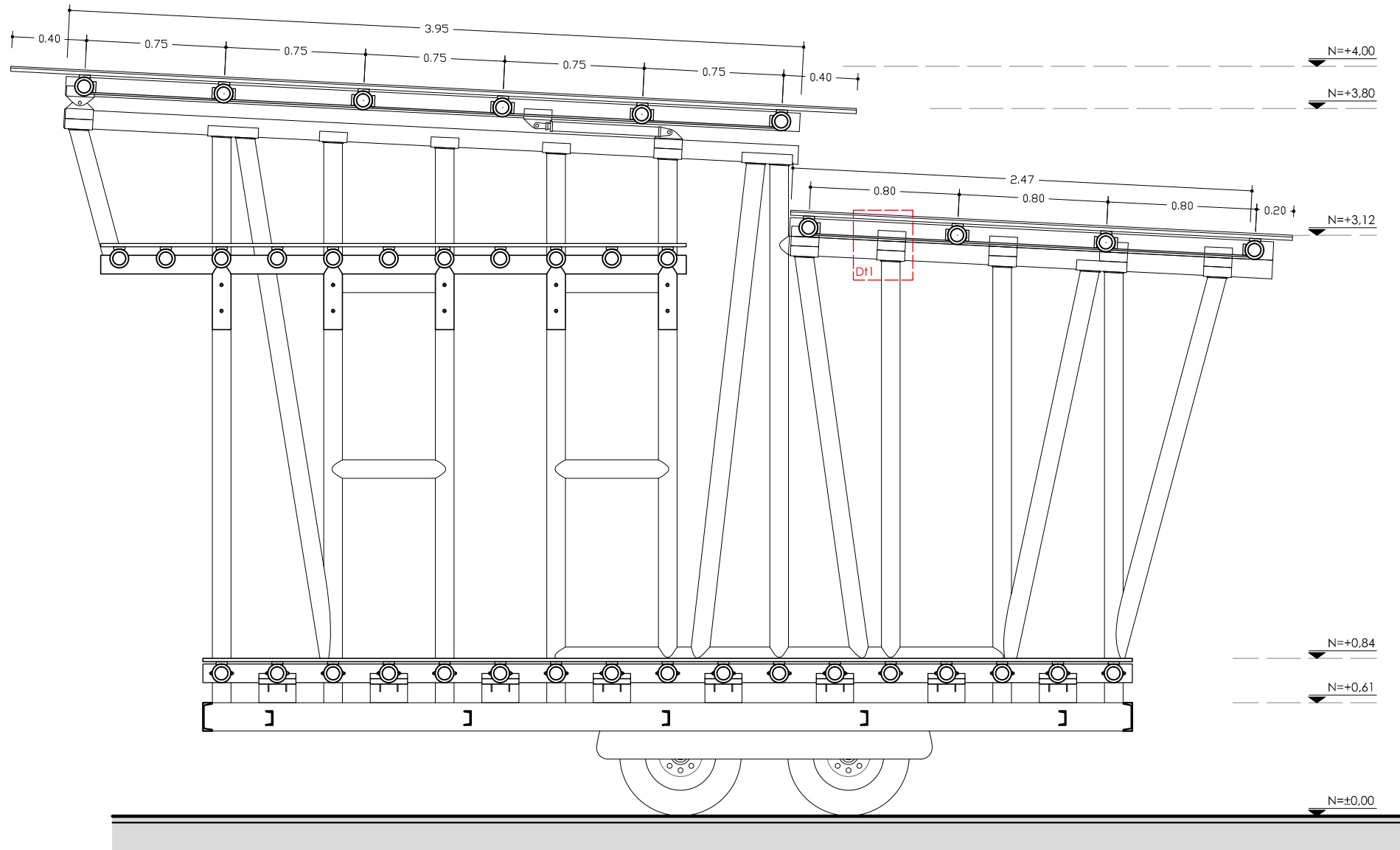
De 1 lateral Esc: 1:10



De 1 perspectiva Sin escala

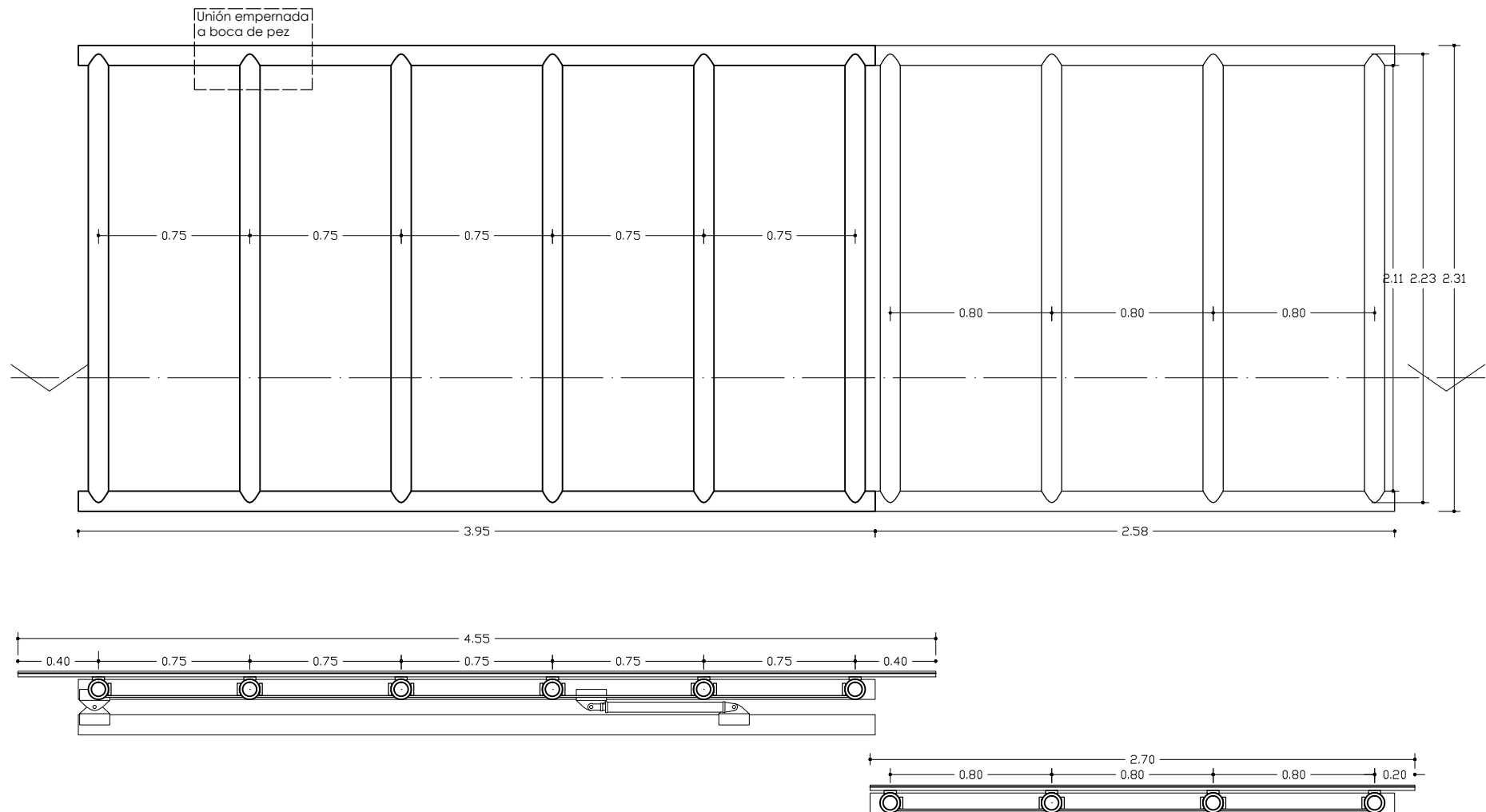


De 1 despiece Sin escala



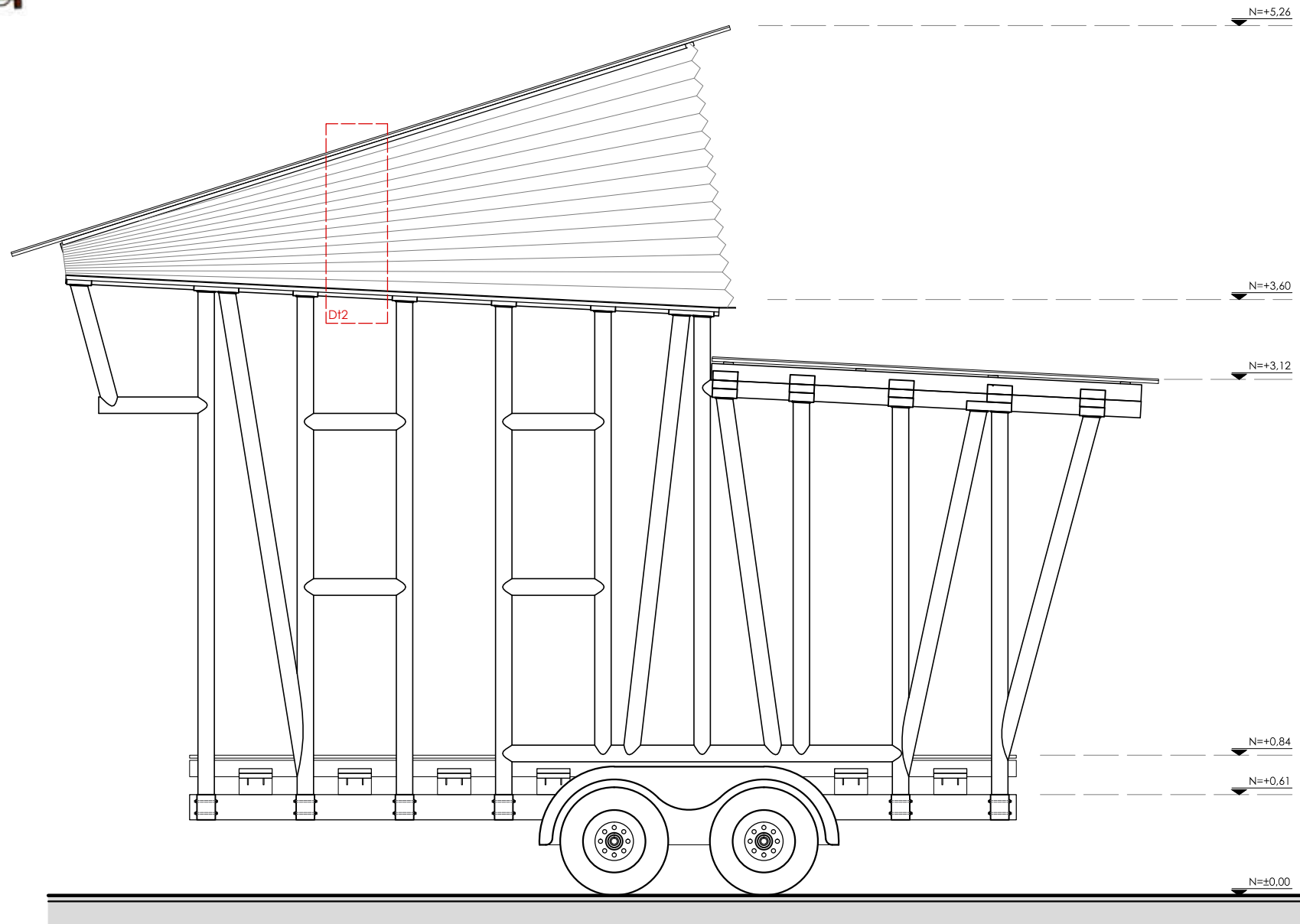
Sección de cubierta

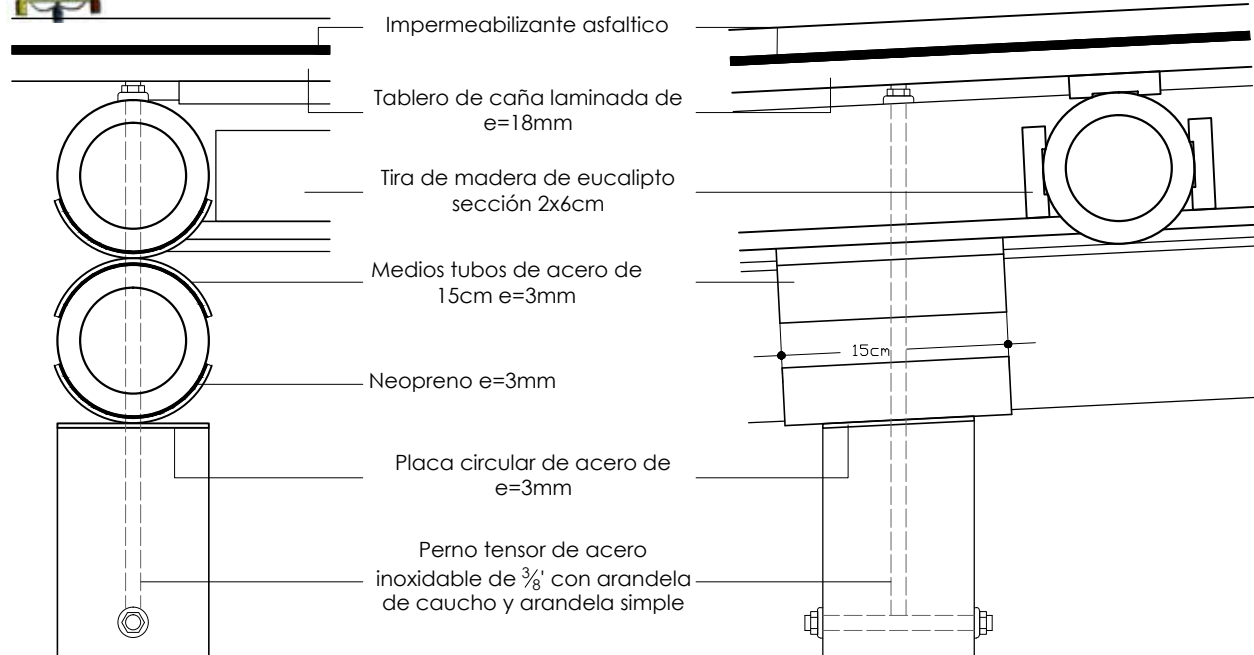
Esc: 1:30



Estructura de cubierta

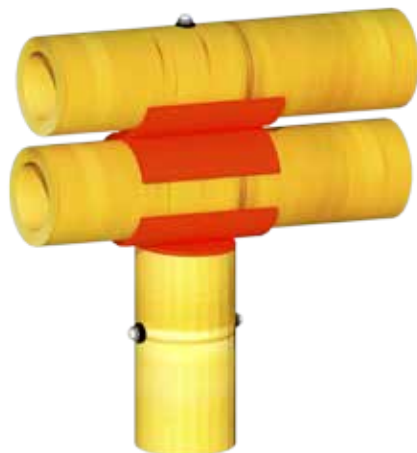
Esc: 1:30





Dt 1 frontal
Esc: 1:5

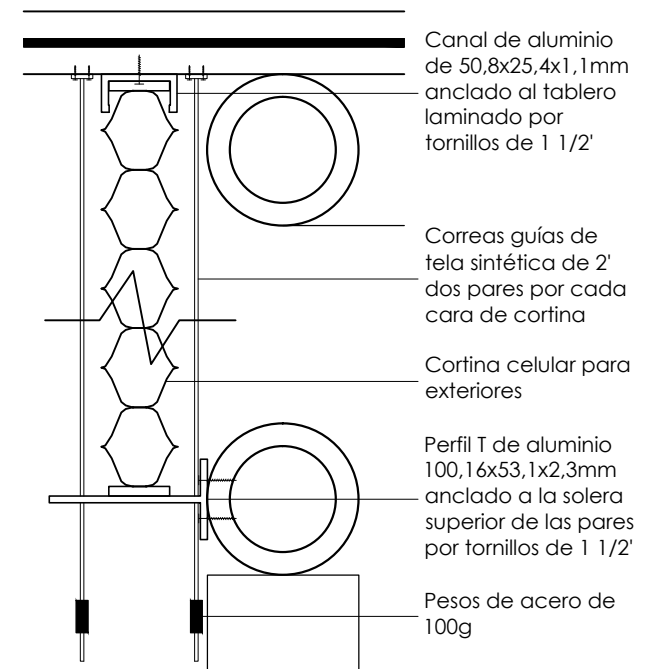
Dt 1 lateral
Esc: 1:5



Dt 1 perspectiva
Sin escala



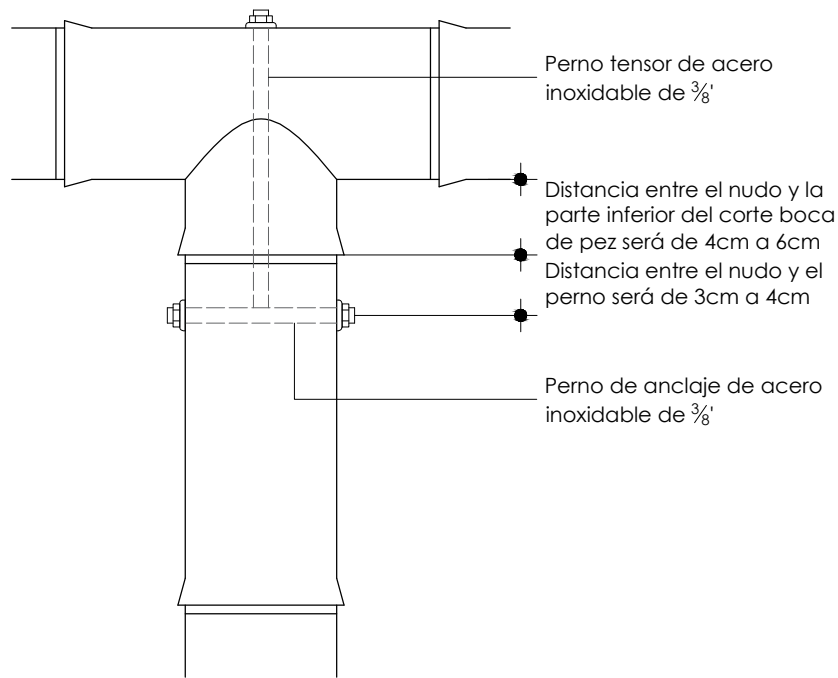
Dt 1 despiece
Sin escala



Dt 2 sección
Esc: 1:10

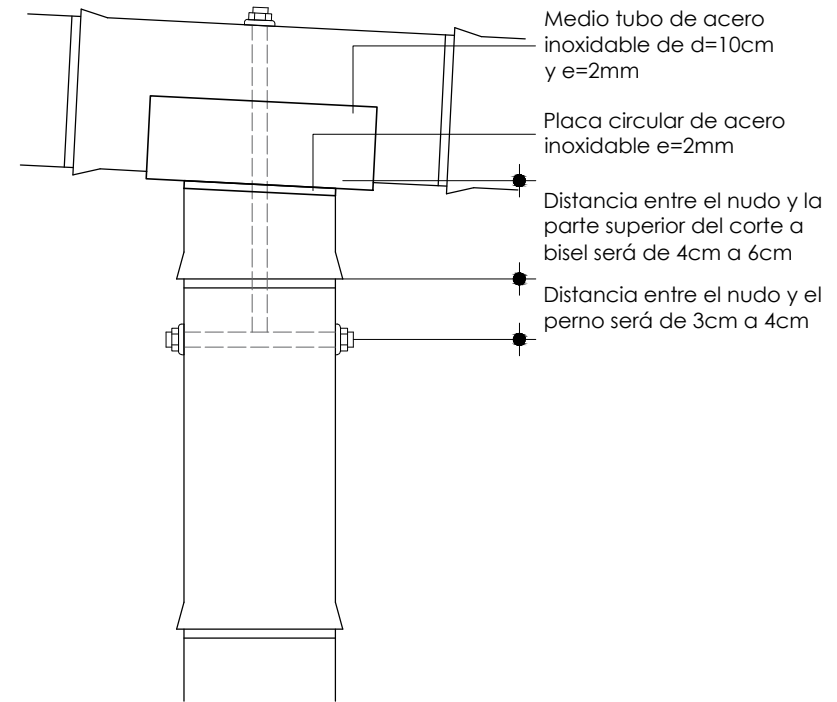


Dt 2 perspectiva
Sin escala



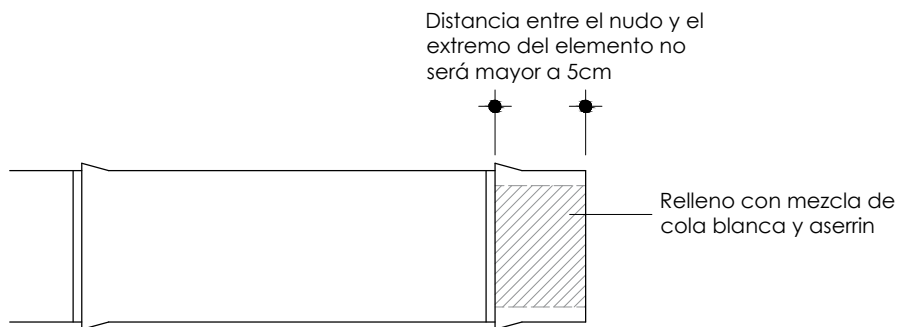
Unión a boca de pez

Esc: 1:5



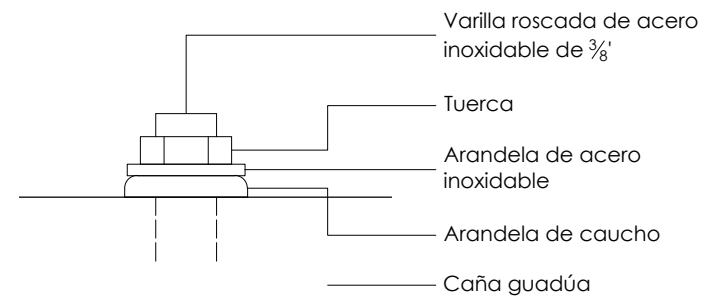
Unión con media caña y placa metálica

Esc: 1:5



Extremo de elementos de caña

Esc: 1:5



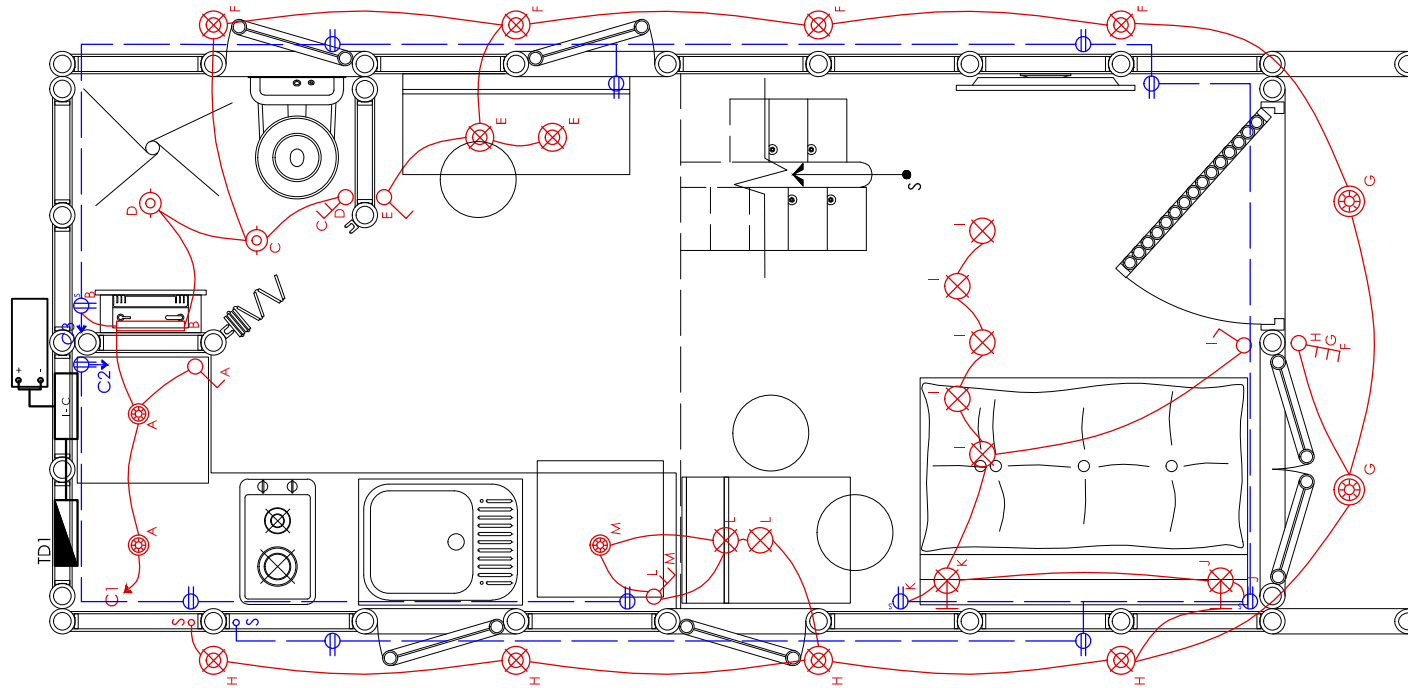
