

**PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS
CON RECUBRIMIENTO EN CONCRETO**

**JUAN SEBASTIÁN QUECAN ANGULO
JAVIER VICENTE BEJARANO**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
BOGOTÁ D.C. 2018**

**Paneles Prefabricados en Guadua Angustifolia para Entrepisos con Recubrimiento en
Concreto**

Juan Sebastián Quecan Angulo

Javier Vicente Bejarano

**Proyecto Presentado para Optar al Título de Tecnólogo en Construcciones
Arquitectónicas**

Coordinador Ptca y Docente de Proyecto

Arq. Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos

Universidad La Gran Colombia

Facultad De Arquitectura

Tecnología En Construcciones Arquitectónicas

Bogotá D.C., mayo de 2018

Nota de Aceptación

Observaciones

Firma del Presidente Jurado

Jurado

Jurado

Bogotá, mayo de 2018

Tabla de Contenido

Introducción.....	14
Marco Conceptual	16
Entrepisos	16
Clasificación de los Entrepisos.....	17
Tipos de Entrepisos	17
Entrepisos en hormigón armado.....	17
Losas de entepiso realizadas en obra.	19
Entepiso en hormigón armado como losa maciza.....	19
Proceso constructivo de losas macizas.	20
Entrepisos en hormigón armado como losa aligerada.	22
Proceso constructivo de losas aligeradas.....	23
Losas de entepiso semi-prefabricadas.....	25
Losas de entepiso prefabricadas.....	25
Pisos metálicos.	25
Entrepisos metaldeck.....	26
Ventajas y desventajas.....	27
Proceso constructivo.....	27
Placa colaborante sobre vigas de concreto.	31
Placa colaborante sobre vigas metálicas.....	32
Entrepisos livianos con perfiles de acero (construcción en seco).	33
Ventajas y desventajas.....	33
Características.....	33
Componentes.	34
Proceso constructivo.....	36
Guadua.....	38
Partes de la guadua.....	38
Usos y características de la guadua angustifolia.	40

Propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia.	40
Proceso de selección.....	41
Corte, curado y secado de la guadua.	41
Construcción con guadua angustifolia.	43
Protección por diseño (dados y acoples).	43
Uniones.	44
Entalladuras utilizadas en la unión de piezas de bambú.....	46
Marco Referencial	47
Entrepiso con Guadua a la Vista.....	47
Proceso constructivo	47
Placa Fácil Bloquelon.....	50
Ventajas.	50
Componentes.	50
El bloquelon.....	50
Perfiles de entrepiso lamina abierta.....	51
Proceso constructivo.	51
En mampostería estructural reforzada o confinada.	51
En estructura existente en concreto.	53
Concepto de trabajo.....	54
Instalaciones hidráulicas y eléctricas.	54
Instalaciones sanitarias.	54
Vigas de confinamiento del sistema.....	55
Muros sobre la placa.	55
Recomendaciones generales.....	56
Tipos de acabados.	56
Marco Normativo	57
NSR10 Titulo B – Cargas.....	57
Capítulo B.3 - cargas muertas.	57
Capitulo B.4 - cargas vivas.	57
B 4.2 - cargas vivas uniformemente repartidas.	57

NSR10 Titulo E – Casas de I y II Pisos.....	58
Capítulo E.1 - introducción.	58
Capítulo E.5 - losas de entrepiso, cubiertas, muros divisorios y parapetos.	58
NSR10 Titulo G – Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua	59
Capitulo G.12 – estructuras de guadua.....	59
Manual de Construcción Sismo Resistentes de Viviendas en Bahareque Encementado, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.	61
Paneles Prefabricados en Guadua Angustifolia para Entrepisos	62
Antecedentes.....	62
Propuesta inicial del panel prefabricado.	63
Mejoras del panel, segunda propuesta.....	64
Ajustes finales.	66
Elementos del Panel	67
Medidas de los Paneles.....	69
Elaboración de Formaletas para Fundir Paneles	71
Herramientas y elementos requeridos.	71
Proceso de elaboración de la formaleta.....	72
Elaboración del Panel	74
Herramientas y elementos requeridos.	74
Proceso de elaboración de panel tipo I.....	74
Medias guadas.	74
Unión y enmallado de medias guadas.	75
Incorporación de guadas y ajuste en formaleta.	76
Vertido de concreto.	77
Desencofrado de paneles.	77
Ficha técnica panel tipo I (media guadua).....	78
Proceso de elaboración de panel tipo II.	79
Corte y unión de guadas.	79
Distanciadores e incorporación de guadas.	80
Anclaje de guadas a formaleta.....	80

Vertido de concreto.	80
Desencofrado de paneles.	81
Ficha técnica panel tipo II.	82
Pruebas de Carga a Paneles	82
Sistema de Entrepiso con Paneles en Guadua Angustifolia (Tipo 1 y 2)	85
Ventajas del Uso de Paneles con Guadua en la Elaboración de Entrepisos	88
APU – Análisis de Precios Unitarios.....	88
Conclusiones.....	90
Bibliografía.....	91
Anexos.....	95

Índice de Anexos

Anexo 1. Memorias de cálculo de volúmenes de guadua y concreto.....	95
---	----

Índice de Figuras

Figura 1. Tipos de apoyos para losas de entrepiso.	18
Figura 2. Elementos del proceso constructivo.....	21
Figura 3. Sección de losa aligerada.	23
Figura 4. Geometría metaldeck 2”.....	26
Figura 5. Sistema Metaldeck.	26
Figura 6. Geometría metaldeck 3”.....	27
Figura 7. Dirección y colocación.....	28
Figura 8. Posición de colocación de las láminas de acero.....	28
Figura 9. Apuntalamiento de las láminas de acero.....	29
Figura 10. Fijación lateral de lámina.	29
Figura 11. Instalación de redes.	30
Figura 12. Instalación malla electrosoldada.	30
Figura 13. Colocación de concreto.	31
Figura 14. Amarre a viga de concreto.	32
Figura 15. Amarre a viga metálica.	32
Figura 16. Componentes del sistema.....	34
Figura 17. Detalle del entrepiso.....	35
Figura 18. Elementos del entrepiso.	35
Figura 19. Requerimientos de acuerdo con el peso.....	37
Figura 20. Partes de la guadua.....	39
Figura 21. Componentes del tallo de guadua.	40
Figura 22. Esfuerzos que soporta la guadua.	41
Figura 23. Corte de la guadua.....	42
Figura 24. Secado de la guadua.	42
Figura 25. Uniones pernadas para guadua.....	45
Figura 26. Entalladuras para uniones en guadua.	46
Figura 27. Anclaje de guaduas a muros.....	48
Figura 28. Anclaje de guaduas a muros.....	49
Figura 29. Instalación de bloquelones.	52

Figura 30. Vertimiento de concreto.....	53
Figura 31. Instalación de bloquelon en estructura en concreto.	53
Figura 32: Trabajo del sistema de entrepiso.....	54
Figura 33. Muros sobre placa.	55
Figura 34. Medidas panel tipo I.....	70
Figura 35: Medidas vista frontal panel tipo I.	70
Figura 36: Medidas panel tipo II.	70
Figura 37: Vista frontal panel tipo II.	71
Figura 38. Medidas tablas para panel tipo I y II.....	72
Figura 39. Corte perpendicular de vigas en guadua.	86
Figura 40. Instalación de las vigas sobre el muro. Corte perpendicular.....	87
Figura 41. Instalación de las vigas. Vista lateral.	87
Figura 42: Instalación de paneles en vigas de guadua.....	87

Índice de Imágenes

Imagen 1. Elementos del proceso constructivo.	22
Imagen 2. Losa prefabricada en concreto.	25
Imagen 3. Cultivo de guadua angustifolia.	38
Imagen 4. Curado y secado de la guadua.	43
Imagen 5. Dados y acoples para guadua.....	44
Imagen 6. Entrepiso en guadua a la vista.	47
Imagen 7. Instalación de vigas de guadua y laminas.....	48
Imagen 8. Instalación del piso sobre viguetas de guadua.....	50
Imagen 9. Instalación de perfiles y apuntalamiento.	52
Imagen 10. Instalaciones hidráulicas y eléctricas.....	54
Imagen 11. Instalaciones sanitarias en el sistema.....	55
Imagen 12. Acabados parte inferior del bloquelon.....	56
Imagen 13. Paneles tipo I (media guadua) y tipo II (guadua embebida).....	62
Imagen 14. Propuesta inicial panel prefabricado.....	64
Imagen 15. Panel prefabricado a escala 1:2 (con cañas).	65
Imagen 16. Panel prefabricado con losa en concreto, escala 1:2.	65
Imagen 17. Paneles tipo I (media guadua) y tipo II (guadua embebida).....	66
Imagen 18. Peso de paneles tipo I (media Guadua) y tipo II (guadua embebida).....	67
Imagen 19. Guadua envuelta en malla, panel tipo I y II.....	68
Imagen 20. Propuesta de vigas para paneles.	69
Imagen 21. Vista frontal formaletas para panel tipo I y II.	73
Imagen 22. Formaleta para panel tipo I.....	74
Imagen 23. Corte de guadua	75
Imagen 24. Unión medias guadas y enmallado.	76
Imagen 25. Incorporación de guadas en formaleta y ajuste.	76
Imagen 26. Vertido de concreto.	77
Imagen 27. Fraguado y desencofrado.....	78
Imagen 28. Unión de guadas con alambre.....	79
Imagen 29. Incorporación de guadas en formaleta.....	80

Imagen 30. Vertido de concreto y fraguado.	81
Imagen 31. Desencofrado de panel.....	81
Imagen 32. Peso de panel tipo I.....	83
Imagen 33. Peso de cada bloque.....	83
Imagen 34. Peso que soporto el panel tipo I.....	84
Imagen 35. Peso panel tipo II.	84
Imagen 36. Peso que soporto panel tipo II.	85
Imagen 37. Vigas en guadua.....	86
Imagen 38. Paneles sobre vigas.....	86

Índice de Tablas

Tabla 1. Espesor mínimo de losas de concreto de acuerdo con su tipo.....	18
Tabla 2. Cantidad de acero para losas macizas en condiciones y cargas típicas de vivienda. ..	20
Tabla 3. Tipos de láminas de fibrocemento para entrepisos.....	34
Tabla 4: Especificaciones del bloquelon.	51
Tabla 5: Especificaciones de los perfiles.....	51
Tabla 6: Ficha técnica panel tipo I.....	78
Tabla 7: Ficha técnico panel tipo II.	82
Tabla 8: Análisis de precio unitario panel tipo 1.....	88
Tabla 9: Análisis de precio unitario panel tipo 2.....	88
Tabla 10: Análisis de precio unitario sistema con panel tipo 1.	89
Tabla 11: Análisis de precio unitario sistema con panel tipo 2.	89

Introducción

El sector de la construcción tiene un impacto importante en el medio ambiente, llegando a ser el tercero más contaminante del planeta luego del sector de transporte y de la industria de explotación de recursos naturales, es uno de los sectores que consume más energía para la fabricación de sus componentes, que genera alrededor de un 50% de los residuos materiales, y que contribuye en gran medida al efecto invernadero en nuestro planeta. La preocupación de algunos estados, entidades y personas con relación a esta situación ha hecho que se investigue y se implementen nuevos materiales en la construcción de edificaciones, así como procesos constructivos que mitiguen estos problemas.

Una de las alternativas estudiadas en Colombia por su viabilidad y economía ha sido el uso de la Guadua Angustifolia la cual proviene de la familia del Bambú y es una especie de planta abundante en Colombia, más específicamente en el eje cafetero (De Navas, 2011). Esta increíble planta tiene una edad de madurez de 4 años, lo que nos permite poder aprovechar sus beneficios en poco tiempo y cuenta con excelente comportamiento ante esfuerzos de compresión y tracción (18N/mm^2 y 4.18 N/mm^2 respectivamente). Para el caso de los entrepisos hechos con Guadua, los sistemas empleados actualmente comprenden tortas de concreto fundidas monolíticamente con las Guaduas embebidas en esta, y tortas de concreto fundidas sobre las Guaduas; ninguna contempla el uso de sistemas prefabricados lo que resta practicidad y pueden ser susceptibles a errores constructivos.

Así pues, se establece el objetivo de este proyecto el cual va dirigido a diseñar paneles de entrepiso prefabricados con Guadua Angustifolia que reduzcan el impacto negativo en el medio ambiente, sean prácticos a la hora de instalar, reduzcan los tiempos en obra y por ende los costos, y que sea una alternativa para remplazar las pesadas placas prefabricadas en concreto macizo; todo esto sin perder su capacidad de soportar cargas vivas y muertas. Teniendo claro que las uniones entre Guaduas implican un punto potencial de falla, más específicamente en las partes donde los pernos atraviesan las Guaduas, los paneles están

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

diseñados sin este tipo de uniones y estos a su vez se acoplan adecuadamente a un sistema estructural conformado por vigas que sostienen los paneles.