Detalle de pernos

Sin escala



PLANOS DE INSTALACIONES:

Eléctricas y Sanitarias

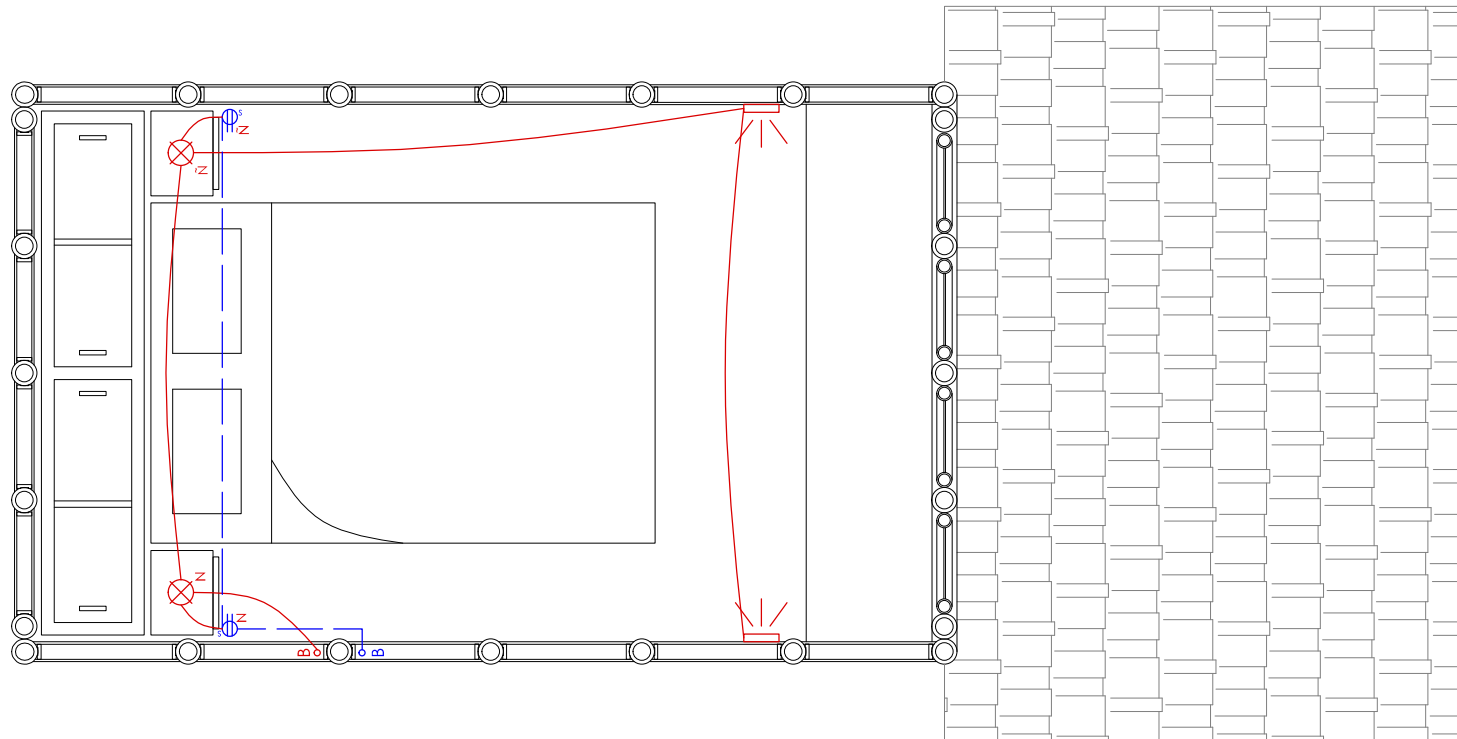


Planta instalaciones electrica n= +0,84

Esc: 1:30

Simbología eléctrica

	Lampara vertical de caña un foco LED filamentos A60 de 6w atenuable
	Lampara empotrable un foco LED dicroico MR16 de 4w no atenuable
	Lampara empotrable hermético un foco LED dicroico MR16 de 4w
	Lampara horizontal de caña un foco LED filamentos A60 de 6w no atenuable
	Lampara de pared de caña un foco LED filamentos A60 de 6w atenuable
	Luz guia para pared de LED de 2,5w
	Lampara de espejo un tubo LED de 30cm de 4w
	Interruptor simple
	Interruptor doble
	Interruptor triple
	Tomacorriente simple con interruptor
	Tomacorriente doble
	Cableado electrico AWG#14
	Cableado electrico AWG#12
	Tablero general
	I - C Inversor cargador y regulador de carga
	Baterías de 3kwh