Marco Conceptual

Debido a que el proyecto de esta monografía consiste en desarrollar un componente del entrepiso, es fundamental incorporar todos los conceptos que se refieren a los entrepisos y a los elementos que los componen.

Entrepisos

“Es un elemento de la construcción que separa horizontalmente los diferentes niveles de la edificación y constituye a la vez el techo (...) del piso inferior y el piso del superior” (EcuRed, s.f.). El entrepiso debe garantizar el aislamiento del ruido y de la temperatura. Los entrepisos son usados para brindar superficies planas y útiles, y tienen la responsabilidad de soportar las cargas verticales derivadas de su propio peso, los acabados, y las divisiones, así como las derivadas de las cargas vivas de acuerdo con el uso destinado de la edificación (mobiliario y personas).

Los pisos se componen de tres partes diferentes: la primera, es la encargada de la sustentación como lo son las vigas metálicas, de madera, prefabricadas en hormigón armado, así como también los forjados de relleno como lo son las losas de hormigón armado macizas o con nervaduras. La segunda parte es el revestimiento que constituye el acabado y que descansa sobre la estructura de sustentación, puede ser baldosa, madera laminada, láminas de fibrocemento, etc. La tercera parte es el techo que está debajo del elemento de sustentación, que puede ser en drywall, lamina de fibrocemento y madera entre otros (Zechinelli, s.f.).

Los entrepisos deben ofrecer aislamientos térmico y acústico, Según Seeley

El aislamiento térmico se consigue con materiales ligeros y porosos y mediante colchones de aire; el aislamiento acústico se obtiene (contra los

ruidos aéreos) por medio del aumento del peso de la masa y con el empleo de materiales elásticos convenientemente dispuestos (1993, pág. 182).

Clasificación de los Entrepisos

Según la dirección de carga las losas o placas de entrepiso se pueden clasificar así:

Losas unidireccionales.

En este tipo de losas la carga se transmite en una dirección, hacia los muros portantes. Por lo general son rectangulares en donde un lado mide 1,5 veces más que el otro (Contrucción, 2009).

Losas bidireccionales.

En este tipo de losas las cargas se transmiten en 2 direcciones, por lo que es un requisito contar con muros portantes en los cuatro costados de la placa. La relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la placa debe ser menor a 1.5 veces (Contrucción, 2009).

Tipos de Entrepisos

Existe gran cantidad de tipos de entrepisos, los cuales se pueden clasificar de acuerdo con el material que los componen, si son hechos en obra, semi-prefabricados o prefabricados.

Entrepisos en hormigón armado.

Los entrepisos en hormigón armado están hechos de concreto, son fundidos en sitio y están armados con barras de acero. Se componen de losas y vigas proyectadas para transmitir las cargas a las columnas o muros portantes, que a su vez las transfieren a la cimentación (Contrucción, 2009). Estas losas requieren formaleas generalmente formando una cama en

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

forma de tableros o entarimados sobre apoyos como cerchas, sostenidos por parales, y arriostrados por diagonales.

Las losas de entrepiso deben ser suficientemente rígidas para garantizar que todos los muros se muevan uniformemente en caso de sismo. Si la losa se construye con elementos prefabricados se deben unir entre ellos y deben conectarse a las vigas perimetrales. Existen dos tipos de entrepisos en concreto reforzados armados en sitio: De losa maciza y de losa aligerada. El espesor mínimo de la losa depende del sistema de entrepiso y del tipo de apoyo o elementos de soporte (tabla 1).

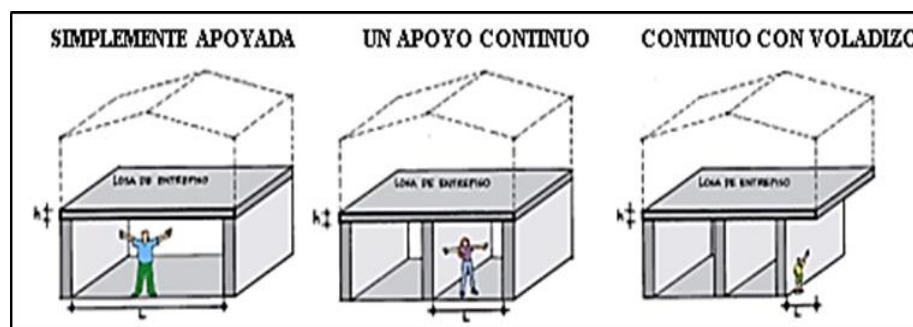
Tabla 1. Espesor mínimo de losas de concreto de acuerdo con su tipo.

Tipo de losa	Condición de apoyo		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	$L/20$	$L/24$	$L/10$
Aligerada (viguetas en una dirección)	$L/16$	$L/18.5$	$L/8$

Nota: Mínimo de espesor de losas de concreto reforzado para losas macizas y aligeradas. Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997, pág. E17).

De acuerdo con la tabla anterior el tipo de losa aligerada y simplemente apoyada tiene relación de altura de $L/16$. El sistema de entrepiso compuesto por los paneles propuestos en este proyecto cubre una luz de 3 mts, al dividirla entre 16 el resultado es 18,75 cm de altura, lo que concuerda con la altura del entrepiso que es de 19 cm.

Figura 1. Tipos de apoyos para losas de entrepiso.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2001, pág. 1_37).

Gracias a su condición monolítica asegura un buen amarre entre los elementos portantes, es de poco espesor y muy resistente a cargas; la considerable masa del hormigón ofrece una inercia favorable a la absorción de los ruidos aéreos. Entre las desventajas que tiene, es que requiere de formaleta, es costoso frente a los otros sistemas del mercado, es pesado y debido a los materiales empleados (cemento y aceros) tiene un alto consumo energético en su fabricación (figura 1).

Presenta dificultades, una vez fundido, para el paso de instalaciones eléctricas y sanitarias.

Los entrepisos de hormigón armado tienen tres tipos de losas: **Losas realizadas en obra** (losa maciza, losa nervada o aligerada); requieren encofrado, **Losas semi-prefabricadas** que tienen elementos prefabricados que actúan como formaletas y que en obra requieren la mayor parte de la sección comprimida en hormigos, y las **Losas prefabricadas** y se instalan tal cual como salen de fábrica, y constituyen el elemento portante completo (Ardón, Dardón, & Torres, 2007).

Losas de entrepiso realizadas en obra.

Las características del hormigón y del acero deben cumplir con las normas que están en vigor en el lugar donde se está implementando.

Entrepiso en hormigón armado como losa maciza.

Este tipo de entrepiso este hecho en concreto y acero y son fundidos en sitio de forma monolítica. Están armados con barras de acero que forman una parrilla (en ambas direcciones), sin embargo, de acuerdo con como este la losa apoyada deberá tener más cantidad de refuerzo en un sentido que en otro. El espesor de este tipo de losa y el acero que debe conformarla se determina a partir del análisis estructural, que tiene en cuenta la luz que debe cubrir, el tipo de apoyo y el peso que va a soportar.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Si la losa cuenta con muros de apoyo en las cuatro direcciones, su dirección principal será la del sentido más corto, en cambio si es cuadrada la dirección puede ser cualquiera de las dos. Si la losa cuenta con muros solo en 2 lados, necesariamente opuestos, la dirección será la perpendicular a los lados.

El tipo de acero que debe colocarse a la losa debe seleccionarse (tabla 2) y teniendo en cuenta que es solo para condiciones y cargas típicas de vivienda.

Tabla 2. Cantidad de acero para losas macizas en condiciones y cargas típicas de vivienda.

Luz de diseño (m)	Espesor (cm)	Refuerzo	
		Principal (a)	Secundario (b)b
1.0 – 2.0	8	1 varilla de $\frac{1}{2}$ c/30 cm	1 varilla de $\frac{1}{4}$ c/20 cm
2.1 – 2.5	10	1 varilla de $\frac{1}{2}$ c/30 cm	1 varilla de $\frac{1}{4}$ c/15 cm
2.6 – 3.0	12	1 varilla de $\frac{1}{2}$ c/25 cm	1 varilla de $\frac{3}{8}$ c/25 cm
3.1 – 3.5	15	1 varilla de $\frac{1}{2}$ c/25 cm	1 varilla de $\frac{3}{8}$ c/20 cm
3.6 – 4.0	18	1 varilla de $\frac{1}{2}$ c/20 cm	1 varilla de $\frac{1}{4}$ c/15 cm arriba y abajo

Nota: Mínimo de espesor de losas de concreto reforzado para losas macizas y aligeradas. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997, pág. E_18).

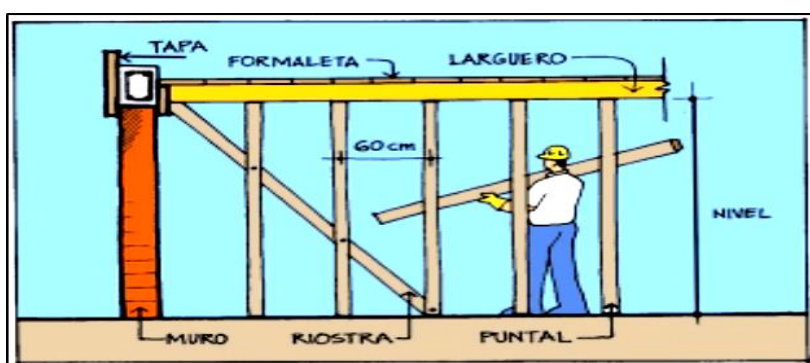
Proceso constructivo de losas macizas.

- **Herramientas:** Para el proceso constructivo se requieren las siguientes herramientas: serrucho, escuadra, martillo, marco de sierra con segueta, gancho para amarrar el acero (bichiroque), pala, pica, palustre, boquillera, grifa (perro), flexómetro, hilo, lápiz.
- **Equipo:** Mezcladora, andamio, escalera, baldes, banco para figurar el acero, carretilla.
- **Materiales:** Madera, clavos de 3", 2", 2 1/2", acero de refuerzo, tuberías PVC sanitaria y eléctrica, alambre cocido no. 18, cemento, arena, triturado, agua, impermeabilizante.
- **Preparación:** Primero que todo se debe consultar las especificaciones y alistar los materiales, y nivelar el piso desde donde se van a tomar las medidas.

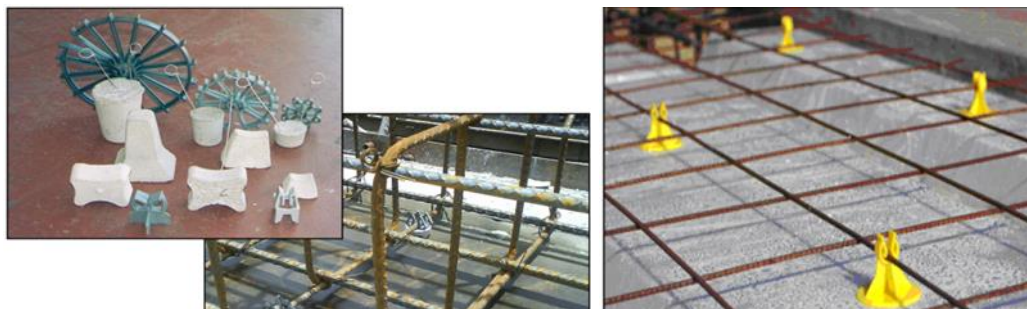
PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

- **Apuntalado:** Se colocan los largueros sobre puntales que deben ir a cada 60 cm., luego se nivelan los largueros y se acuñan los puntales, los cuales van arriostrados, o sea sostenidos con diagonales para evitar su caída por desplazamiento lateral (figura 2).
- **Formaleta:** Se colocan tablas sobre los largueros lo más unidos posibles, formando una superficie ajustada con el fin de que el concreto no se salga por entre los espacios de las tablas.
- **Armar refuerzo:** Luego se coloca el refuerzo sobre la formaleta de acuerdo con los cálculos previos. El corte y doblado de hierros se realiza en taller o en obra o bien se adquiere cortado y doblado de acuerdo con planillas elaboradas con el proyecto. Queda como tarea de obra la colocación de armaduras sobre el encofrado, respetando diámetros, cantidad y separación de hierros, recubrimientos de hormigón. Para esta última tarea se utilizan separadores, los mismo pueden ser fabricados en obra o bien adquiridos en comercios, se pueden apreciar algunos en la imagen 1. Estos elementos se colocan con el fin de lograr una perfecta separación entre el encofrado y la armadura, y el hormigón alcance a cubrir la totalidad del elemento estructural. Los separadores deben cumplir su función sin producir perjuicios para la durabilidad de la estructura, esta aclaración se debe a que por lo general se utilizan elementos de la obra (cascotes, bolines o tirantes de madera) para reemplazar a estos y los mismos producen un puente de humedad o bien una discontinuidad de material.
- **Vaciado del concreto:** Se debe hacer con cuidado para evitar que la formaleta se pueda caer. Recuerde los cuidados y el procedimiento para hacer y vaciar concreto.

Figura 2. Elementos del proceso constructivo.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2001, pág. 1_41).

Imagen 1. Elementos del proceso constructivo.

Fuente: (Secretaría de La Contraloría General de la CDMX, 2008, pág. 4).

Entrepisos en hormigón armado como losa aligerada.

Son aquellas que utilizan un elemento como aligerante para reducir su peso e incrementar el espesor para darle mayor rigidez transversal a la placa.

Los aligerantes son recuperables cuando después de fraguado el concreto se puede sacar, con la posibilidad de usarlo en otras losas. Los aligerantes pueden ser de diferentes materiales, como cajones de madera, esterilla de guadua, icopor, y cuando se trata de viviendas de 1 y 2 pisos principalmente se usa ladrillos o bloques.

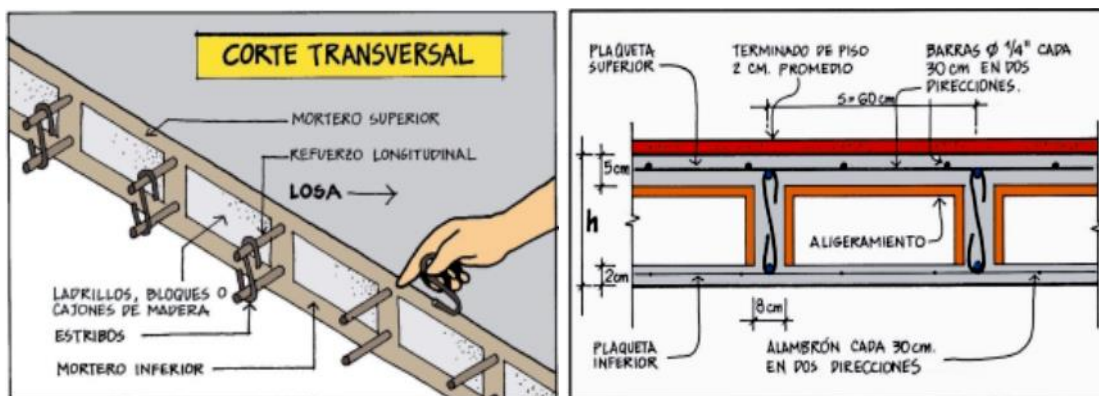
Los aligerantes son no recuperables cuando quedan inmersos en la placa sin posibilidad de recuperarlo. Para su uso, se funde o vacía primero una torta o capa de mortero con un espesor de 2.5 cm, reforzada con malla electrosoldada, luego se colocan los cajones aligerantes, se ubica el refuerzo de acuerdo con el plano estructural, se funde el hormigón y finalmente, en la parte superior del aligerante, se funde una capa (diafragma) monolítica con las nervaduras de la losa y de unos 5 cm de espesor.

En este sistema, la losa tiene cuatro componentes: Una torta inferior que se coloca sobre las tablas de la formaleta; los bloques o elementos aligerantes; la torta o plaqueta superior con refuerzo nominal y las viguetas en concreto reforzado. La torta inferior es un mortero con dosificación de 1:3 de 2 cm. de espesor que permite cubrir el aligeramiento y el refuerzo principal de la losa o elementos aligerantes.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Los bloques o elementos aligerantes se colocan de tal manera que formen las cavidades de las viguetas con separaciones entre si entre 50 y 70 cm (promedio de 60 cm). La plaqueta superior es un concreto fundido monolítico con el sistema de piso, con 5.0 cm espesor y debe tener un refuerzo de 1 varilla de $\frac{1}{4}$ de pulgada (numero 2) cada 30 cm en las dos direcciones. La sección típica de una placa aligerada se indica en la figura 3.

Figura 3. Sección de losa aligerada.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2001, pág. 1_42).

Proceso constructivo de losas aligeradas.

Para esta labor se requieren herramientas como lo son: Serrucho, escuadra, martillo, marco de sierra con segueta, gancho para amarrar el acero (bichiroque), pala, pica, palustre, boquillera, grifa (perro), flexómetro, hilo, lápiz. El Equipo para la construcción es: Mezcladora, andamio, escalera, baldes, banco para figurar el acero, carretilla.

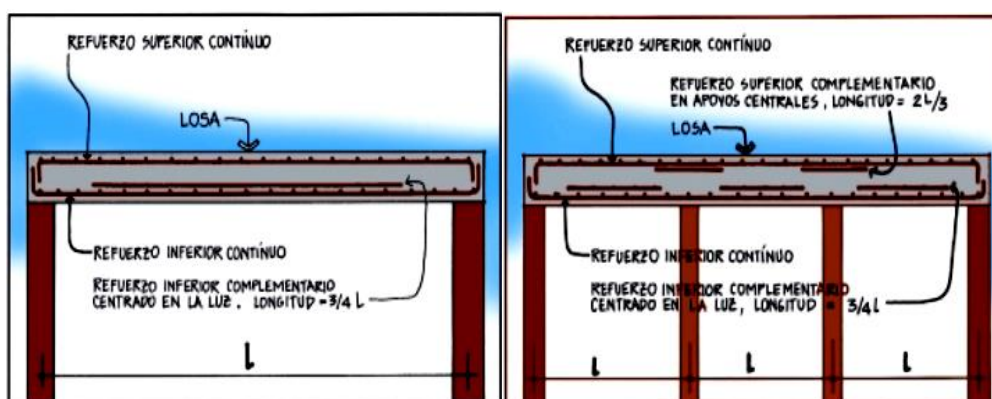
Para la preparación, primero que todo se debe consultar las especificaciones y alistar los materiales, y nivelar el piso desde donde se van a tomar las medidas, después de esto se hace el siguiente procedimiento.

- **Apuntalado:** Se colocan los largueros sobre puntales que deben ir a cada 60 cm., luego se nivelan los largueros y se acuñan los puntales, los cuales van arriostrados, o sea sostenidos con diagonales para evitar su caída por desplazamiento lateral.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

- **Formaleta:** Se colocan tablas sobre los largueros lo más unidos posibles, formando una superficie ajustada con el fin de que el concreto no se salga por entre los espacios de las tablas.
- **Armar refuerzo:** Luego se coloca el refuerzo sobre la formaleta de acuerdo con los cálculos previos. El corte y doblado de hierros se realiza en taller o en obra o bien se adquiere cortado y doblado de acuerdo con planillas elaboradas con el proyecto.
- **Instalación de Casetones o aligerantes:** Luego se colocan las armaduras sobre el encofrado, respetando diámetros, cantidad y separación de hierros, recubrimientos de hormigón. Para esta última tarea se utilizan separadores, los mismo pueden ser fabricados en obra o bien adquiridos en comercios. Estos elementos se colocan con el fin de lograr una perfecta separación entre el encofrado y la armadura, y el hormigón alcance a cubrir la totalidad del elemento estructural. Los separadores deben cumplir su función sin producir perjuicios para la durabilidad de la estructura, esta aclaración se debe a que por lo general se utilizan elementos de la obra para reemplazar a estos y los mismos producen un puente de humedad o bien una discontinuidad de material.
- **Vaciado del concreto:** Se debe hacer con cuidado para evitar que la formaleta se pueda caer. Recuerde los cuidados y el procedimiento para hacer y vaciar concreto. El ancho medio de viguetas es de 8 cm, su altura se calcula según la luz (espacio a cubrir), de acuerdo con la tabla 2 el refuerzo superior e inferior se distribuye como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Refuerzo de viguetas de losa aligerada.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2001, pág. 1_43).

Losas de entrepiso semi-prefabricadas.

Estos sistemas utilizan innovadoras viguetas prefabricadas de hormigón armado u hormigón pretensado. En algunas ocasiones se incorporan elementos cerámicos con la función de servir como encofrado de las losas. Muchos de estos pisos son muy buenos con relación al aislamiento térmico debido al vacío que hay entre ellos. Son prefabricados por que en cualquier caso requieren el hormigonado en obra de la parte comprimida del elemento portante.

Imagen 2. Losa prefabricada en concreto.

Fuente: (Mercado libre, s.l.)

Losas de entrepiso prefabricadas.

Este tipo de losas tienen como finalidad reducir los procesos de construcción en la obra; se fabrican, se transportan a la obra y se instalan. Después de la instalación de las losas prefabricadas, queda por realizar un procedimiento para tratar las juntas. Las ventajas primordiales de este sistema radican en su rapidez de instalación y la reducción de la humedad. Las capacidades de aislamiento térmico y acústico varían de acuerdo con el sistema empleado y a los materiales de este.

Pisos metálicos.

Los pisos metálicos son apropiados para grandes luces y fuertes cargas, tienen poco volumen y son adecuados para construcciones industriales. Se pueden realizar de forma rápida, gracias a los perfiles de aceros estandarizados y fáciles de conseguir en el mercado.

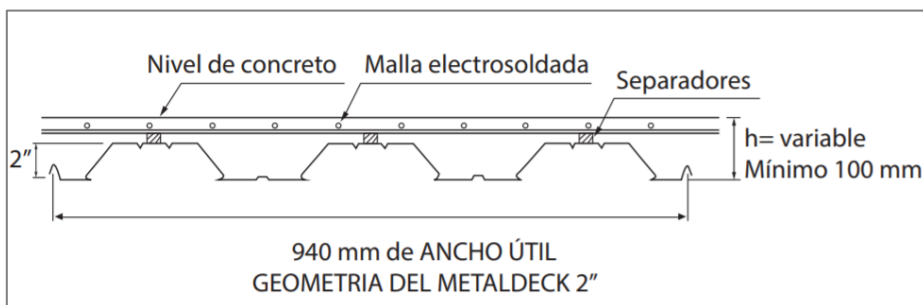
PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Los pisos metálicos están constituidos con vigas laminadas de tipo IPN, IPE, UPN, etc. La separación de las vigas depende del material de forjado utilizado como portante. La altura y el ancho de las viguetas dependen de la luz a vencer y la carga a soportar. El peso propio del entrepiso se calcula en cada caso particular. Los pisos ligeros fabricados con láminas de acero tienen interesantes posibilidades y ventajas. El revestimiento aplicado sobre estos pisos depende del material del forjado. Los aislamientos térmicos y acústicos utilizados determinan el nivel de confort de la edificación.

Entrepisos metaldeck.

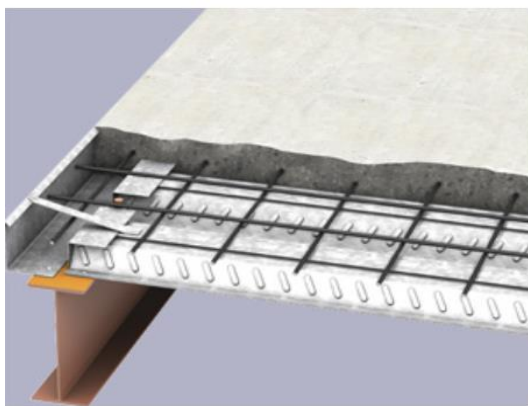
Es un sistema de elaboración de entrepisos que está compuesto por 3 elementos, una lámina metálica y una losa de concreto en forma monolítica y una malla electrosoldada.

Figura 4. Geometría metaldeck 2”.

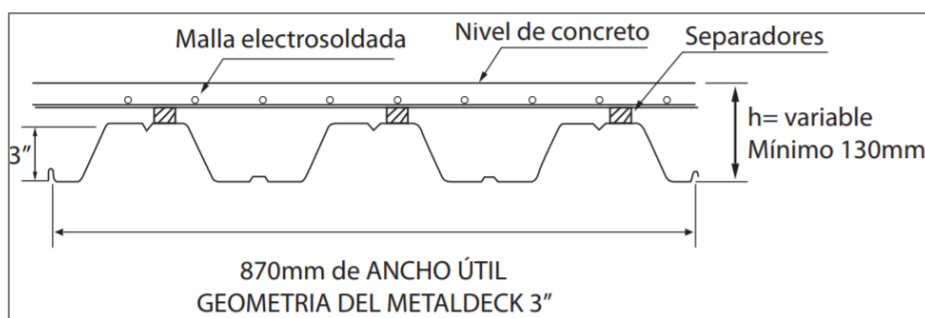


Fuente: (Acesco, s.f., pág. 7)

Figura 5. Sistema Metaldeck.