Planta instalaciones electrica n= +3,08

Esc: 1:30

Simbología eléctrica

	Lampara vertical de caña un foco LED filamentos A60 de 6w atenuable
	Lampara empotrable un foco LED dicroico MR16 de 4w no atenuable
	Lampara empotrable hermético un foco LED dicroico MR16 de 4w
	Lampara horizontal de caña un foco LED filamentos A60 de 6w no atenuable
	Lampara de pared de caña un foco LED filamentos A60 de 6w atenuable
	Luz guia para pared de LED de 2,5w
	Lampara de espejo un tubo LED de 30cm de 4w
	Interruptor simple
	Interruptor doble
	Interruptor triple
	Tomacorriente simple con interruptor
	Tomacorriente doble
	Cableado electrico AWG#14
	Cableado electrico AWG#12
	Tablero general
	Inversor cargador y regulador de carga
	Baterias de 3kwh

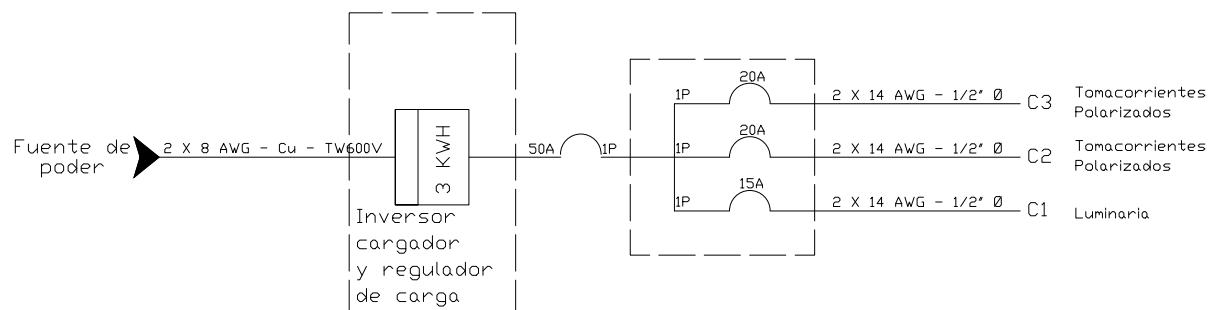
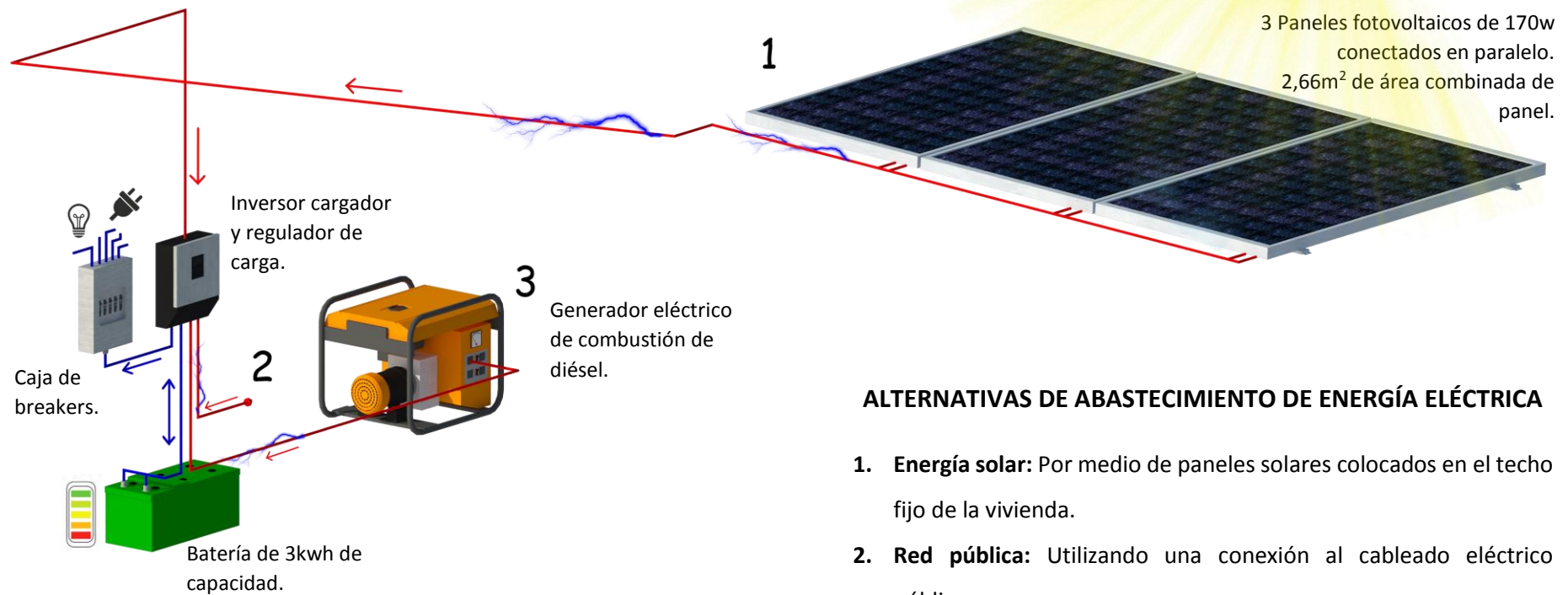


Diagrama unifilar

ISOMETRÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Funcionamiento del sistema: La energía eléctrica es recibida por el inversor cargador y regulador de carga, el cual se encarga de almacenar la energía en las baterías para luego distribuirla al tablero general y a los circuitos eléctricos del proyecto.



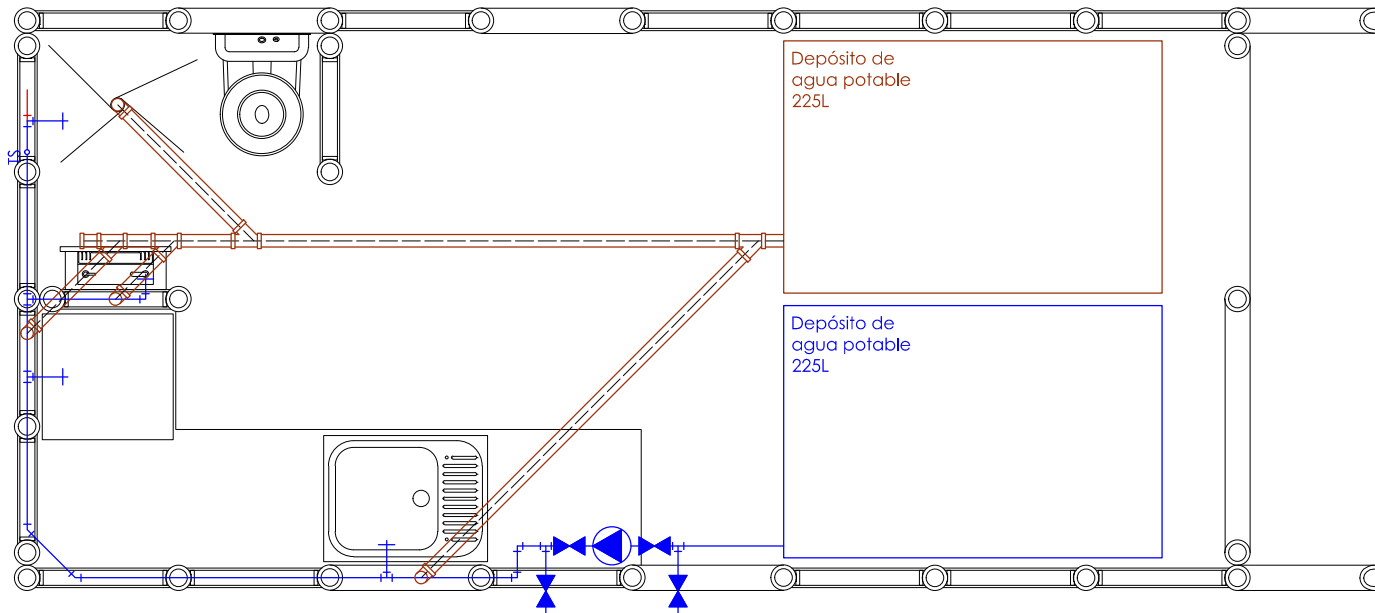
ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1. **Energía solar:** Por medio de paneles solares colocados en el techo fijo de la vivienda.
2. **Red pública:** Utilizando una conexión al cableado eléctrico público.
3. **Por combustión:** Por medio de un generador eléctrico de combustión de diésel.



Simbología hidrosanitaria

	Conección T de PVC 1/2"
	Conección codo de PVC 1/2"
	Llave de paso de 1/2"
	Bomba de 12w de 1/2"
	Tubería de PVC de 1/2" agua fría
	Tubería de PVC de 1/2" agua caliente
	Conección Y de PVC 2"
	Tubería de PVC de 2" agua grises
	Tubería que sube de 1/2"
	Tubería que baja de 1/2"













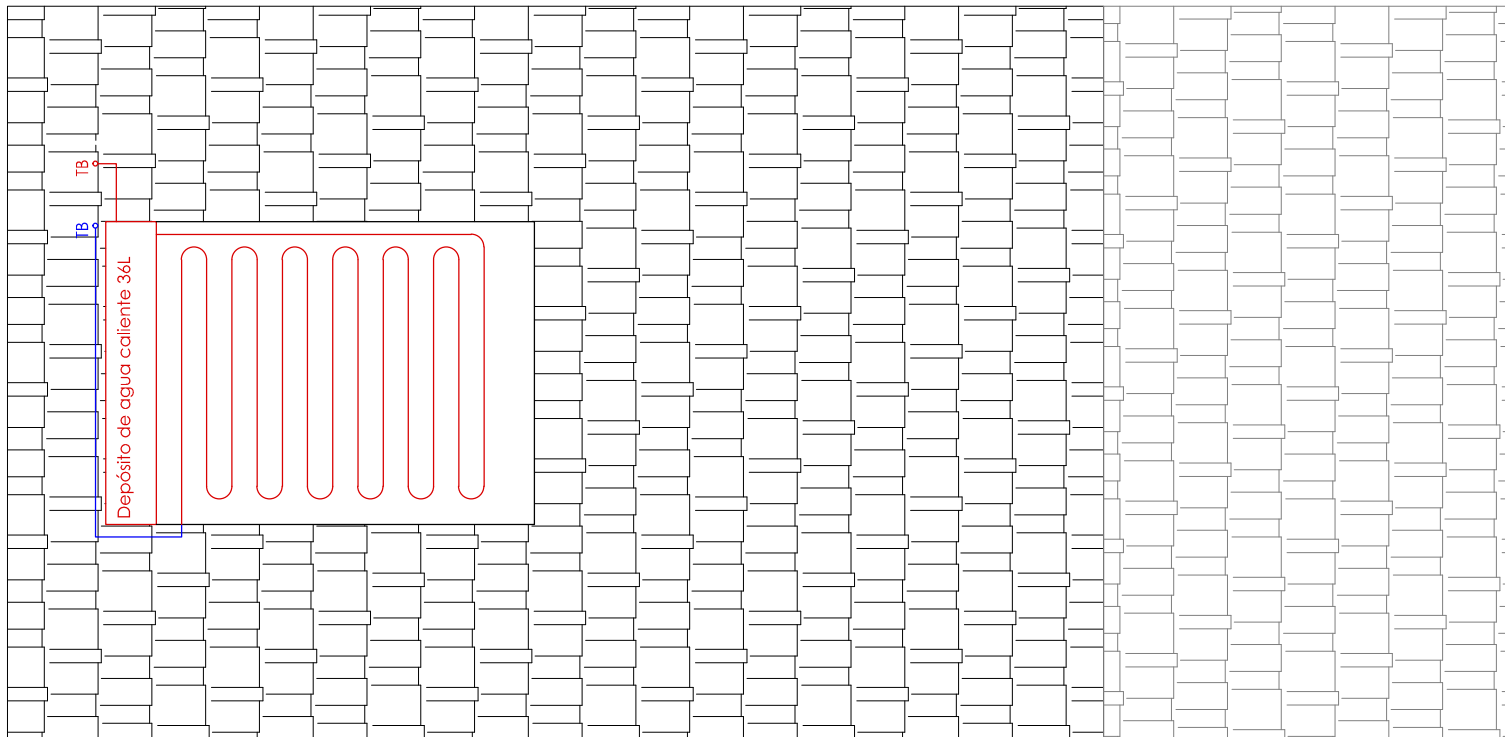
Planta instalaciones sanitarias n= +0,84

Esc: 1:30



Simbología hidrosanitaria

	Conección T de PVC 1/2"
	Conección codo de PVC 1/2"
	Llave de paso de 1/2"
	Bomba de 12w de 1/2"
	Tubería de PVC de 1/2" agua fría
	Tubería de PVC de 1/2" agua caliente
	Conección Y de PVC 2"
	Tubería de PVC de 2" agua grises
	Tubería que sube de 1/2"
	Tubería que baja de 1/2"