Fuente: (Arquigrafico, s.l.)

Figura 6. Geometría metaldeck 3".

Fuente: (Acesco, s.f., pág. 9).

El transporte de la lámina requiere de un vehículo con carpa y con plataforma rígida, esto con el propósito de evitar alabeos y deflexiones. Se deben poner mederos que separen los paquetes de lámina

Ventajas y desventajas.

Entre las ventajas más relevantes está el poco espesor de la placa, la manipulación e instalación son fáciles de realizar, es industrializado, no requiere de formaletas, es uno de los sistemas de entrepiso más económicos del mercado, y cuando se usa con placas de 13 cm. Puede llegar a luces de 3.9 mts. Con respecto a las desventajas se puede mencionar que requieren soldaduras y remaches para unir las láminas, y que en la fabricación del acero se requiere alto consumo energético.

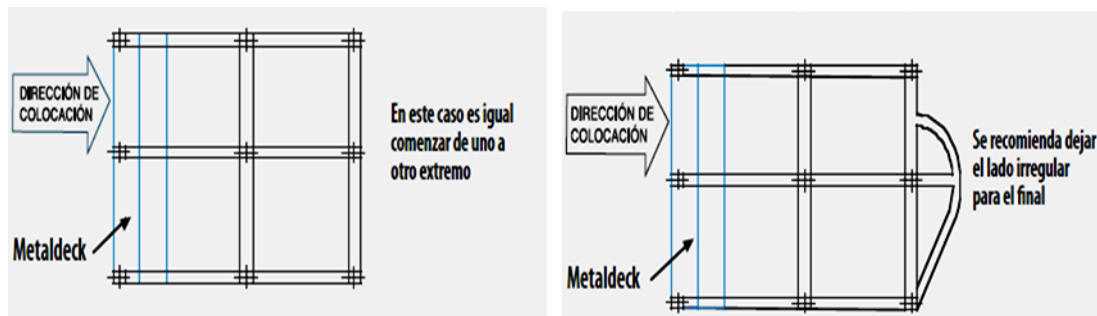
Proceso constructivo.

Instalación y montaje: Este sistema puede aplicarse principalmente en estructura en concreto, acero o mixtas (estructura de acero y concreto). Dentro del sistema constructivo, la placa colaborante cumple con 3 principales funciones: Actúa como acero de refuerzo, contrarrestando los esfuerzos de tracción, generado en las fibras inferiores de la losa producidas por las cargas. También sirve como encofrado para el concreto, y, por último, actúa como plataforma de trabajo, ya que permite una superficie de tránsito para realizar las labores pertinentes al entrepiso, como lo es la instalación de tuberías, perforaciones, armado de refuerzo y soldadura de conectores entre otros.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

- Dirección y colocación: Es de tener en cuenta la geometría del área a cubrir comenzando en un lado para terminar en el otro como se muestra en la figura 6.

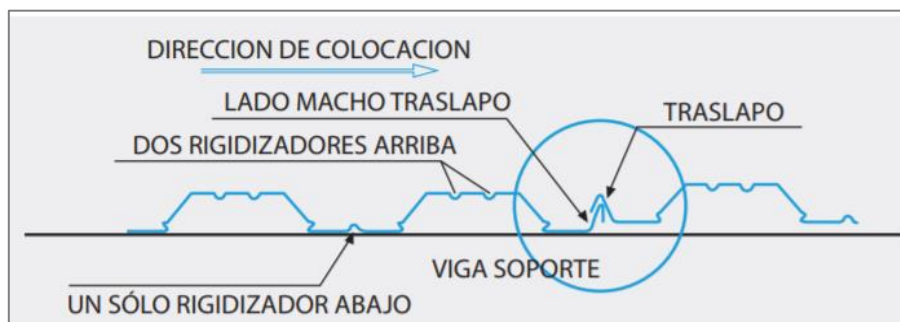
Figura 7. Dirección y colocación.



Fuente: (Acesco, s.f., pág. 15).

- Corte de las láminas en obra: Cuando son requeridos los cortes de la lámina debido a geometrías irregulares, es necesario utilizar sistemas de corte que sean aplicables al acero Galvanizado, como lo son el sistema de corte por abrasión (pulidora) y el sistema de corte por acetileno (soplete) y el sistema por electrodos (soldadura).
- Posición de instalación de la lámina: La correcta posición de colocación de la lámina es de vital importancia y precaución, para garantizar que queden trabajando de forma adecuada; colocarlas de forma invertida reducen la capacidad de carga de la losa. Las láminas vienen con un sello de tinta indeleble, el cual debe quedar en la parte de abajo; el valle más corto va puesto sobre la viga soporte. La posición de colocación de la lámina se debe hacer como se explica en la figura 7.

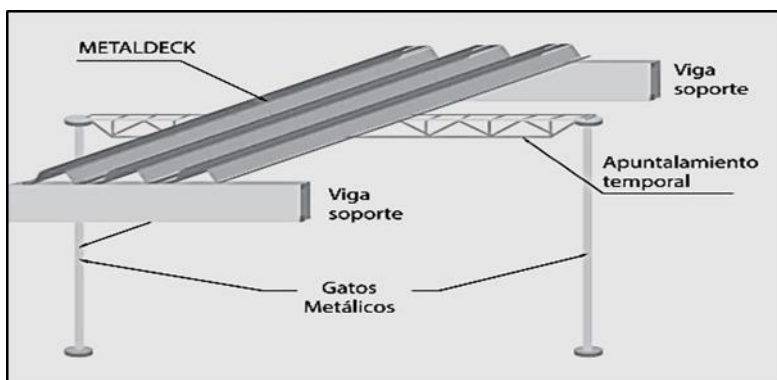
Figura 8. Posición de colocación de las láminas de acero.



Fuente: (Acesco, s.f., pág. 17).

- Apuntalamiento temporal: Cuando las luces a vencer requieren de apuntalamiento temporal, estos se deben colocar en la mitad del espacio entre los 2 apoyos, y deben permanecer de 10 a 15 días.

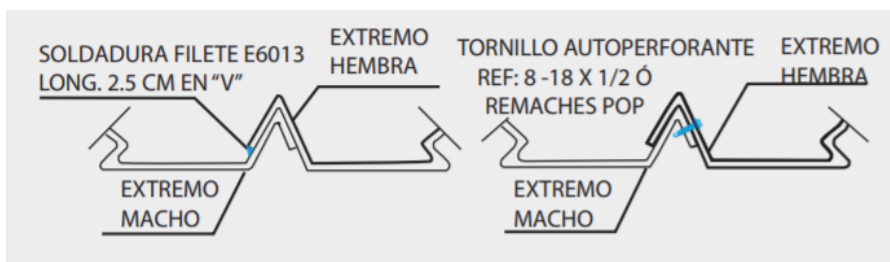
Figura 9. Apuntalamiento de las láminas de acero.



Fuente: (Acesco, s.f., pág. 18).

- Fijación lateral: Las láminas de acero deben sujetarse entre sí por medio de tornillos autoperforantes, remaches pop o puntos de soldadura en el centro de la luz, en el caso de luces menores a 1.5 m, y cada 1.00 m cuando la luz supera los 1.5 m.

Figura 10. Fijación lateral de lámina.



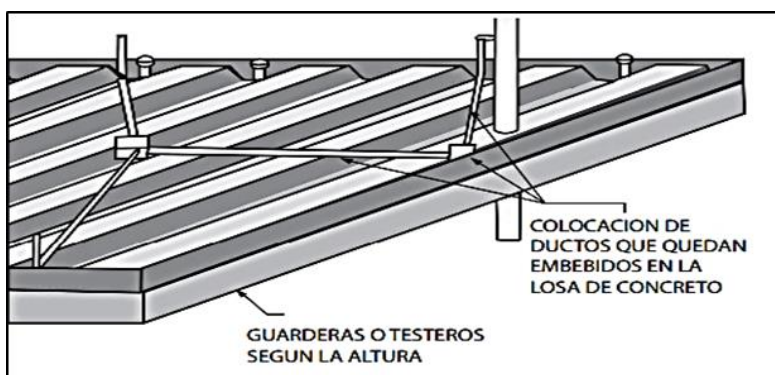
Fuente: (Acesco, s.f., pág. 19).

- Instalación de redes eléctricas, hidráulicas y sanitarias: Se deben dejar los tubos colocados, antes de que se funda la losa, posteriormente se hacen los empalmes. Se instalarán los tubos eléctricos y sanitarios y demás elementos necesarios embebidos en la losa; las tuberías que van a ir dentro de la placa serán aquellas que pueden pasar

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

entre el valle superior de la lámina y la malla electrosoldada. las instalaciones sanitarias deben ir descolgadas.

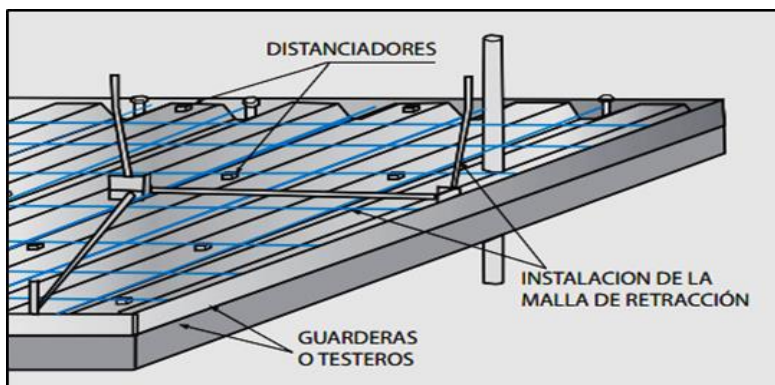
Figura 11. Instalación de redes.



Fuente: (Acesco, s.f., pág. 31).

- Instalación de malla electrosoldada: Se instala la malla electrosoldada sobre dados de concretos prefabricados, también llamados panelas, u otro distanciador prefabricado, para que quede una distancia de 2.5 cm de la superficie del concreto a la malla. El mínimo del diámetro de la malla debe ser de 4mm, y las cuadrículas deben mínimo tener una separación de 15 cm en ambas direcciones. También se pueden realizar las cuadrículas con varillas del mismo calibre, conservando las distancias antes mencionadas. Se recomienda amarrar los distanciadores de concreto con alambre no. 18.

Figura 12. Instalación malla electrosoldada.



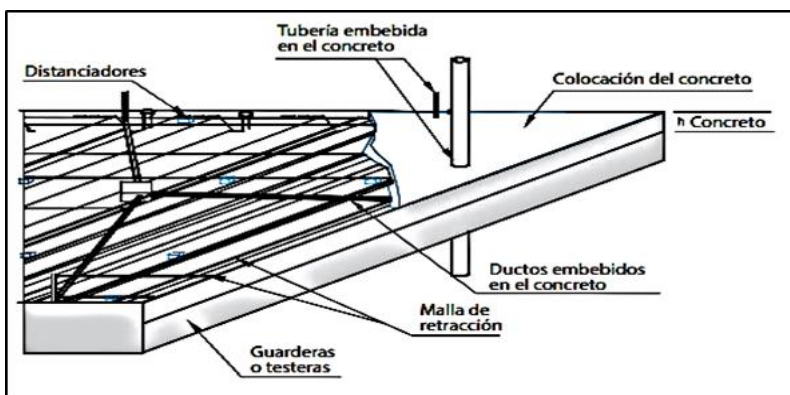
Fuente: (Acesco, s.f., pág. 31).

- Vertido de concreto: Una vez colocada la malla electrosoldada se procede a preparar el área de tránsito para el vaciado del concreto. Se deben colocar los testers de borde o también llamados guardas a la altura final de la losa, estos evitan que el concreto se salga por los lados.

Luego se funde la losa de concreto; el vaciado se puede hacer mediante bombas, baldes o carretillas, antes de este procedimiento se debe verificar que las láminas estén limpias, con el fin de conseguir una buena adherencia del concreto en las láminas.

En el momento del vaciado no se deben acumular cantidades importantes de concreto en un mismo punto, ya que esto puede ocasionar deformaciones en las láminas.

Figura 13. Colocación de concreto.

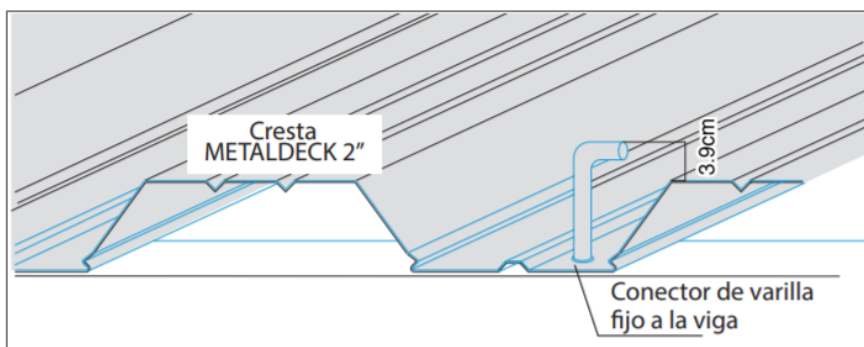


Fuente: (Acesco, s.f., pág. 32).

Placa colaborante sobre vigas de concreto.

Cuando la estructura principal de la construcción son vigas en concreto reforzado, se deben dejar pelos de varilla de 5/8" cada 60 cm máximo, con el fin de amarrar la placa a la estructura.

La altura del conector debe ser mínimo de 3.9 cm medidos a partir de la cresta de la lámina de acero como se observa en la figura 14.

Figura 14. Amarre a viga de concreto.

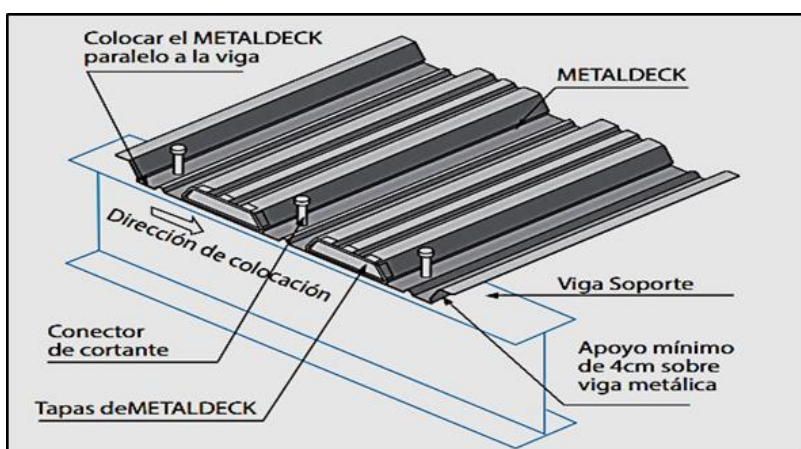
Fuente: (Acesco, s.f., pág. 23).

Los conectores deben quedar siempre en los valles inferiores de la lámina de acero. Si se requiere se debe instalar el apuntalamiento temporal, y los demás pasos restantes del proceso constructivo explicados previamente.

Placa colaborante sobre vigas metálicas.

Se debe instalar la lámina de acero con un apoyo mínimo de 4 cm como se observa en la figura 15.

En el caso en que 2 láminas lleguen a un mismo apoyo, estas pueden ir separadas, a tope, o una sobre otra, lo importante es que cada lámina tenga mínimo 4 cm de apoyo.

Figura 15. Amarre a viga metálica.

Fuente: (Acesco, s.f., pág. 28).

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Se anclan las láminas a las vigas de metálicas en cada valle inferior mediante arandelas con soldadura de tapón o sujetadores mecánicos. Luego se instalan los conectores de cortante, ya sean sobre la lámina de acero o directamente sobre la viga de acero. Dichos conectores deben sobresalir al menos 38 mm por encima de la cresta de la lámina. El recubrimiento del debe estar 13 mm por encima de estos conectores, y no deben quedar espacios entre la lámina y la viga; los conectores deben instalarse de acuerdo con las instrucciones del calculista.

Entrepisos livianos con perfiles de acero (construcción en seco).

Los entrepisos hechos en estructura metálica y placas de fibrocemento funcionan estructuralmente para distribuir las cargas uniformemente a las viguetas, y estas las transmiten a los parales de los muros o las vigas de apoyo.

Ventajas y desventajas.

Como ventajas tiene su bajo peso y masa, pero con iguales o mayores capacidades de carga que los entrepisos en concreto macizo o aligerado, también son económicos, rápidos de instalar, con poco desperdicio y no requieren encofrados o formaletas.

Cuenta con componentes fabricados de forma industrializada, permitiendo optimizar sus recursos y asegurar la calidad. Los materiales usados son resistentes al fuego, al agua, y a agentes biológicos dándole larga vida de uso.

Entre las desventajas es que es de los sistemas más costosos en el mercado, y requieren elementos adicionales como tornillos, cintas y masillas para tratar las uniones.

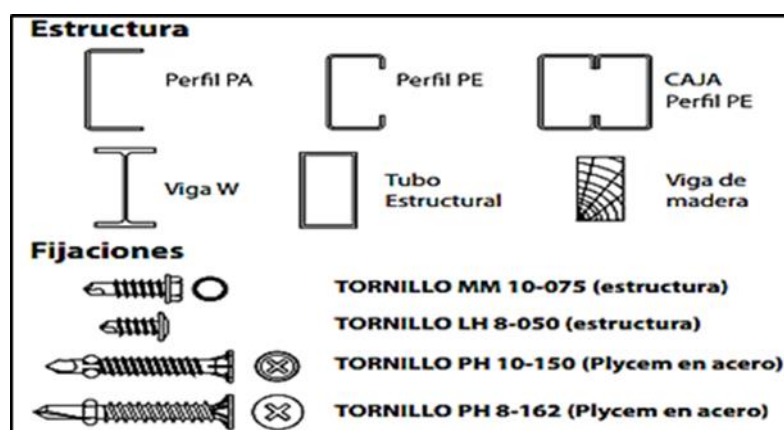
Características.

- Resistencia a los esfuerzos: Material ideal para lograr alta integridad estructural y mayor durabilidad en el tiempo.
- Resistencia al fuego: Retarda la propagación del fuego
- Aislamiento acústico: Permite un ambiente satisfactorio, ya que se absorbe el sonido y se aísla. Esta característica la cumple gracias al material aislante que se usa entre el bastidor.

Componentes.

Los componentes de este tipo de entrepisos son las placas de fibrocemento, los bastidores metálicos o de estructura, tornillos, fijaciones, cintas, masillas, sellos y aislantes.

Figura 16. Componentes del sistema.



Fuente: (Plycem, 2015, pág. 2).

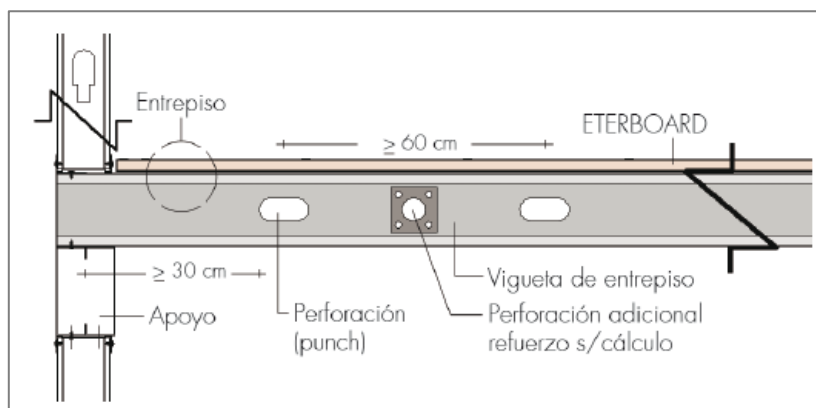
Las placas de fibrocemento para el uso de entrepisos tienen espesores de 14, 17 y 20 mm, y varía de acuerdo con la carga y distancia entre viguetas.

Tabla 3. Tipos de láminas de fibrocemento para entrepisos.

Espesor mm	Formato mm	Peso kg
14	1220 x 2440	57.40
17	1220 x 2440	73.00
20	1220 x 2440	85.88

Nota: Espesores, tamaños y peso de las láminas de fibrocemento de Eternit. Fuente: (Eternit Colombia, [2008], pág. 58).

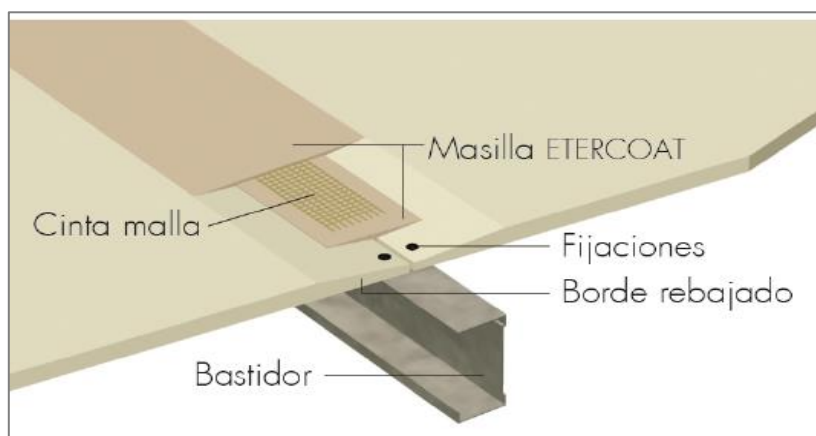
Los bastidores o perfiles metálicos para entrepisos son de mayores calibres, longitudes y dimensiones que los de otras aplicaciones, esto debido a que el trabajo y función de los entrepisos se considera como estructural. Los perfiles del entrepiso son en acero laminado en calibres 20 y 18.

Figura 17. Detalle del entrepiso.

Fuente: (Eternit Colombia, [2008], pág. 59).

En el armado de los bastidores, se usan ángulos y platinas metálicas de calibre 22 o mayores, con el fin de unir perfiles, sujetar parales, o arrostramientos longitudinales, que se fijan al bastidor con tornillos. Para fijar placas y anclarlas a la estructura principal se requiere el uso de anclajes y tornillos con función estructural; los tornillos deben ser de punta fina o punta broca, autoperforantes, con protección de zinc o recubrimiento epóxico que evite la corrosión.

- Las cintas, masillas y sellos son otros componentes importantes en la construcción de los entrepisos; tratamiento de juntas y sellos hidráulicos.

Figura 18. Elementos del entrepiso.

Fuente: (Eternit Colombia, [2008], pág. 60).

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Las láminas de fibrocemento con borde rebajado son idóneas para recibir pisos plásticos, laminados y otros que requieran una buena nivelación de la superficie. El borde a escuadra se recomienda para acabados en baldosa de cerámica, mármol, etc., se debe dejar la cara rugosa de la placa hacia arriba para que el material de pega tenga mayor adherencia.

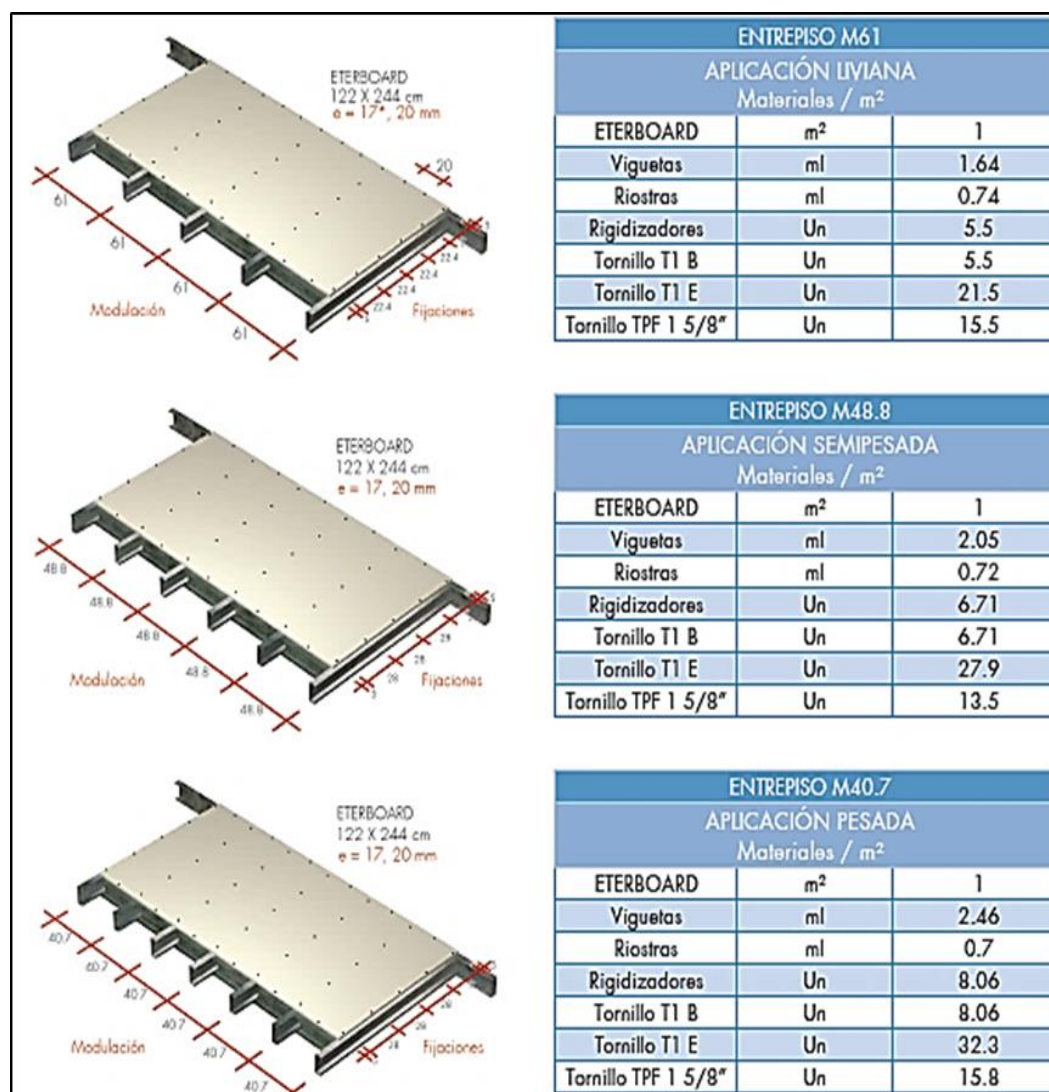
Proceso constructivo.