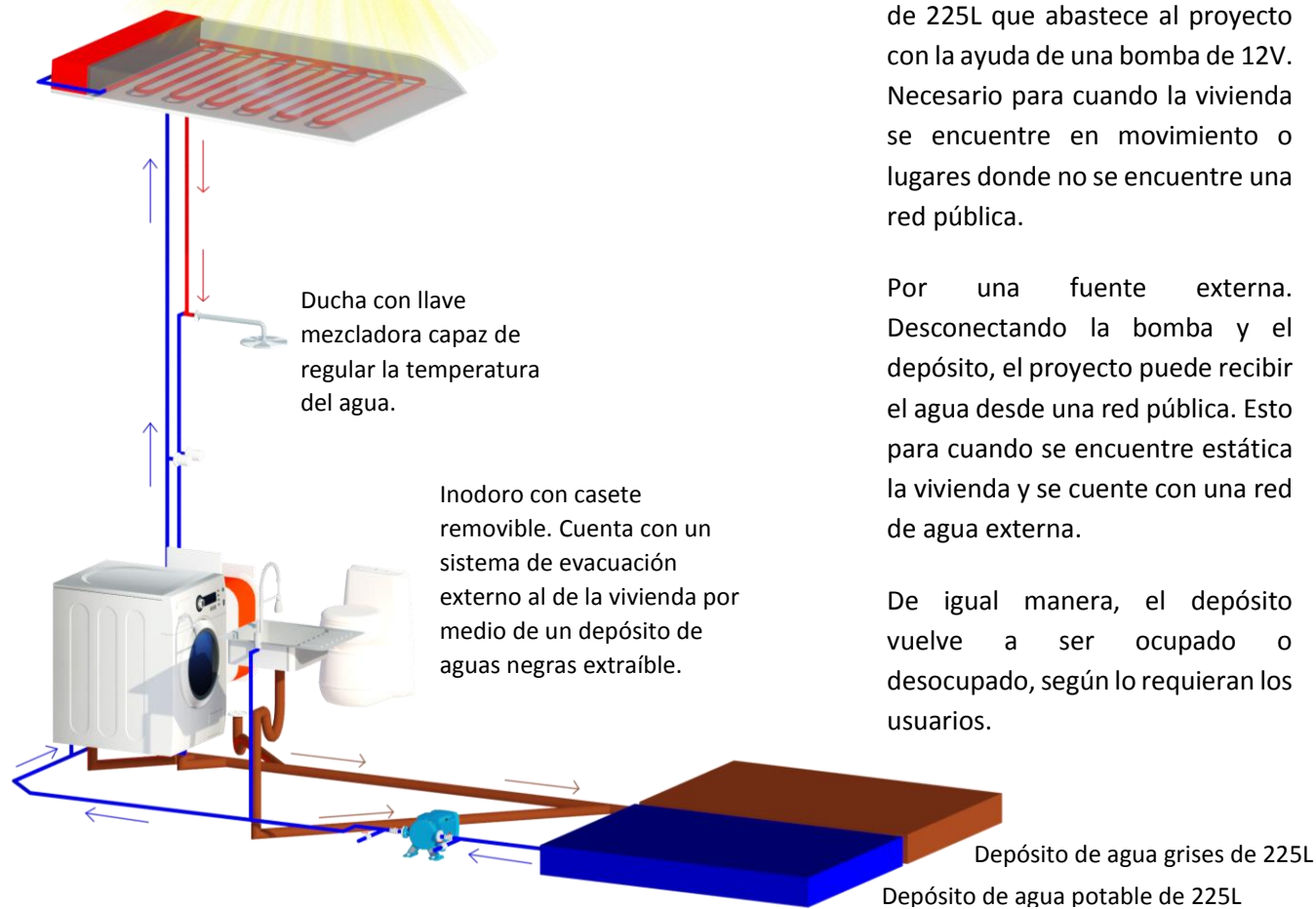


Planta instalaciones sanitarias cubierta

Esc: 1:30

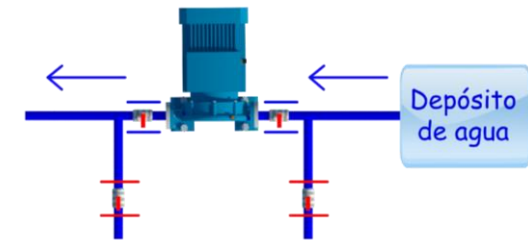
ISOMETRÍA DEL SISTEMA HIDRÁULICO

Sistema de calefacción de agua por medio de radiación solar. El agua circula por tubos que se encuentran dentro de una cámara de vidrio que absorbe la luz solar calentando el agua y almacenándola en un contenedor hermético de 36L.

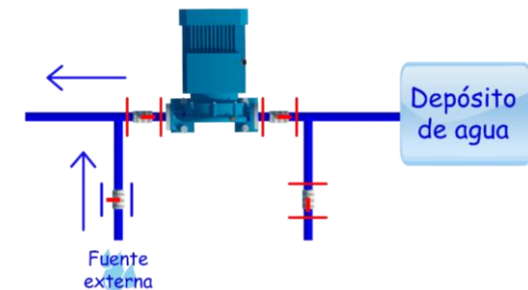


Sistema de abastecimiento de agua potable: Para satisfacer la demanda de agua del proyecto se desarrollaron dos maneras de abastecimiento:

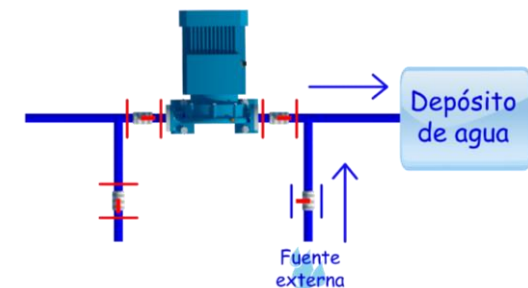
Por medio de un depósito de agua de 225L que abastece al proyecto con la ayuda de una bomba de 12V. Necesario para cuando la vivienda se encuentre en movimiento o lugares donde no se encuentre una red pública.



Por una fuente externa. Desconectando la bomba y el depósito, el proyecto puede recibir el agua desde una red pública. Esto para cuando se encuentre estática la vivienda y se cuente con una red de agua externa.



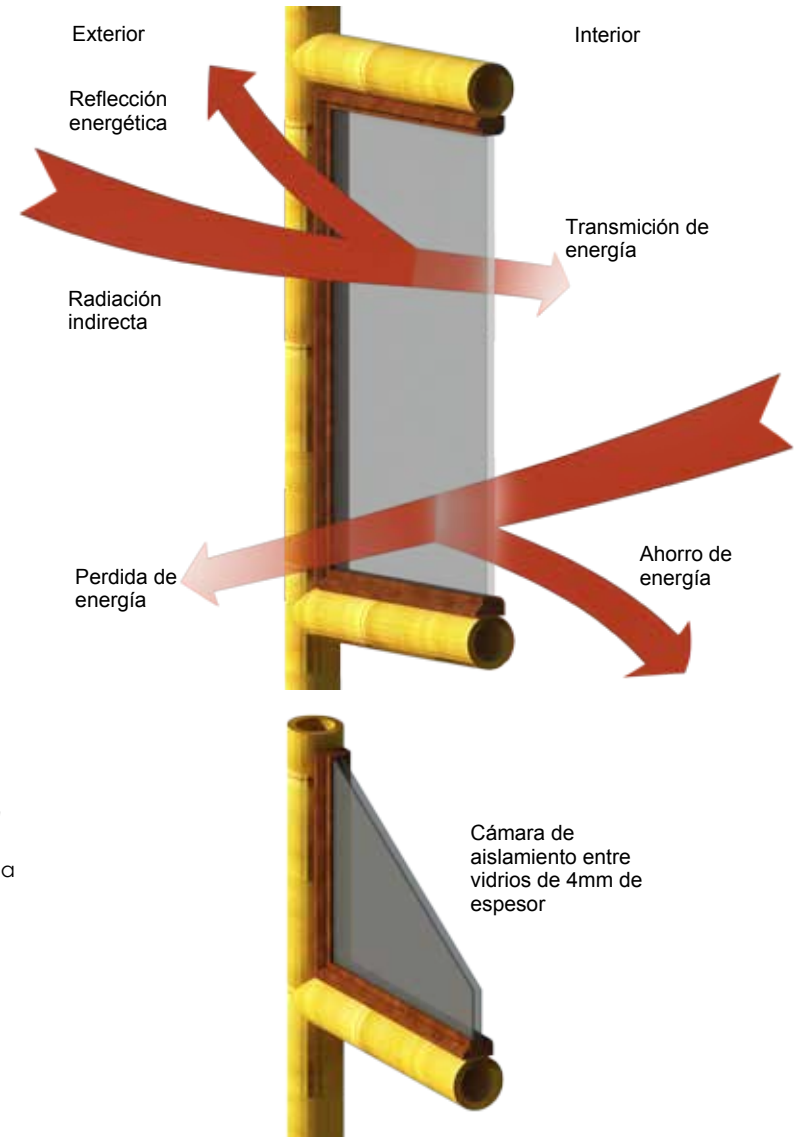
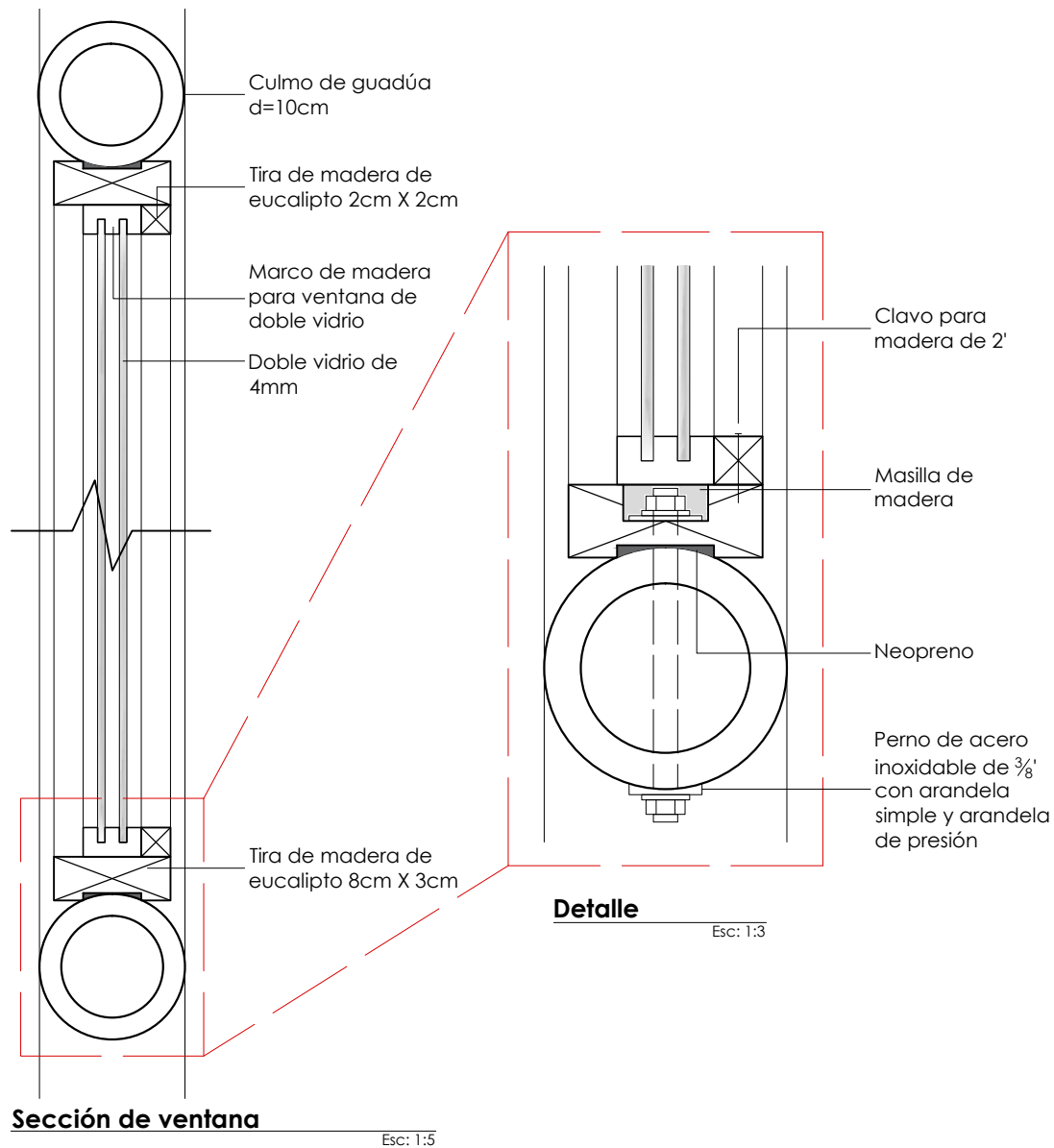
De igual manera, el depósito vuelve a ser ocupado o desocupado, según lo requieran los usuarios.





ESTRATEGIAS PASIVAS DE CONFORT:

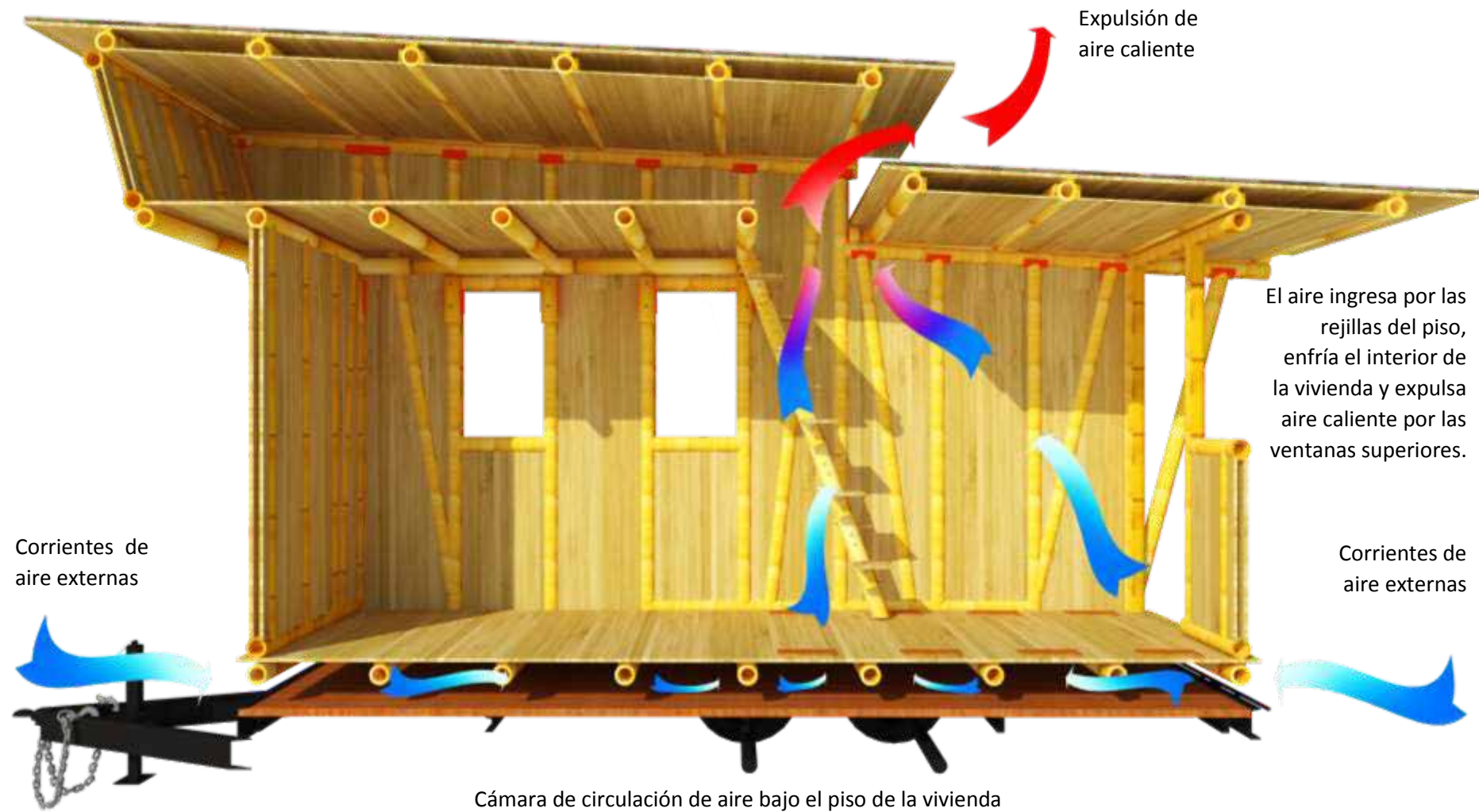
Ventilación



Perspectiva de ventana

Sin escala

VENTILACIÓN PASIVA





RENDERS:

Exteriores e Interiores

Tiny House de guadúa con la cubierta baja



Tiny House de guadúa con la cubierta elevada



Interior: Vista hacia la cocina



Interior: Vista hacia la sala



Interior: Vista desde la escalera





PRESENTACIÓN DE INNOVACIONES CONSTRUCTIVAS Y DE DISEÑO EN UNA TINY HOUSE

Si bien el diseño de una Tiny House o un sistema constructivo de vivienda sobre una plataforma móvil no es nuevo, insertar la caña guadúa como material principal en la construcción de un prototipo de vivienda de estas características si lo es, ya que no se han encontrados registros de proyectos que incluyan a este material en sus estructuras y acabados, presentándose como una innovación en el diseño de los sistemas constructivos de vivienda con guadúa o prefabricados de este material.

El proyecto de Tiny House con guadúa, además de brindar una alternativa poco convencional de vivienda transportable con este material, incorpora dos propuestas de innovación en los sistemas constructivos tradicionales que emplean la guadúa en sus procesos:

- El uso de paneles tipo “*sanduche*” en la vivienda: a partir de una estructura portante de caña rolliza que utiliza como recubrimiento, tanto al interior como al exterior, los tableros prensados de caña guadúa laminada, generando una cámara vacía que incorpora en su interior un relleno con poliestireno expandido que cumple la

función de aislamiento térmico, mejorando la sensación de confort en su interior.

- El diseño de paneles móviles: que sin importar su ubicación y función, añade aditamentos especiales y conexiones articuladas a la construcción de estructuras de caña guadúa permitiendo modificar las condiciones espaciales de los ambientes. En este caso se utilizaron en la cubierta del dormitorio para modificar su altura.

Recomendaciones

A pesar de que el presente trabajo de titulación consistió principalmente en el diseño constructivo de la Tiny House de guadúa, se logró abordar temas de aislamiento térmico y acústico de paneles laminados de guadúa, diseño de paneles móviles y cálculo estructural, de los cuales se realizan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones:

- Estudios sobre las capacidades térmicas de paneles con tableros prensados de caña guadúa laminada con distintos aislantes y espesores.
- Estudio de las capacidades mecánicas de los tableros prensados de caña guadúa laminada.

- El diseño de articulaciones y/o conexiones que permitan movilidad en los elementos de las estructuras de caña guadúa modificando sus características espaciales.
- Métodos para realizar los cálculos estructurales en proyectos de caña guadúa en base a lo establecido en la NEC-SE-GUADUA.
- Ensayos con diferentes tipos de morteros de relleno para el mejoramiento estructural de las uniones entre elementos de caña guadúa.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON CONSTRUCCIONES MÍNIMAS YA EXISTENTES EN EL ECUADOR

Debido a que el proyecto de Tiny House con guadúa pertenece a una tendencia de diseño diferente a las viviendas convencional, son escasos los referente arquitectónico con estas características con el cual podría ser comparado en el Ecuador, por lo que se recurrió a propuestas experimentales de prototipos de vivienda mínimas en el Ecuador que utilizan la caña guadúa como material en sus construcciones, de las cuales sus diseños interiores y acabados se asemejan a los propuestos en este trabajo:

Vivienda de bambú, CAEMBA

Nace de la iniciativa de Manuel Pallares, luego del terremoto del 2016 en Ecuador, de brindar refugio a personas afectadas por la catástrofe. El proyecto empieza con la construcción de estructuras progresivas de bambú gigante y recubrimientos plásticos, entregadas a los damnificados (Imagen 4.1), costando alrededor de \$550 brindaron mayores comodidades que las carpas de los albergues, obteniendo gran acogida por los moradores de Chamanga, Esmeralda, quienes implementaron paredes y pisos de madera o caña picada, mejorando las características en su interior.



Imagen 4.1: Vivienda de bambú gigante progresiva.

Fuente: CAEMBA. Vivienda emergente progresiva. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.caemba.com/modelos-emergentesprogresivos.html>

Gracias a la aceptación y buenos resultados que obtuvieron por parte de las comunidades en donde se ofrecieron las estructuras progresivas de bambú, CAEMBA implementó mejoras en sus construcciones, hasta presentar “la vivienda de bambú”, un diseño más elaborado de vivienda emergente, construidas sobre una losa de hormigón con una estructura de bambú y paneles de caña picada (Imagen 4.2 4.3 y 4.4), con un área de alrededor de 35m² y un costo de construcción de \$2500, llegó a ser presentada en la Bienal de Arquitectura de Venecia.



Imagen 4.2: Vivienda de bambú en Don Juan, Manabí.

Fuente: CAEMBA. Vivienda de bambú. [Imagen]. <http://www.caemba.com/vivienda-de-bambuacute.html>



Imagen 4.3: Propietarios de una vivienda de bambú.

Fuente: CAEMBA. Gallery. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.caemba.com/gallery.html>



Imagen 4.4: Interior de vivienda de bambú gigante y caña guadúa.

Fuente: CAEMBA. Gallery. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.caemba.com/gallery.html>

No quedando satisfechos con el éxito de su prototipo de vivienda con bambú, CAEMBA ha implementado nuevas alternativas de construcción con este material en sus proyectos, ofreciendo sistemas constructivos prefabricados a partir de tableros de caña guadúa y construcciones progresivas de viviendas elevadas con estructuras de bambú. (Imagen 4.5 4.6 y 4.7)



Imagen 4.5: Vivienda de bambú gigante y caña guadúa terminada.
Fuente: CAEMBA. Gallery. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.caemba.com/gallery.html>



Imagen 4.6: Interiores de vivienda progresiva de dos pisos.
Fuente: CAEMBA. Gallery. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.caemba.com/gallery.html>



Imagen 4.7: Comunidad Balzar del pueblo indígena Chachí, Esmeraldas.
Fuente: CAEMBA. Vivienda de bambú. [Imagen]. <http://www.caemba.com/vivienda-de-bambuacute.html>

La casa elevada de bambú, Inbar

Como parte del programa “desarrollo económico y adaptación al cambio climático con bambú”, Inbar llevó a cabo la construcción de un prototipo de vivienda elevada con la caña guadúa en la cual se aplica una mejora en los procesos y técnicas de construcción de este material, dejando de lado la connotación de vivienda “escasos recursos” e “ilegal” incorporando en su diseño el cumplimiento de las normativas ecuatorianas de construcción con bambú y guadúa.

A finales de enero del 2012 en Olón, Santa Elena, se inaugura este prototipo de vivienda mejorada como un centro de información para este balneario (Imagen 4.8), con la idea que los moradores del sector conozcan la vivienda, observen su construcción y apliquen las mejoras del sistema para que sean replicadas en sus construcciones.

La vivienda está diseñada para ser habitada por 4 a 5 personas, con un área de 54m² construida principalmente con caña guadúa y un precio que ronda los \$4500. En el nivel inferior se puede encontrar el baño y la cocina, y en el nivel superior el área social (Imagen 4.10).

Para garantizar la durabilidad y confiabilidad de la estructura frente condiciones ambientales y fenómenos naturales, el diseño presenta

mejoras a los sistemas tradicionales de construcción: empleando ladrillos estructurales y hormigón en los cimientos (Imagen 4.11); un cielorraso de caña picada con cámara de aire, aislando el calor del interior; recubrimientos de mortero de cemento y arena en las paredes para salvar el interior de lluvias y fuertes vientos; y aleros más grandes en los cuatros lados de la cubierta para proteger la estructura de los rayos solares.



Imagen 4.8: Prototipo de casa elevada de bambú en Olón, Santa Elena.

Fuente: Martillo, J. (2012). Casas elevadas de caña guadúa [Imagen]. Recuperado de: <http://www.larevista.ec/actualidad/vivienda-y-decoracion/casas-elevadas-de-cana-guadua>

Inbar, además de promover la construcción con caña guadúa, fomenta los diseños de mobiliario artesanal con la caña, presentando una propuesta de decoración y acondicionamiento para la vivienda prototipo con artesanías locales de este material. De esta manera demostrando la versatilidad de la guadúa a la hora de crear objetos cotidianos y viviendas resistentes. (Imagen 4.9)



Imagen 4.9: Mobiliario de guadúa en el interior de la vivienda elevada.
Fuente: Martillo, J. (2012). Casas elevadas de caña guadúa [Imagen]. Recuperado de: <http://www.larevista.ec/actualidad/vivienda-y-decoracion/casas-elevadas-de-cana-guadua>



Imagen 4.10: Área social de la vivienda elevada de guadúa.
Fuente: Martillo, J. (2012). Casas elevadas de caña guadúa [Imagen]. Recuperado de: <http://www.larevista.ec/actualidad/vivienda-y-decoracion/casas-elevadas-de-cana-guadua>



Imagen 4.11: Cimientos de ladrillo estructural y hormigón.
Fuente: Martillo, J. (2012). Casas elevadas de caña guadúa [Imagen]. Recuperado de: <http://www.larevista.ec/actualidad/vivienda-y-decoracion/casas-elevadas-de-cana-guadua>

Cuadro comparativos de las características de los proyectos con caña guadúa en el Ecuador y la propuesta de Tiny House

CARACTERÍSTICAS/PROYECTO	VIVIENDA DE BAMBÚ, CAEMBA	CASA ELEVADA DE BAMBÚ, INBAR	TINY HOUSE DE GUADÚA
COSTO DEL PROYECTO	\$2500	\$4500	\$14000
TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN	3días	-	5días
ÁREA DE CONSTRUCCIÓN	35m ²	53m ²	17,2m ²
NÚMERO DE PERSONAS PARA QUE ESTÁ DISEÑADA	4 – 5	4 – 5	2 – 3
M² POR PERSONA	7m ²	10,6m ²	5,73m ²
TIPO DE USUARIO PARA QUIEN ESTÁ DISEÑADA	Personas afectadas por desastres naturales	Comunidad en general	Personas particulares que deseen un estilo de vida diferente a lo convencional
TIPO DE VIVIENDA	Rural	Rural y/o peri urbana	Prefabricada móvil
SISTEMA CONSTRUCTIVO	Estructura de bambú gigante con recubrimiento de caña picada sobre una losa de hormigón reforzada con latillas de guadúa.	Estructura de caña rolliza con recubrimiento de caña picada, elevada por cimientos de hormigón armado y ladrillo estructural.	Paneles portantes con estructura de caña rolliza y doble recubrimiento con tableros de guadúa laminada con aislante de poliestireno, sobre una plataforma móvil.
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Emergente	Artesanal	Industrial
TIPO DE MOBILIARIO	Con el que dispone el propietario	Propuesta artesanal con caña guadúa	Incorpora mobiliario plegable diseñado para las características del espacio.

Tabla 4.2: Cuadro comparativos de las características de los proyectos con caña guadúa en el Ecuador y la propuesta de Tiny House

Fuente: Cabrea, César. Archivo personal.



CONCLUSIONES

- Gracias a las investigaciones de uniones y anclajes con guadúa, y las pruebas de laboratorio llevadas a cabo, se consiguió diseñar un prototipo de Tiny House con caña guadúa apto para circular en el Ecuador, siguiendo las características espaciales y la filosofía de estas pequeñas casas.
- “La pequeña casa de guadúa” se presenta como una opción dentro de las Tiny House, con la particularidad de estar diseñada principalmente con caña guadúa. Al igual que las demás Tiny House, ésta no pretende ser una solución a un problema habitacional o económico.
- La “Tiny House Fance” fue la base del diseño para “la pequeña casa de guadúa”, ambas presentan una estructura modular, conformada por paneles independientes que se unen entre sí para componer el piso, paredes y cubierta.
- Los detalles de uniones y anclajes que se proponen fueron realizados en base a las especificaciones y recomendaciones técnicas que

presenta la NEC-SE-GUADÚA para estructura en caña guadúa en el Ecuador.

- Las pruebas de resistencia que se realizaron en las secciones de la estructura, permitieron identificar las características mecánicas de las uniones y elementos, de esta manera garantizar la resistencia del anclaje frente a los esfuerzos que estará sometida la estructura.

En comparación a las viviendas convencionales de caña guadúa en el Ecuador:

- El costo del prototipo de Tiny House con guadúa es aproximadamente 3 veces más alto que el de los prototipos convencionales. Esto se debe al sistema constructivo de las paredes, siendo el costo del m² del tablero de caña guadúa laminada \$38,63 en comparación a los \$4,25 que cuesta el m² de caña picada tratada.
- Al cambiar los tableros de guadúa laminada por caña picada, conservando el doble recubrimiento y el aislante de poliestireno, el costo de la Tiny House con guadúa baja a \$9750 aproximadamente, siendo aún la opción más costosa. Esto se debe a que el prototipo incluye una plataforma móvil para poder circular por la carretera, un



sistema eléctrico más complejo con paneles solares y tanques de reserva de agua potable y aguas grises.

- El área de la Tiny House es menor a la de los otros dos proyectos, reflejado en sus m² por persona, presentando una “desventaja” frente a las viviendas de CAEMBA e Inbar. Si bien es cierto que el tamaño es mucho menor, la filosofía de las Tiny House no busca cantidad de espacio, sino una eficiencia en su uso, por lo que a pesar de ser ambientes pequeños su nivel de diseño optimiza su ocupación, dejando de ser este aspecto una desventaja.
- El tipo de construcción es otro aspecto a considerar al comparar estos proyectos, al ser un modelo de vivienda prefabricada, la Tiny House presenta ventaja en su producción frente a los modelos de construcción in-citu. Ya que al ser una construcción industrializada se logran optimizar los tiempos de producción y la cantidad de material utilizado.
- El costo de construcción y el público a quien está dirigida la Tiny House de guadúa es una desventaja frente a estos dos prototipos, debido a que disminuye la cantidad de personas que puedan adquirirla o puedan apreciar su valor, a pesar de ello, no se descarta la posibilidad de ser replicado este concepto adaptando su diseño a las necesidades de un usuario en particular.
- Amoblar una Tiny House, hasta cierto punto, es una dificultad frente a proyectos convencionales, ya que el tipo de muebles para una de estas pequeñas casas va de la mano con el diseño funcional del espacio, por lo que un mobiliario tradicional no se acoplaría a las necesidades de uno de estos proyectos. Lo que no sucede con las otras dos viviendas, en donde los muebles no cumplen un papel prioritario en el diseño funcional de los espacios, siendo libre el uso de muebles convencionales.