Las herramientas requeridas para la elaboración de los entrepisos son, la tijera aviación, atornillador, Sierra circular, rodillo, espátula, llaneta, taladro, broca paleta, y nivel.

Se comienza con la instalación de los perfiles que va a soportar las láminas de fibrocemento. Existen 2 sistemas de entrepisos.

- Sistema lineal: Las viguetas están alineadas con los parales de los tabiques (muros) tanto en piso superior como inferior, conformando una unidad integral del muro y el entrepiso. Las cargas absorbidas por las viguetas se transfieren a los parales.
- Sistema no lineal: Las viguetas del entrepiso no están alineadas con los parales de los tabiques (muros), por lo que la transmisión de cargas absorbidas por las viguetas se realiza mediante una viga tubular que las transfiere a los parales del muro de soporte.

Las distancias entre ejes de las viguetas se estipulan de acuerdo con los requerimientos estructurales de cada entrepiso, siendo los más comunes de 61, 48.8, 40.7, y 30.5 cm. Después sobre las viguetas se colocan las láminas de fibrocemento en sentido perpendicular a estas, y alternadas entre sí a $\frac{2}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, y $\frac{1}{2}$ placa, según la modulación.

Figura 19. Requerimientos de acuerdo con el peso.

Fuente: (Eternit Colombia, [2008], pág. 62).

En la figura 20 se describe la separación de las viguetas, el espesor de las láminas y las distancias entre tornillos de acuerdo con los requerimientos de peso que va a soportar el entrepiso.

Por último, se realiza la instalación de los acabados, y pueden recibir diferentes materiales, según el uso, y si es de carácter seco o húmedo, como las habitaciones o los baños. Entre los diferentes materiales están: Los textiles (tapetes, alfombras), melánicos (pisos laminados), maderas (machimbres, parquet, entablados), cocidos (gres, cerámicas), pétreos

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

(granitos y mármoles), cementicios (baldosas, pisos afinados, concreto), químicos (epóxidos, poliuretanos), plásticos (PVC, poliestireno, linóleo) etc. Su forma de fijación y aplicación si es seca o húmeda, el espesor, peso y otros condicionamientos se tendrán en cuenta previamente al diseño del entrepiso.

Guadua

Es un género de plantas de la subfamilia del Bambú, del cual existen aproximadamente 1000 especies, pero la más importante en Colombia es la angustifolia.

Este bambú se desarrolla en óptimas condiciones desde los 800 hasta los 1800 msnm, temperaturas entre los 17 y 26 °C, y humedad relativa del 80-90%. Colombia tiene unos de los mejores especímenes de esta especie

Imagen 3. Cultivo de guadua angustifolia.



Fuente: (Quimicataxo, 2012).

Partes de la guadua.

De la parte inferior a la parte superior de la guadua, esta se compone del rizoma, la cepa, la basa, la sobre basa, el varillón y la copa, en la figura 23 se describen con sus características y la utilización ideal.

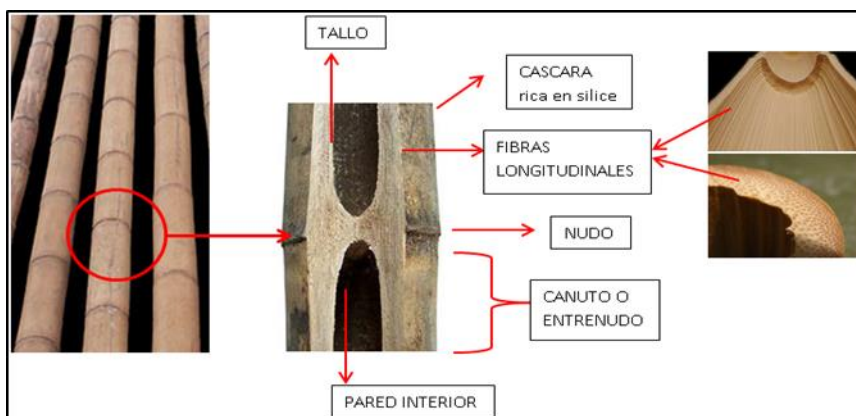
Figura 20. Partes de la guadua.

DESCRIPCIÓN		UTILIZACIÓN
COPA	Parte apical de la guadua con una longitud de 1,20 a 2,00 m.	Se replica en el suelo del guadua como aporte de materia orgánica.
VARILLON	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros.	Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
SOBREBASA	Es un tramo de guadua con buen comercio debido a su diámetro, que permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formaletear planchas y como postes de espalderas en cultivos.
BASA	Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua. La longitud es de 8 metros aproximadamente.	De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. Esta parte se utiliza como vigas y columnas en construcciones nuevas de guadua.
CEPA	Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud de 3 metros.	Se utiliza como columnas en construcción y para cercos.
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como "caimán"	En decoración, muebles y juegos infantiles.

Fuente: (Civilgeeks, 2011).

El tronco de la guadua es cilíndrico con fibras vegetales longitudinales con nudos o tabiques que la dividen horizontalmente formando canutos o cámaras de 20 centímetro de alto aproximadamente.

Es una caña hueca y su diámetro promedio es de 18 cm, es de rápido crecimiento, resistente, versátil, de gran disponibilidad y con buenas propiedades físicas y mecánicas.

Figura 21. Componentes del tallo de guadua.

Fuente: (Civilgeeks, 2011).

Usos y características de la guadua angustifolia.

Históricamente la guadua ha sido utilizada como: Alimento, en la arquitectura, ingeniería, artesanía, música, medicina, y en la industria del papel.

La guadua angustifolia es considerada el tercer bambú más grande del mundo. En su reproducción la guadua angustifolia se propaga por trasplante, por parte del tallo, o por rizoma. Debe entenderse que la guadua sazónada es de una edad superior a 4 años de un guadual en su primera cosecha (sus primeros cortes se hacen a los 6 años). Los tallos de la guadua llegan a medir de 20 a 30 mts, los diámetros de los tallos alcanzan 20 cm; Para trabajo estructural el diámetro mínimo es de 12 cm. Puede ser cosechada tras 4 o 5 años.

Propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia.

La guadua es altamente resistente a la compresión, ideal para usos como columnas, postes, puntales, bajantes, y vigas entre otros. Cuando se somete a esfuerzos de tracción también tiene un buen comportamiento, a manera comparativa, una varilla de hierro de 1 cm cuadrado de sección resiste 40 KN de esfuerzo de tracción; una guadua con una sección de 12 cm cuadrados resiste 216 KN, por este motivo recibe el nombre de “acero vegetal”. El problema cuando se somete a tracción es como sujetarla eficientemente. La guadua trabaja muy bien a flexo compresión y mal a flexión y al aplastamiento perpendicular a su longitud;

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

por consiguiente, las estructuras en guadua deben calcularse como barras articuladas en los empates, pues en ningún nudo puede considerarse como una estructura porticada o un empotramiento.

Figura 22. Esfuerzos que soporta la guadua.



Nota: los rayos solares UV y la humedad mayor al 15% afecta las propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Resultados de diseño variedad macana obtenidos por el instituto alemán de prueba de materiales-stugart. Fuente: (Civilgeeks, 2011).

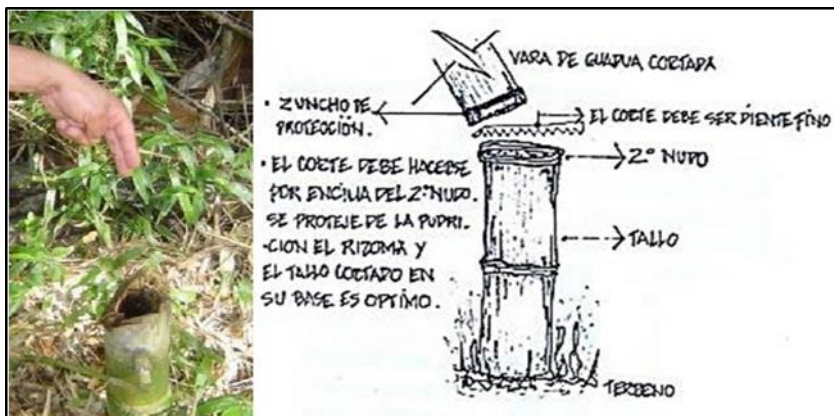
Proceso de selección.

La guadua como material base para la construcción debe seleccionarse desde el estado natural o conseguirse de un proveedor que garantice la calidad del producto. Para la selección de la guadua debe tenerse en cuenta: Diseño de la vivienda y el plano debe contener el despiece de la cantidad y el material a seleccionar; material estructural, usado para armar el esqueleto de soporte y resistencia básico, y material no estructural, es usado para el cerramiento, elementos decorativos y funcionales.

1. Diámetro y color en relación con la función.
2. Evitar usar guaduas enfermas.

Corte, curado y secado de la guadua.

Por experiencia la Guadua debe cortarse en la segunda noche de cuarto menguante y en horas de la madrugada, pues la savia estará abajo y se obtendrá una Guadua resistente libre de almidones y azúcares que favorecen la introducción de insectos y cultivo de hongos.

Figura 23. Corte de la guadua

Fuente: (Salazae, 2009).

El corte debe hacerse por encima del segundo nudo con una herramienta con dientes finos. Las ramas se cortan con sierra fina perpendicularmente al tallo, y luego se golpea hacia abajo. Durante el proceso de secado no deben seleccionarse tallos que presenten: Ruptura longitudinal, pandeo o deformaciones en el nudo, fisuras presentes en la cascara, o rajaduras.

Antes de usar la guadua debe ser secada con el fin de prevenir invasión de insectos, cultivo de hongos, deformaciones, rajaduras, y cambios en su dimensión. Los tallos cortados deben colocarse verticalmente sin tener contacto con el suelo; el tiempo ideal debe ser mayor de 6 a 8 semanas de secamiento.

Figura 24. Secado de la guadua.

Fuente: (Bambus-Conbam, 2004)

Después del secado natural sigue el curado o preservación de la Guadua, para ello lo más aconsejable y con factor de rendimiento es el utilizar preservantes hidrosolubles; solución a base: sulfato de cobre, Acido Borico – Dicromato de Sodio en relaciones 2 : 1 : 1. Esta solución puede usarse en caliente o en frio; en caliente debe sumergirse en tinas durante 6 horas a 60 grados centígrados, y en frio durante 18 a 20 horas.

Imagen 4. Curado y secado de la guadua.



Fuente: (Actualidad, 2014).

El secado de la guadua requiere más tiempo que la madera de similar dimensión, debido a que la guadua posee materiales higroscópicos que pueden contener de 50 a 60 % de humedad. Cuando la Guadua se seca, se contrae y se encoge, lo que puede reducir el diámetro en un 10 al 16% y el grosor de la pared de un 15 al 17%.

Construcción con guadua angustifolia.

En la construcción con guadua es fundamental tener cuidado con las uniones ya que son un posible punto de falla, también son importante los amarres y cuidarla del sol y la humedad.

Protección por diseño (dados y acoples).

Debido a que la guadua debe estar aislada del suelo, para que la humedad no la dañe, se pone sobre bases metálicas (acoples) empotradas en dados en concreto. También se usan para

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

generar articulaciones y evitar el momento flector. Las fuerzas de compresión se transmiten a través de las bases metálicas y evitan el desgastamiento de las fibras de la guadua.

Imagen 5. Dados y acoples para guadua.



Fuente: (Peicasacostera, 2013).