BIBLIOGRAFÍA

Sitio Web

- Mariah. (2013). Diminutas casas del pasado: una línea de tiempo pequeña (dispersa). Recuperado de: <http://tinyhousetalk.com/tiny-houses-of-the-past/>
- Lasky, J. (2016). Los sorprendentes orígenes del fenómeno de la casa pequeña. Recuperado de: <https://www.curbed.com/2016/7/13/12162832/tiny-house-history-hermits>
- Álvarez, T. Tipi. Recuperado de: <http://www.inoxidables.net/nacionesindias/tipi.htm>
- Tigre, C. (2008). Una mirada al pasado 02 [Imagen]. Recuperado de: <https://tigrepelvar.com/2008/11/16/una-mirada-al-pasado-02/>
- Shelter Publications. [Imagen]. Recuperado de: <https://www.shelterpub.com/building/shelter>
- Schafer, J. Four Lights. Recuperado de: <https://www.fourlightshouses.com/pages/about-jay-shafer>
- Susanka, S. (1998). The not so big House [Imagen]. Recuperado de: <https://www.amazon.es/Not-So-Big-House-Blueprint/dp/1561581305>
- Cusato, M. Las casas de katrina [Imagen]. Recuperado de: <https://www.marianne cusato.com/katrina-cottages>
- Tumbleweed Tiny House Company. Recuperado de: <https://www.tumbleweedhouses.com/tumbleweed-models/cypress/>
- Casas Pequeñas. (2018). El movimiento Tiny House. Recuperado de: <http://www.casaspequenas.org/>
- Woodsman, J. (2016). Tiny House France. Recuperado de: <https://www.worldarchitects.com/im/architecture-news/works/tiny-house-france>
- Tiny Living. (2017). Recuperado de: <https://tinyliving.com/justwahls-tiny-house/>
- Tiny Living. (2017). Recuperado de: <https://tinyliving.com/peacock-old-hippie-woodworking/>
- Tiny House Town. (2018). Recuperado de: <http://www.tinyhousetown.net/2018/02/global-tiny-house.html>
- Bonilla, D. (2000). Taller de arquitectura de Bogotá. Recuperado de: <http://tab.net.co/pabellon-colombia>
- Zuarq. Arquitectos. Arquitectura Verde. Recuperado de: <http://bambuconstruccioneszuarq.blogspot.com/p/eventos.html>



- BambuTico SA. Pisos y paredes de bambú. Recuperado de: http://www.bamboocostarica.com/mod_galeria/Fotos-Categoria68.html#text
- Leroy Merlin España S.L.U. (2016). Aislar del frío y del calor. Recuperado de: http://www.leroymerlin.es/productos/construccion/aislamiento/aislamiento_termico/como-elegiraislamiento-termico.html
- CAEMBA: Casitas Emergentes de Bambú. Recuperado de: <http://www.caemba.com/>
- Martillo, J. (2012). Casas elevadas de caña guadúa. Recuperado de: <http://www.larevista.ec/actualidad/vivienda-y-decoracion/casas-elevadas-de-cana-gadua>

Normativa

- Reforma Reglamento a la Ley de Caminos de la República del Ecuador – Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones, Ecuador, Mayo 2012.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción – Estructuras de Guadúa (GaK), Ecuador, Agosto 2016.
- ASTM D 143-94 – Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber, Abril 2000.

Libro

- Villegas, M, (2003), *Guadua Arquitectura y Diseño*, Bogotá, D.C., Colombia, Villegas editores.

Tesis

- Novilos, J., Yacelga, J. (2010). *Estudio de conexiones entre elementos estructurales de caña guadua sometidos a carga axial* (Tesis de grado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.



ANEXOS

**ANEXOS 1:****RESULTADOS DE PRUEBAS DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CAÑA
GUADÚA**

Para determinar el contenido humedad de las probetas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%de\ humedad = \frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100$$

Donde:

Ph; peso de la muestra antes de ser secada.

Ps; peso de la muestra después de ser secada.

Probeta 1:

Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	% de humedad
5,8	5,2	10,34

Aplicación de la fórmula:

$$\%de\ humedad = \frac{5,8 - 5,2}{5,8} \times 100 = \mathbf{10,34\%}$$

Probeta 2:

Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	% de humedad
8,4	7,2	14,28

Aplicación de la fórmula:

$$\%de\ humedad = \frac{8,4 - 7,3}{8,4} \times 100 = \mathbf{14,28\%}$$

Probeta 3:

Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	% de humedad
8,9	7,3	17,97

Aplicación de la fórmula:

$$\%de\ humedad = \frac{8,9 - 7,3}{8,9} \times 100 = \mathbf{17,97\%}$$

Probeta 4:

Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	% de humedad
4,8	4,3	10,41

Aplicación de la fórmula:

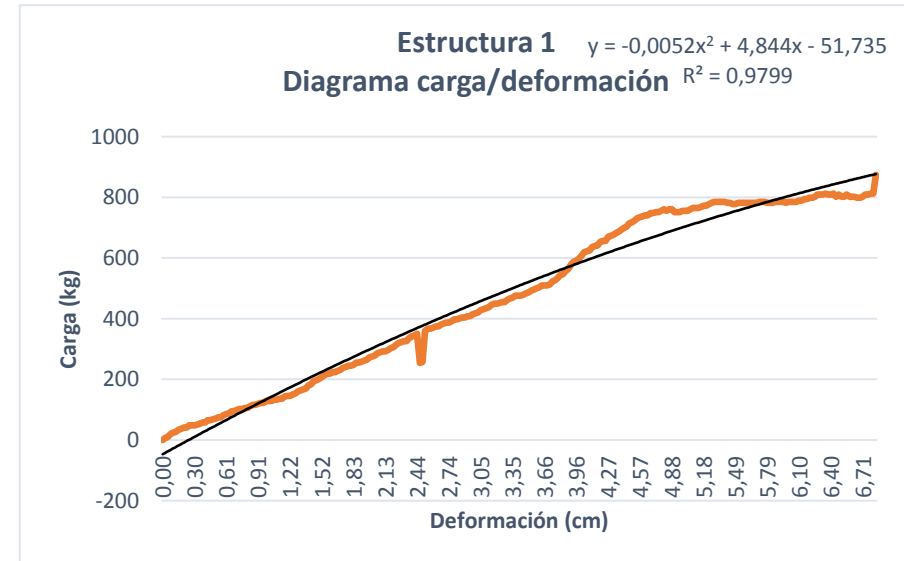
$$\%de\ humedad = \frac{4,8 - 4,3}{4,8} \times 100 = \mathbf{10,41\%}$$

ANEXOS 2:
VALORES DE CARGA/DEFORMACIÓN DE LOS ENSAYOS DE UNIONES
A) Ensayos de conexiones emperradas
Estructura 1:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
27	0,13
48	0,25
58	0,38
71	0,51
88	0,64
102	0,76
116	0,89
129	1,02
136	1,14
153	1,27
180	1,40
207	1,52
224	1,65
245	1,78
258	1,91
279	2,03
296	2,16
323	2,29
343	2,41
367	2,54
381	2,67
398	2,79
408	2,92
428	3,05
449	3,18
462	3,30
476	3,43
496	3,56
510	3,68
544	3,81
588	3,94
622	4,06
653	4,19
676	4,32
704	4,45
734	4,57
748	4,70
755	4,83
751	4,95

765	5,08
772	5,21
785	5,33
778	5,46
782	5,59
785	5,72
782	5,84

782	5,97
785	5,99
789	6,12
802	6,63
812	6,81
874	6,83





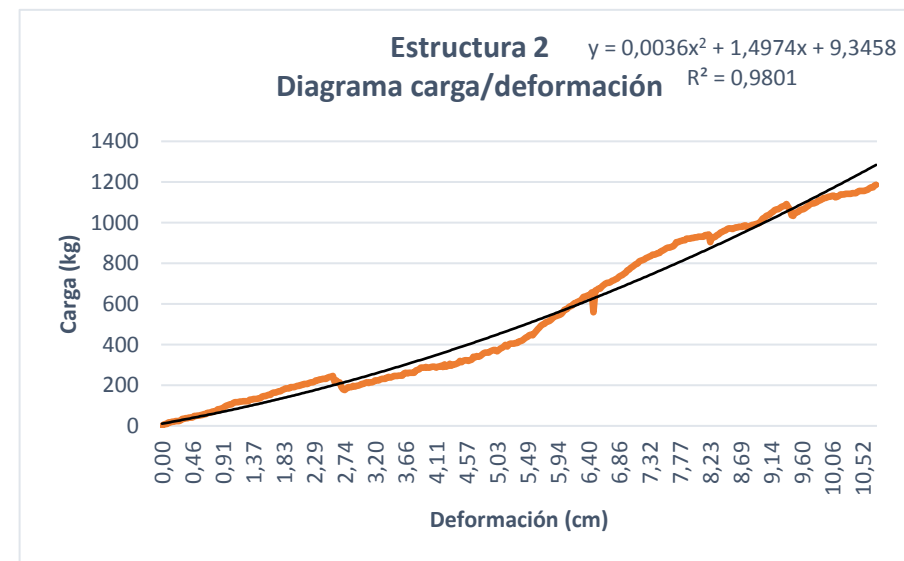
Estructura 2:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
20	0,15
34	0,30
41	0,46
54	0,61
71	0,76
88	0,91
112	1,07
122	1,22
133	1,37
146	1,52
163	1,68
180	1,83
190	1,98
207	2,13
218	2,29
231	2,44
214	2,59
177	2,74
194	2,90
211	3,05
224	3,20
231	3,35
245	3,51

262	3,66
272	3,81
289	3,96
286	4,11
292	4,27
306	4,42
323	4,57
343	4,72
360	4,88
367	5,03
391	5,18
408	5,33
438	5,49
476	5,64
513	5,79
544	5,94
581	6,10
612	6,25
642	6,40
676	6,55
704	6,71
734	6,86
768	7,01
809	7,16
833	7,32
850	7,47

877	7,62
908	7,77
921	7,92
931	8,08
904	8,23
952	8,38
972	8,53
979	8,69
986	8,84
1010	8,99
1047	9,14
1078	9,30

1037	9,45
1064	9,60
1094	9,75
1115	9,91
1132	10,06
1139	10,21
1145	10,36
1156	10,52
1173	10,67
1183	10,69
1186	10,72





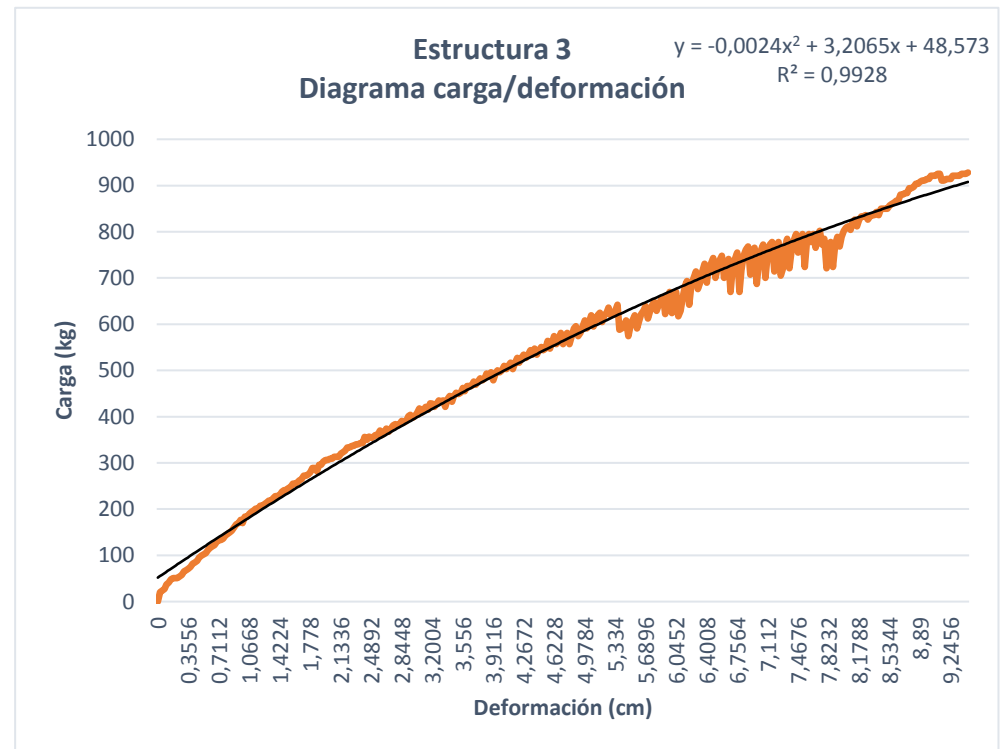
Estructura 3:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0
48	0,1524
65	0,3048
88	0,4572
116	0,6096
136	0,762
167	0,9144
190	1,0668
207	1,2192
228	1,3716
245	1,524
265	1,6764
289	1,8288
306	1,9812
320	2,1336
337	2,286
350	2,4384
370	2,5908
381	2,7432
391	2,8956
418	3,048
428	3,2004
421	3,3528
449	3,5052

466	3,6576
483	3,81
500	3,9624
517	4,1148
534	4,2672
534	4,4196
547	4,572
557	4,7244
596	4,8768
605	5,0292
605	5,1816
629	5,334
574	5,4864
622	5,6388
648	5,7912
659	5,9436
629	6,096
700	6,2484
690	6,4008
738	6,5532
724	6,7056
761	6,858
738	7,0104
778	7,1628
768	7,3152
755	7,4676

778	7,62
785	7,7724
789	7,9248
804	8,0772
833	8,2296
843	8,382
857	8,5344

880	8,6868
904	8,8392
914	8,9916
911	9,144
921	9,2964
928	9,4488



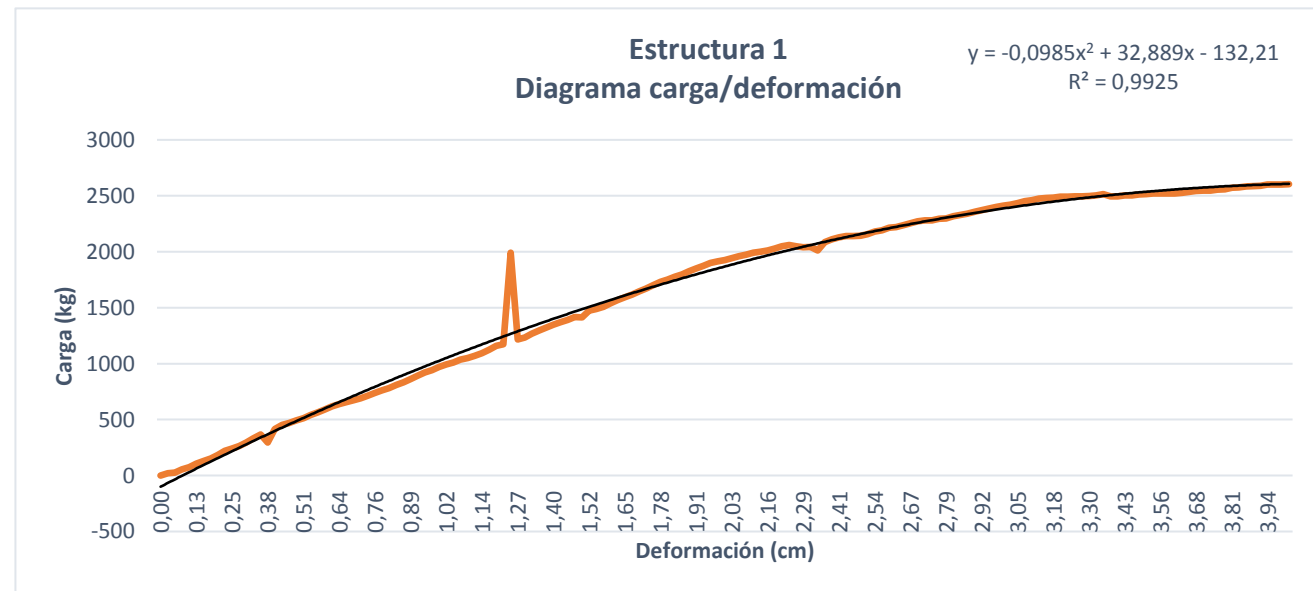
B) Ensayo de conexiones empernadas con reforzamiento de mortero de cemento en las uniones

Estructura 1:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
75	0,10
184	0,20
296	0,30
415	0,41
513	0,51
619	0,61
690	0,71
782	0,81
894	0,91
993	1,02
1071	1,12
1173	1,22
1268	1,32
1370	1,42
1475	1,52
1567	1,63
1672	1,73
1778	1,83
1873	1,93
1944	2,03
1999	2,13

2060	2,24
2012	2,34
2139	2,44
2179	2,54
2237	2,64
2281	2,74
2328	2,84
2386	2,95
2434	3,05

2481	3,15
2495	3,25
2505	3,43
2522	3,53
2526	3,63
2546	3,73
2576	3,84
2600	3,94
2604	4,01



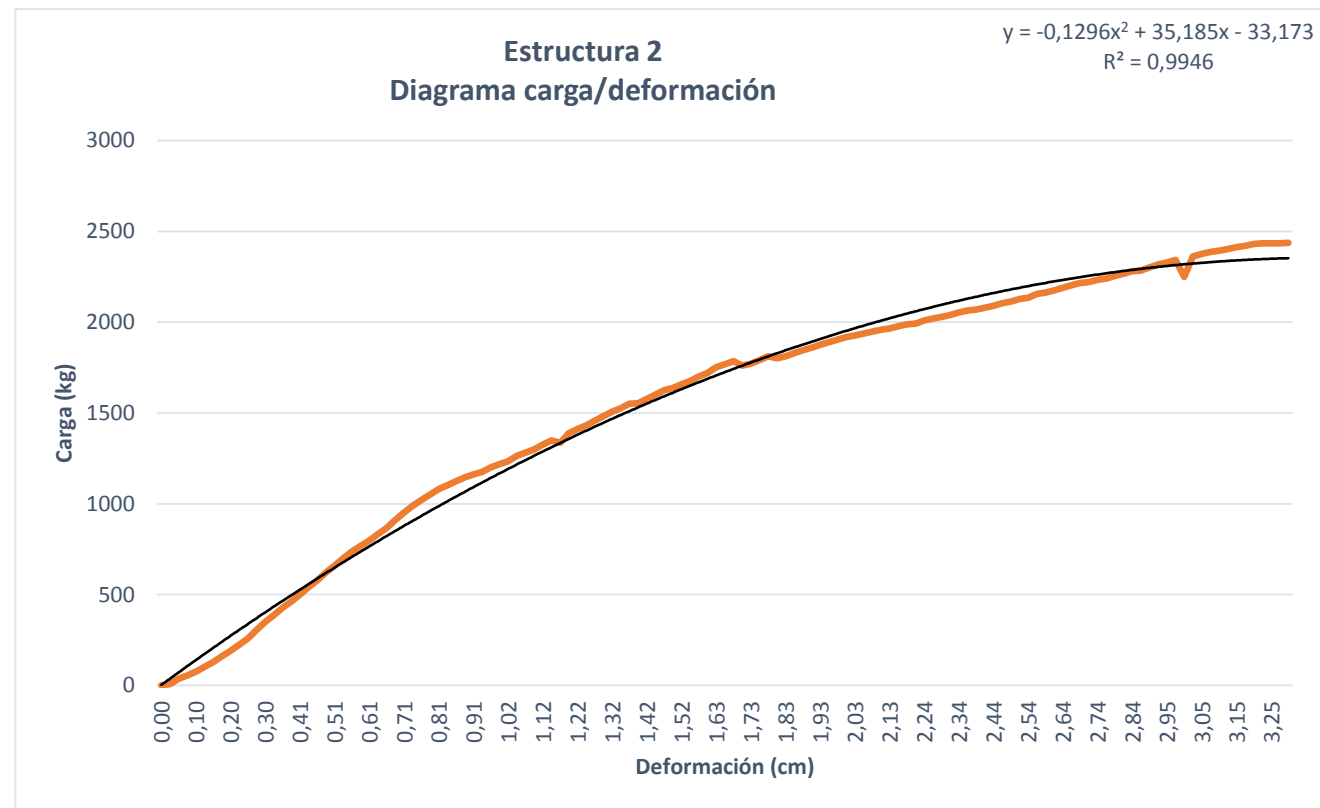


Estructura 2:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
75	0,10
190	0,20
350	0,30
500	0,41
659	0,51
799	0,61
952	0,71
1081	0,81
1162	0,91
1234	1,02
1326	1,12
1411	1,22
1506	1,32
1577	1,42
1659	1,52
1751	1,63
1771	1,73
1812	1,83
1876	1,93
1927	2,03
1965	2,13
2009	2,24

2053	2,34
2090	2,44
2135	2,54
2189	2,64
2233	2,74
2281	2,84

2328	2,95
2376	3,05
2413	3,15
2434	3,25
2434	3,28
2437	3,30

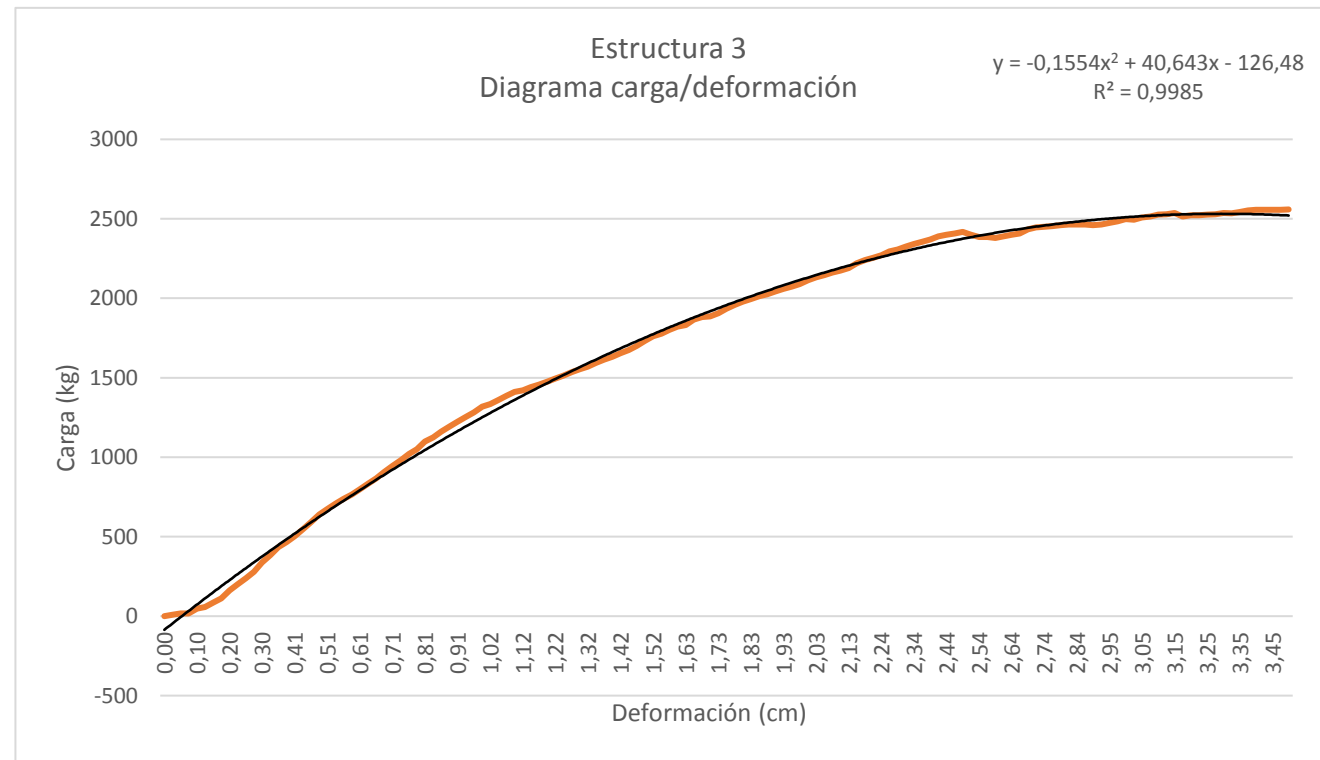



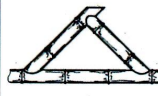
Estructura 3:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
48	0,10
163	0,20
337	0,30
503	0,41
673	0,51
799	0,61
945	0,71
1099	0,81
1224	0,91
1334	1,02
1421	1,12
1496	1,22
1570	1,32
1655	1,42
1761	1,52
1832	1,63
1907	1,73
1995	1,83
2060	1,93
2131	2,03
2190	2,13
2271	2,24

2342	2,34
2400	2,44
2386	2,54
2400	2,64
2451	2,74
2464	2,84
2475	2,95

2509	3,05
2536	3,15
2526	3,25
2543	3,35
2556	3,45
2556	3,48
2559	3,51



	ENSAYO DE UNIONES		FUC Numero:	001	
	Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca		Fecha de creación:	25/10/2018	
	Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas		Fecha de revisión:	25/10/2018	
	Instrumento tipo: Prensa universal carga máxima 100000kgf		Año lectivo:	2018-2019	

Proyecto: **APLICACIÓN DE LA CAÑA GUADÚA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE TINY HOUSE**
 Solicitado por: Arq. Alfredo Ordoñez

SISTEMA DE UNIONES EMPERNADAS

Fecha de roptura: 05/04/2018

	Estructura 1	Estructura 2	Estructura 3	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de la estructura	874	1186	928	996	Kg	Carga vertical
Carga última del cordón superior	616,17	836,13	654,24	702,18	Kg	Carga accial
Carga última del cordón inferior	437	593	464	498	Kg	Carga accial
Esfuerzo último del cordón superior	14,06	19,08	14,93	16,02	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión
Esfuerzo último del cordón inferior	9,97	13,53	10,59	11,36	Kg/cm ²	Esfuerzo de tracción
Esfuerzo último de cortante	152,80	207,34	162,24	174,13	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión ⊥
Esfuerzo último de compresión perpendicular	14,10	19,13	14,97	16,07	Kg/cm ²	Esfuerzo cortante
Deformación para la carga última de la estructura	6,83	10,71	9,44	8,99	cm	
Peso de la estructura	5,22	6,6	6,63	6,15	kg	
Relación Peso/Esfuerzo	0,0060	0,0056	0,0071	0,0062		

SISTEMA DE UNIONES EMPERNADAS CON MORTERO

Fecha de roptura: 05/04/2018

	Estructura 1	Estructura 2	Estructura 3	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de la estructura	2604	2437	2559	2533,33333	Kg	Carga vertical
Carga última del cordón superior	1835,82	1718,085	1804,095	1786	Kg	Carga accial
Carga última del cordón inferior	1302	1218,5	1279,5	1266,66667	Kg	Carga accial
Esfuerzo último del cordón superior	41,89	39,20	41,16	40,75	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión
Esfuerzo último del cordón inferior	29,71	27,80	29,19	28,90	Kg/cm ²	Esfuerzo de tracción
Esfuerzo último de cortante	126,53	118,42	124,34	123,10	Kg/cm ²	Esfuerzo de compresión ⊥
Esfuerzo último de compresión perpendicular	20,10	18,81	19,75	19,55	Kg/cm ²	Esfuerzo cortante
Deformación para la carga última de la estructura	4,01	3,3	3,56	3,62	cm	
Peso de la estructura	18	17,3	17,5	17,60	kg	
Relación Peso/Esfuerzo	0,0069	0,0071	0,0068	0,0069		

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas, edison.castillo@ucuenca.edu.ec, 0983367390, 4051102 ext. 2150

Responsable:



Arq. Edison Castillo C.