Los dados en concreto protegen la guadua de la humedad, evita la pudrición por hongos y ataque de insectos, estos deben tener suficiente altura para que el agua no las salpique. Las bases metálicas transmiten los esfuerzos de compresión a los dados y estos al suelo. La asociación colombiana de ingeniería sísmica sugiere que sobre el dado de hormigón se ancle la platina, y esta recibe la guadua, la cual se agarra al dado con varillas o pletinas que están embebidos en el dado de concreto. Se atraviesa un pasador sobre el segundo nudo y se llenas los canutos de mortero, tanto el que tiene el pasador, como los inferiores a este.

Uniones.

Todos los elementos estructurales y no estructurales de la edificación deben estar anclados, arriostrados, empalmados e instalados de tal modo que garanticen la resistencia a las cargas y transmitirlas con seguridad.

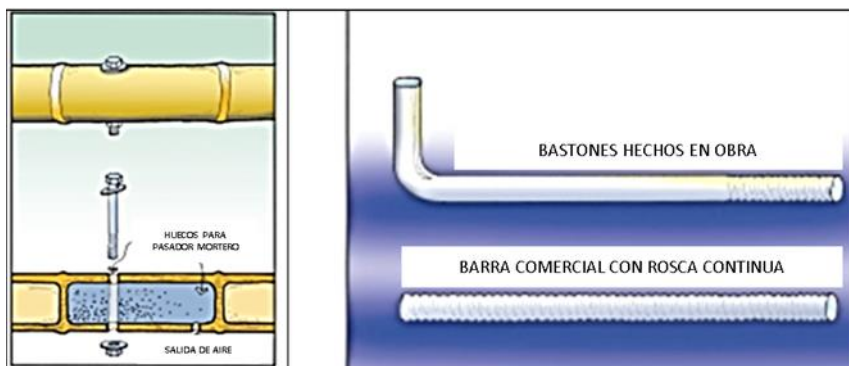
- **Uniones Clavadas:** Las uniones con clavos o puntillas solo deben usarse para ajuste temporal del sistema durante el armado, y no deben tenerse en cuenta como conexiones resistentes entre elementos estructurales.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

- **Uniones Pernadas:** Para realizar las perforaciones para pasar los pernos en la guadua debe usarse taladro evitando impactos. Todos los canutos atravesadores por pernos deben estar rellenos con mortero de cemento. El mortero debe ser lo suficientemente fluido para entrar en el canuto, con una relación 4:1 entre agregado fino y cemento. La relación A/C debe ser de 1 a 0,5 y se recomienda utilizar un embudo o una pequeña bomba casera.

Los pernos pueden fabricarse con barras de refuerzo roscado, en obra o con barras comerciales de rosca continua.

Figura 25. Uniones pernadas para guadua.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, s.f., pág. 8_3).

Tornillos o pernos unen las guaduas. Dentro de los canutos por donde pasan los tornillos se incorpora concreto fluido para darle más resistencia a la unión.

- **Uniones Zunchadas:** Estas uniones pueden utilizarse para fabricar conexiones articuladas. Para uniones que requieran resistir tracción, la pletina debe diseñarse para garantizar que no es el vínculo débil de la unión. La unión no debe trabajar en total con más de 10 KN (1000 Kg) de esfuerzo de tracción.
- **Uniones Estructurales:** Para muros fabricados solo con elementos de guadua, los muros deben conectarse a los cimientos utilizando los elementos verticales, como se haría para conectar columnas de guadua. La guadua no debe estar en contacto directo con el suelo, la mampostería o el concreto, por consiguiente, la guadua se

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

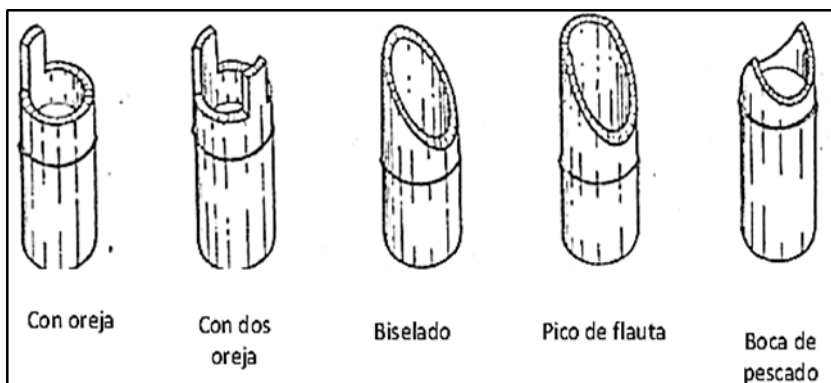
apoya en un separador de metal u otro material impermeable. El separador debe ser una pletina de acero con, por lo menos 3,2 mm de espesor y la misma anchura de la guadua que retiene.

La forma más eficiente de mitigar el esfuerzo de cortante es un tubo dentro del cual se empotra la Guadua y el tubo a su vez se empotra en el dado de concreto de la cimentación. Cuando no se requiere que resista a cortante, la guadua puede empotrarse en el concreto y separarse de este mediante una membrana bituminosa como brea o asfalto. Se pueden anclar columnas formadas con más de una guadua utilizando el mismo principio.

Entalladuras utilizadas en la unión de piezas de bambú.

Las siguientes son las entalladuras más utilizadas en la unión de Guaduas.

Figura 26. Entalladuras para uniones en guadua.



Fuente: (Peicasacostera, 2013)

Marco Referencial

En la actualidad no existen sistemas de entrepisos en guadua que se hagan como paneles prefabricados, y el único referente es el sistema que usa las guaduas como viguetas, se sobrepone esterilla de guadua o láminas de fibrocemento o tablas de madera. En otros sistemas constructivos, se funde una torta de concreto reforzado sobre las láminas de los materiales ya mencionados.

Entrepiso con Guadua a la Vista

El uso más común de la Guadua para entrepisos es aquel donde se utiliza la guadua como vigas y sobre este se instalan láminas de madera o fibrocemento como se observa en la figura 28.

Imagen 6. Entrepiso en guadua a la vista.



Fuente: (La Casa de Guadua, 2014).

Proceso constructivo

1. Una vez se tengan las guaduas inmunizadas y la herramienta necesaria para la construcción del entrepiso se colocan las Guaduas sobre las vigas a distancias entre 30 a 50 cm, las Guaduas se ponen de a 2 (una sobre otra), como se muestra en las

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

imágenes y se amaran con correas o zunchos para mantener dicha posición. Cuando las vigas o muros son en concreto, lo ideal es dejar una varilla (para rosca) que salga de este perpendicularmente aproximadamente 40cm, para que atraviese las Guaduas; se aseguran con arandela y tuerca. Los canutos por donde pasan las varillas se deben rellenar con mortero.

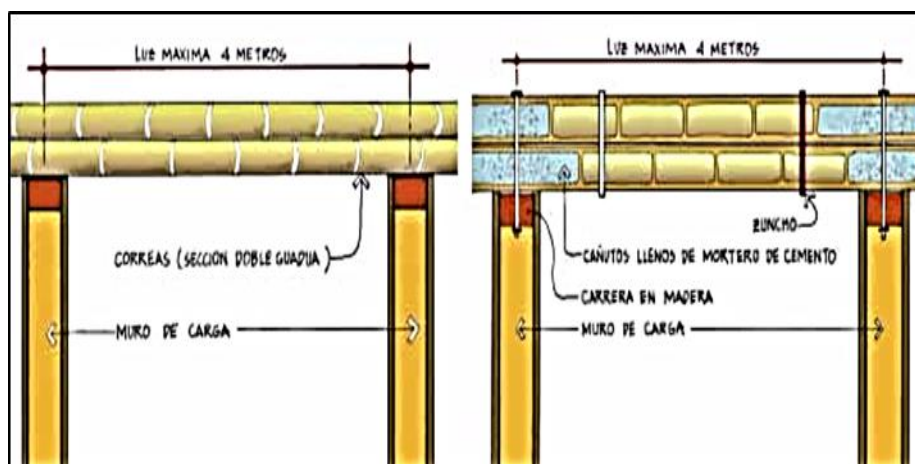
2. Se deben poner Zunchos amarrando las Guaduas aproximadamente 20 cm antes del borde de las Guaduas, para evitar que se separen y abran.

Imagen 7. Instalación de vigas de guadua y laminas



Fuente: (La Casa de Guadua, 2014).

Figura 27. Anclaje de guaduas a muros.

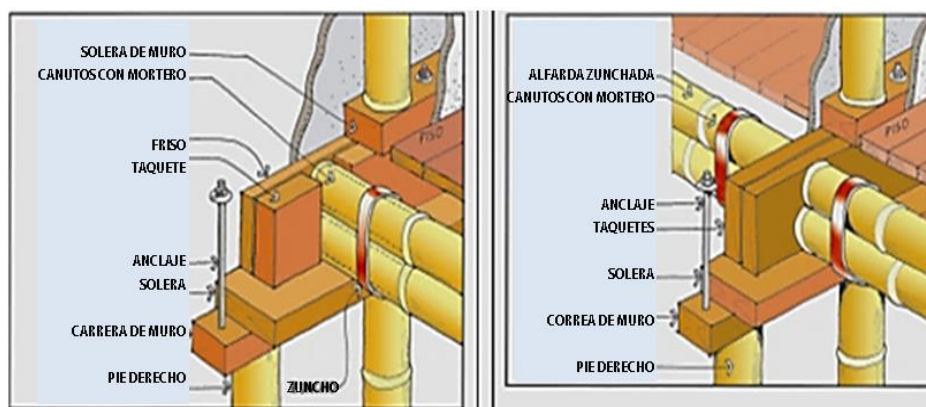


Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, s.f., pág. 7_3).

3. El contorno del muro por donde pasan las Guaduas se rellena con Mortero, y en los espacios entre Guaduas se coloca mampostería o tablas de madera. Cuando la estructura es en madera o Guadua, se usan pernos para atravesar las guaduas y la madera con el fin de anclar las Guaduas a la madera.

Entre las viguetas en Guadua se ponen taquetes (bloques en madera) con el fin de evitar el desplazamiento de las viguetas, como se muestra en la figura 29.

Figura 28. Anclaje de guaduas a muros.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, s.f., pág. 5_3).

4. Una vez están aseguradas las Guaduas en los muros y las vigas, se sobrepone el piso, que se puede hacer en tablas de madera, esterilla de Guadua, o placas de fibrocemento. Se deben asegurar sobre las viguetas en Guadua con tornillos a cada 60 cm de distancia máximo. En el caso del fibrocemento y la esterilla de Guadua se puede poner sobre este el terminado del piso, como baldosa, para lo cual es recomendable poner una capa de mortero.

Cuando se requiere entresijos para soportar cargas más fuertes se funde una losa en concreto reforzado aproximadamente de 10 cm de grosor (de acuerdo con el cálculo estructural). En la siguiente imagen del lado izquierdo se evidencia la colocación de placas de fibrocemento sobre las vigas dobles de guadua.

Imagen 8. Instalación del piso sobre viguetas de guadua.

Fuente: (La Casa de Guadua, 2014).

Placa Fácil Bloquelon

El aligerante más utilizados para el sistema de entrepisos placa fácil, son los bloquelones, los cuales tienen un peso de 11.50 Kg por unidad, y unas dimensiones de 80 cm de largo x 23 cm de ancho x 8 cm de alto, con un rendimiento de 4.9 unidades por m².

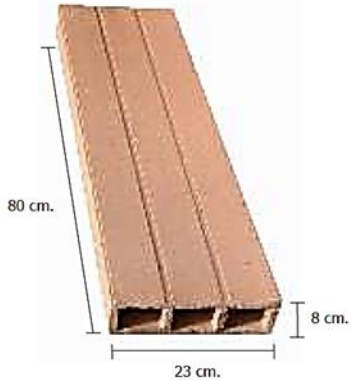
Ventajas.

Permite una obra limpia, montaje rápido y sencillo, adaptable a cualquier área, acabados mínimos, no requiere herramientas ni equipos especiales para su instalación, disponible en depósitos y ferreterías, permite la ejecución simultánea de otras actividades en obra, Menor peso que algunos sistemas (169 kg / m²), resistente, y no requiere el uso de formaleta.

Componentes.***El bloquelon.***

Sirve de formaleta en la etapa constructiva, como aligerante de la placa y constituye una superficie inferior.

Tabla 4: Especificaciones del bloquelon.

	Dimensiones: Largo 80 cm. – Ancho 23 cm – Alto 8 cm. Color: Terracota claro Rendimiento estimado*: 4.87 unidades /m² Peso por unidad: 11.5 jg. Peso por metro: 56kg/m²
---	---

Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, pág. 3).

Perfiles de entrepiso lamina abierta.

Tabla 5: Especificaciones de los perfiles.