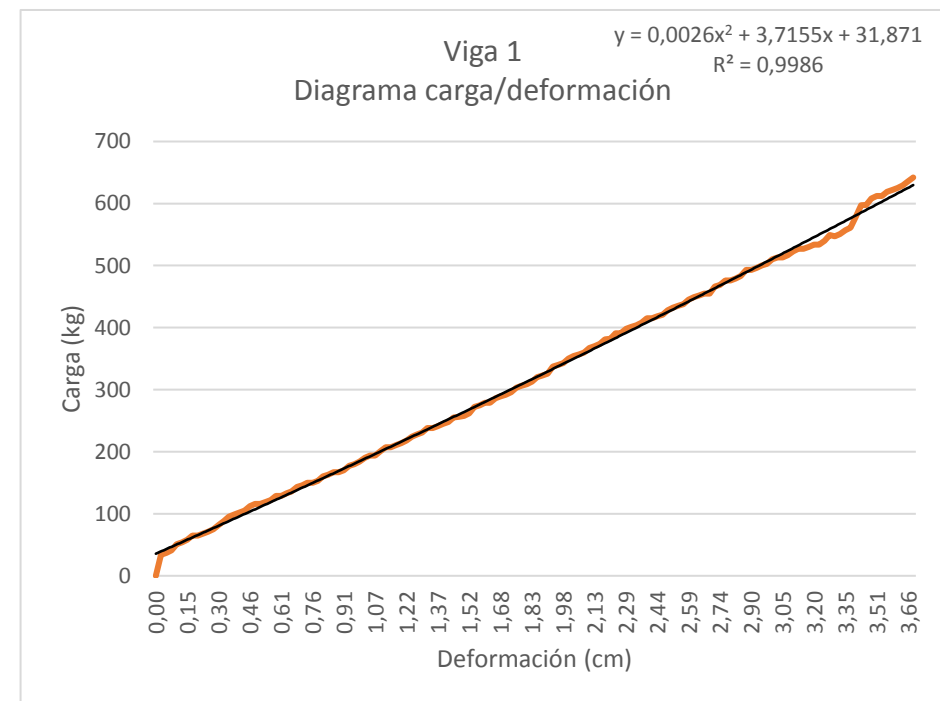
ANEXOS 3:
VALORES DE CARGA/DEFORMACIÓN DE LOS ENSAYOS DE VIGAS A FLEXIÓN
A) Vigas del nivel +0,84
Viga 1:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
51	0,10
65	0,20
82	0,30
102	0,41
116	0,51
129	0,61
146	0,71
160	0,81
170	0,91
190	1,02
207	1,12
218	1,22
238	1,32
238	1,35
255	1,45

272	1,55
286	1,65
303	1,75
320	1,85
340	1,96
357	2,06
374	2,16
391	2,26
408	2,36
421	2,46
438	2,57
455	2,67
483	2,84
500	2,95
513	3,05
527	3,15
540	3,25
557	3,35

598	3,45
619	3,56

636	3,66
642	3,68



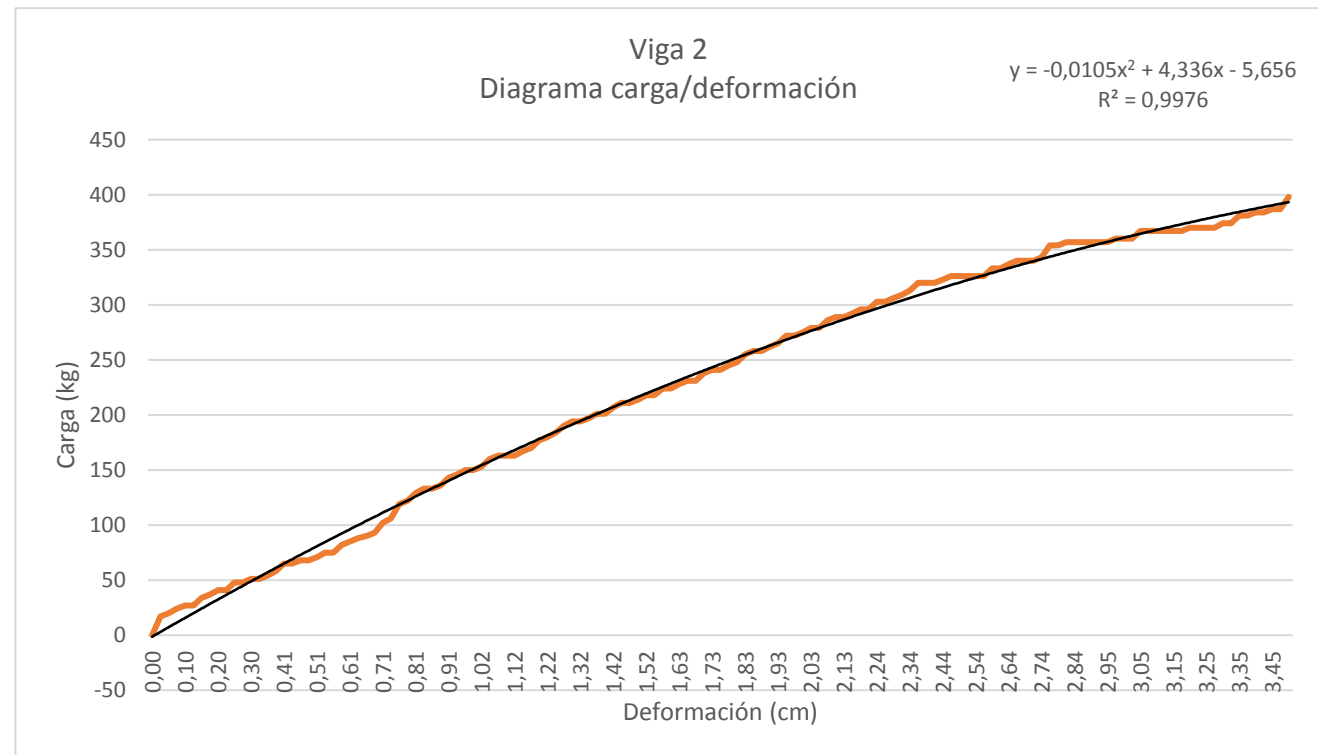


Viga 2:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
27	0,10
41	0,20
51	0,30
65	0,41
71	0,51
85	0,61
102	0,71
129	0,81
143	0,91
153	1,02
163	1,12
180	1,22
194	1,32
207	1,42
218	1,52
228	1,63
241	1,73
255	1,83
265	1,93
279	2,03
289	2,13
303	2,24

313	2,34
323	2,44
326	2,54
337	2,64
343	2,74
357	2,84
357	2,95

367	3,05
367	3,15
370	3,25
381	3,35
387	3,45
387	3,48
398	3,51





B) Vigas del nivel +3,08

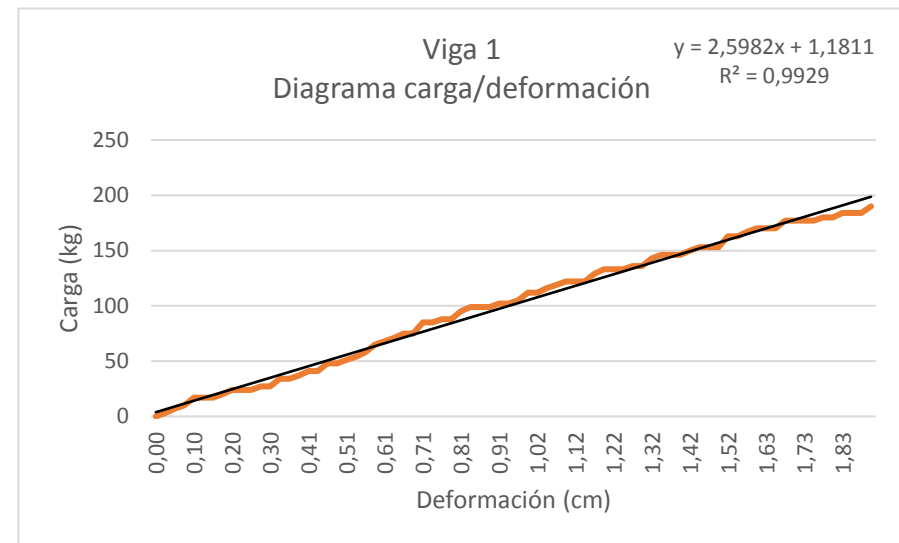
Viga 1:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
3	0,03
7	0,05
10	0,08
17	0,10
17	0,13
17	0,15
20	0,18
24	0,20
24	0,23
27	0,28
27	0,30
34	0,33
34	0,36
37	0,38
41	0,41
41	0,43
48	0,46
48	0,48
51	0,51
58	0,56
65	0,58
68	0,61

71	0,64
75	0,66
75	0,69
85	0,71
85	0,74
88	0,76
88	0,79
99	0,84
99	0,86
99	0,89
102	0,91
102	0,94
105	0,97
112	0,99
112	1,02
116	1,04
119	1,07
122	1,12
122	1,14
129	1,17
133	1,19
133	1,22
133	1,24
136	1,27

136	1,30
143	1,32
146	1,35
146	1,40
150	1,42
153	1,45
153	1,47
153	1,50
163	1,52
163	1,55
167	1,57

170	1,60
170	1,63
177	1,68
177	1,70
177	1,73
177	1,75
180	1,78
180	1,80
184	1,83
184	1,85
190	1,91



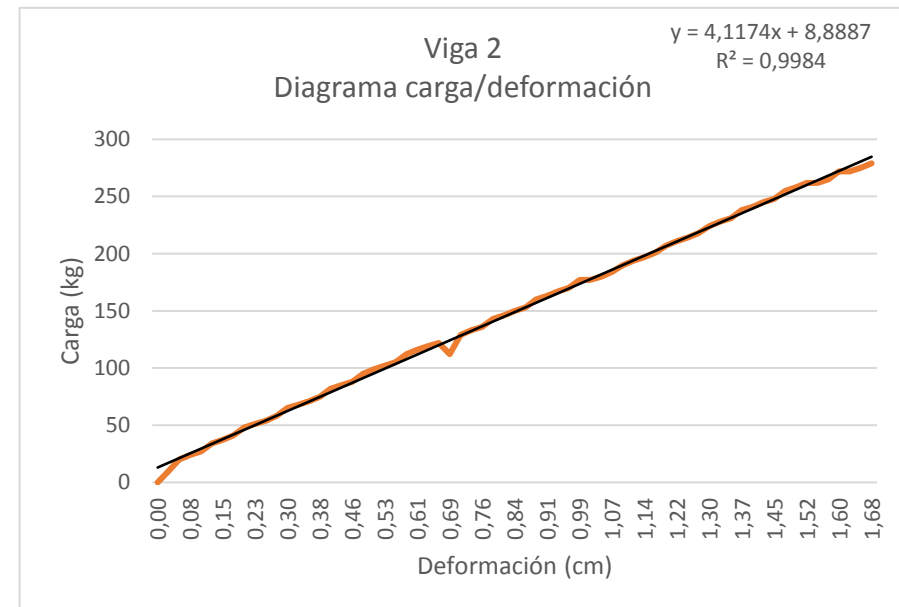
Viga 2:

Carga (kg)	Deformación (cm)
0	0,00
10	0,03
20	0,05
24	0,08
27	0,10
34	0,13
37	0,15
41	0,18
48	0,20
51	0,23
54	0,25
58	0,28
65	0,30
68	0,33
71	0,36
75	0,38
82	0,41
85	0,43
88	0,46
95	0,48
99	0,51
102	0,53

105	0,56
112	0,58
116	0,61
119	0,64
122	0,66
112	0,69
129	0,71
133	0,74
136	0,76
143	0,79
146	0,81
150	0,84
153	0,86
160	0,89
163	0,91
167	0,94
170	0,97
177	0,99
177	1,02
180	1,04
184	1,07
190	1,09
194	1,12
197	1,14

201	1,17
207	1,19
211	1,22
214	1,24
218	1,27
224	1,30
228	1,32
231	1,35
238	1,37
241	1,40
245	1,42

248	1,45
255	1,47
258	1,50
262	1,52
262	1,55
265	1,57
272	1,60
272	1,63
275	1,65
279	1,68





	ENSAYO DE CONEXIONES EN VIGAS DE GUADÚA A FLEXIÓN		Numero:	002	
	Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca		Fecha de creación:	25/10/2018	
	Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas		Fecha de revisión:	25/10/2018	
	Instrumento tipo: Prensa universal carga máxima 100000kgf		Año lectivo:	2018-2019	

Proyecto: **APLICACIÓN DE LA CAÑA GUADÚA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE TINY HOUSE**
Solicitado por: Arq. Alfredo Ordoñez

VIGAS DEL NIVEL +0,84

Fecha de roptura: 14/06/2018

	Viga 1	Viga 2	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de flexión	642	398	505	kg	Carga Vertical
Deformación última	3,68	3,51	3,51	cm	Deformación por flexión
Carga de diseño	300	300	300	Kg	Carga distribuida
Carga de diseño aplicada	190	190	190	kg	Carga Vertical
Deformación admisible	1,47	1,47	1,47	cm	Deformación por flexión
Deformación real a los 190kg de carga	1,02	1,27	1,17	cm	Deformación por flexión

VIGAS DEL NIVEL +3,08

Fecha de roptura: 14/06/2018



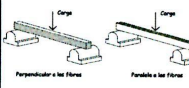
	Viga 1	Viga 2	Promedio	Unidad	Tipo de acción
Carga última de flexión	190	279	228	kg	Carga Vertical
Deformación última	1,91	1,68	1,68	cm	Deformación por flexión
Carga de diseño	300	300	300	Kg	Carga distribuida
Carga de diseño aplicada	190	190	190	kg	Carga Vertical
Deformación admisible	1,47	1,47	1,47	cm	Deformación por flexión
Deformación real a los 190kg de carga	1,91	1,09	1,37	cm	Deformación por flexión

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas, edison.castillo@ucuenca.edu.ec, 0983367390, 4051102 ext. 2150

Responsable:

Arq. Edison Castillo C.

ANEXOS 4:
Ensayo a flexión de laminados de guadúa:
Informe de laboratorio

	ENSAYO A FLEXIÓN DE LAMINADOS DE GUADÚA 	Numero:	003	
	Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca	Fecha de creación:	25/10/2018	
	Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas	Fecha de revisión:	25/10/2018	
	Instrumento tipo: Prensa ADR Touch 111kn	Año lectivo:	2018-2019	

Proyecto: **APLICACIÓN DE LA CAÑA GUADÚA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE TINY HOUSE**
 Solicitado por: Arq. Alfredo Ordoñez

CARGA PARALELA A LAS FIBRAS

Fecha de roptura: 16/04/2018

Probeta	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Por. De Humedad (%)	Carga última (kg)	Modulo de Ruptura (kg/cm ²)
V1	155,1	147,7	4,22	336	1161,22
V2	157,2	150,7	4,13	331	1143,94
V3	155,6	147,4	5,27	324	1119,74
Vp	155,97	148,62	4,71	330,33	1141,63

CARGA PERPENDICULAR A LAS FIBRAS

Fecha de roptura: 16/04/2018

Probeta	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Por. De Humedad (%)	Carga última (kg)	Modulo de Ruptura (kg/cm ²)
H1	149,2	142,9	4,22	314	1085,18
H2	161,9	152,5	5,81	308	1064,45
Hp	155,55	147,7	5,01	311	1074,82

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas,
 edison.castillo@ucuenca.edu.ec, 0983367390, 4051102 ext. 2150

Responsable:



Arq. Edison Castillo C.