	Perfiles	
	Características	Perfil Lámina Abierta
Dimensiones	h= 9 cm	h=10 cm
	b= 130	b= 6 cm
Peso	4.77 kg/ml	2.96 kg/ml
Espesor	1.5 mm	2mm en el alma 3 mm en el patín
Rendimiento	1 m/m ²	0.9 a 1 m/m ²
Acabado	Negro Galvanizado	Pintura anticorrosiva - Color por definir
Calidad del acero	Hot-Rolled/Rockwell B	Rockwell B
Fy	min 36.000 psi	min 36.000 psi
Luz máxima	3.80 m	2.85 m (Placa de 4 cm)
Luz máxima sin apuntalamiento	2.5 m	2.0 m

Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, págs. 3-4).

También se requiere maya electrosoldada y cemento.

Proceso constructivo.

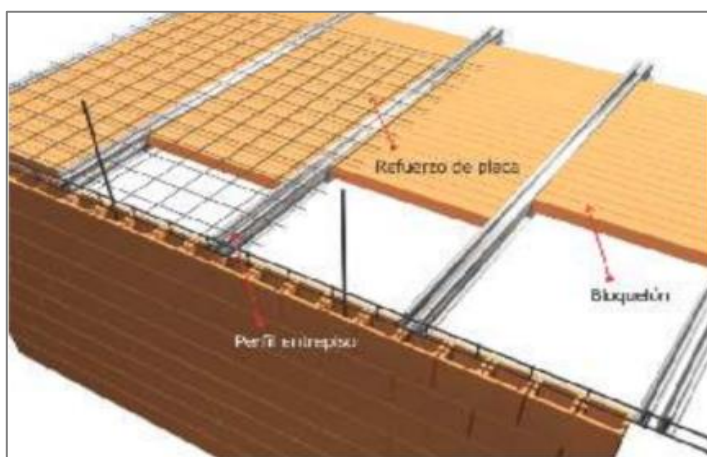
En mampostería estructural reforzada o confinada.

Verificar que la luz entre apoyos no sea mayor a 3.80 m. Con el perfil PMI, verificar que la luz no sea mayor a 2.85 m. Luego se disponen los perfiles de entrepiso cada 89 cm para el perfil PLA, o cada 81 cm en el PMI. Apoyándolos en el muro mínimo 1.5 cm y máximo 2.5 cm. Se debe apuntalar cuando la luz es mayor a 2.50 m con el perfil PLA y 2.00 m con el PMI.

Imagen 9. Instalación de perfiles y apuntalamiento.

Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, pág. 6).

El apuntalamiento será temporal durante la etapa constructiva, el cual se puede retirar un día después de la fundida de la placa. Se recomienda prever una contra flecha antes de la colocación del concreto. Luego se colocan los bloquelones apoyados en las aletas del perfil.

Figura 29. Instalación de bloquelones.

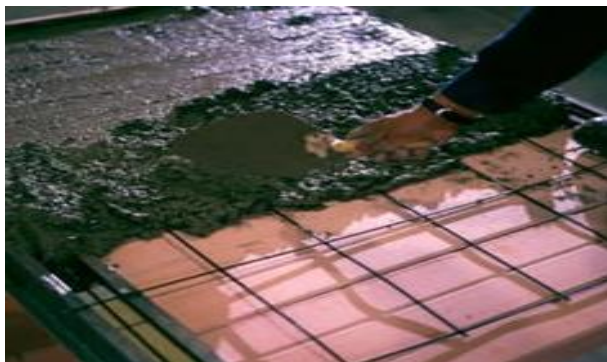
Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, pág. 7).

Una vez terminados de poner todos los bloquelones, se prosigue a armar los hierros de refuerzo de las vigas y dinteles y disponer la malla electrosoldada sobre los bloquelones, el perfil entrepiso y las instalaciones de servicios que no superen los 2 cm. de altura. Luego se

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

vierte uniformemente el concreto (1:2:3) sobre la superficie en un espesor de 4 cm. a 6 cm., evitando la acumulación de concreto.

Figura 30. Vertimiento de concreto.



Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, pág. 7).

En estructura existente en concreto.

Sobre las vigas existentes anclar un conector (varilla) cada 45 cm., para amarrar la placa a la estructura.

Figura 31. Instalación de bloquelon en estructura en concreto.



Fuente: (Construyendo, s.f.)

Para continuar con el proceso constructivo se debe repetir el proceso de instalación de la placa descrito antes, teniendo en cuenta que para este caso necesita amarrar el hierro de refuerzo de las vigas de borde, mínimo 2 y flejes c/20 m.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Concepto de trabajo.

El perfil entrepiso, trabaja en conjunto con la torta de concreto como sección compuesta, lo que permite manejar grandes luces con bajos espesores de placa.

Figura 32: Trabajo del sistema de entrepiso.

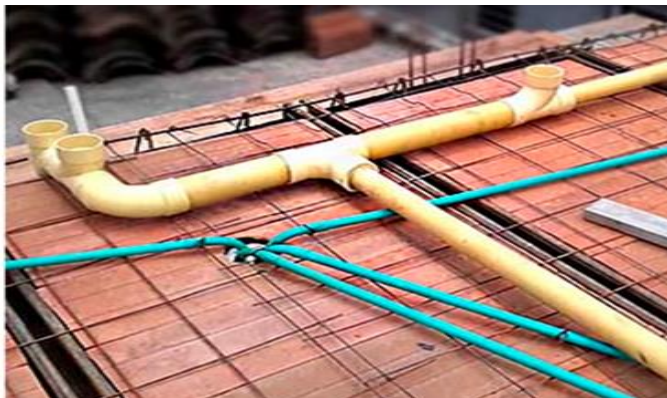


Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, pág. 11).

Instalaciones hidráulicas y eléctricas.

La tubería se puede instalar sobre los perfiles entrepiso y los bloquelones, y la tubería se puede enviar a través del perfil entrepiso PLA y bloquelon.

Imagen 10. Instalaciones hidráulicas y eléctricas.



Fuente: (Construyendo, s.f.).

Instalaciones sanitarias.

La tubería se puede dejar descolgada de la placa, o se puede hacer un sobre piso encima de la placa con doble bloquelón, para que la tubería no quede descolgada.

Imagen 11. Instalaciones sanitarias en el sistema.

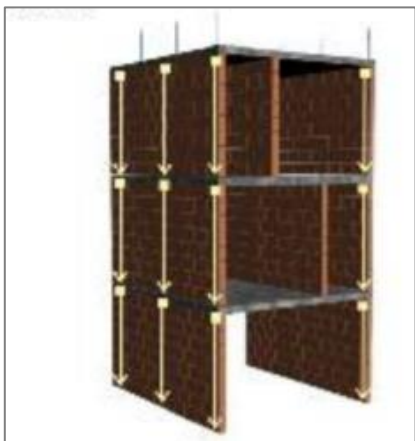
Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, pág. 14).

Vigas de confinamiento del sistema.

Comprende las vigas sobre muro, las vigas, dinteles perimetrales e interiores. El apoyo de las escaleras no se debe hacer en los perfiles entrepiso, se debe hacer un diseño de vigas considerando esas cargas.

Muros sobre la placa.

La placa fácil, está diseñada para soportar una carga de 300 kg/m² de muros divisorios.

Figura 33. Muros sobre placa.

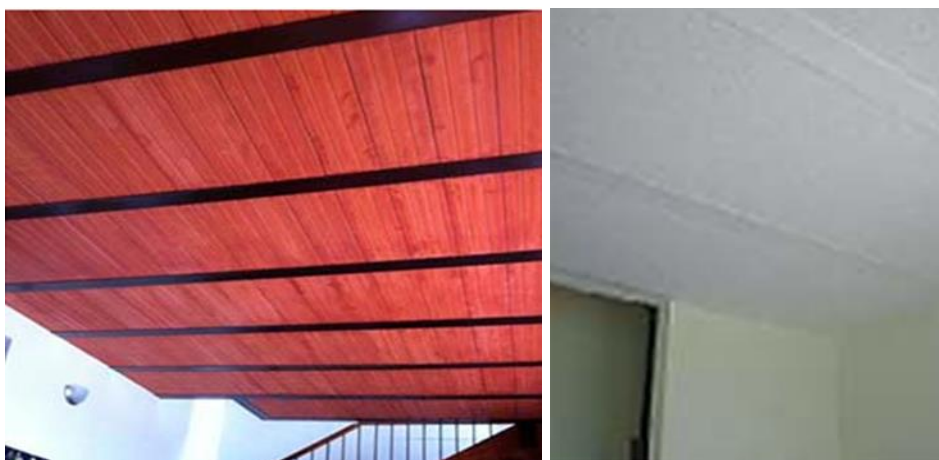
Fuente: (Ladrillera Santafe, 2012, pág. 18).

Recomendaciones generales.

Las recomendaciones para tener en cuenta son: no acumular el concreto solo en un punto con el fin de evitar sobrecargas puntuales, transitar sobre planchones, los cortes de bloquelon se deben realizar con pulidora. No se recomienda realizar soldaduras en los tramos del perfil.

Tipos de acabados.

Los tipos de acabados para este sistema constructivo son: Bloquelones y perfil a la vista, bloquelones y perfil pintados y lacados, anticorrosivo sobre los bloquelones y pintura en el perfil, empaste sobre bloquelones y pintura en el perfil, revestimiento con mortero y malla de vena a lo largo del perfil.

Imagen 12. Acabados parte inferior del bloquelon.

Fuente: (Construyendo, s.f.); (Ladrillera Santafe, 2012).

Marco Normativo

NSR10 Titulo B – Cargas

Capítulo B.3 - cargas muertas.

B 3.4.1 - Elementos no estructurales horizontales. Son elementos que ocupan un espacio en la edificación y que no tienen una función para desplazarse. Son básicamente, elementos como (vigas, morteros, pinturas. Aceros, etc.) Que ya hacen parte del edificio, y que por sí solo ya está generando un peso (Kg/m^2) en la estructura. En las tablas del capítulo B 3.4.1. de la norma NSR 10 Titulo B, especifican valores en (KN/m^2) de cada material, si llegase a estar presente en la estructura; el factor varía según el espesor o cantidad que haya y así, se calcula el peso y fuerza que genera un m^2 de la estructura horizontal (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

Capitulo B.4 - cargas vivas.

B 4.2 - cargas vivas uniformemente repartidas.

B 4.2.1 - Cargas vivas uniformemente repartidas. Las cargas vivas son todos aquellos elementos, personas u objetos; que tienen o posiblemente tendrán, un desplazamiento en la superficie del entrepiso. Estas cargas son calculadas según el tipo de uso que se le vaya a dar a la construcción (vivienda, oficina, comercio, servicios, etc.) y se tienen ya factores de cálculo según el área específica de la edificación, por ejemplo (balcón, cuartos, corredores, escaleras, etc.) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

NSR10 Título E – Casas de I y II Pisos**Capítulo E.1 - introducción.**

E 1.3.5 - Peso de los elementos de construcción. Entre mayor sea la masa de un elemento en la estructura, mayor fuerza va a generar al momento de un sismo; esto infiere que entre más livianos sean los elementos en una estructura, menor será la fuerza resultante. Es así como se busca que los elementos del entrepiso tengan el menor grosor posible y la cantidad adecuada de aligeramientos sin desmejorar la resistencia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

Capítulo E.5 - losas de entrepiso, cubiertas, muros divisorios y parapetos.

E 5.1.3 - Espesor mínimo de losas. El espesor mínimo de una losa de entrepiso varía según su material y tipo de losa (maciza o aligerada). Según la tabla E.5.1-1, que se encuentra en la norma NSR 10 TITULO E, el espesor de una placa con aligeramientos y soportada por vigas unidireccionales, debe tener un grosor entre 13.5 cm y 16.2 cm, varía según la luz que se quiera cubrir (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

E 5.1.5 - Losas aligeradas. Los elementos que componen una losa aligerada son (torta inferior en concreto, aligeramiento, torta superior en concreto y vigas en concreto). Lo anterior es la estructura general de una placa aligerada, el proyecto de paneles prefabricados en guadua para entrepiso guarda esta relación, disminuyendo algunas secciones de grosores en la placa superior, modificando la torta inferior y aumentando con un refuerzo estructural los aligeramientos (con guadua), que, a su vez, sirven de refuerzo inferior en el panel; además las viguetas en acero conforman la estructura principal del entrepiso (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

NSR10 Título G – Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua**Capítulo G.12 – estructuras de guadua.**

G 12.3 – Materiales. Se debe elaborar una clasificación de las guaduas a utilizar. Esta clasificación está determinada por varios procesos de selección según las características de las guaduas escogidas, como por ejemplo (edad de la guadua, ortogonalidad del elemento, fisuras, hongos, diámetros, etc.) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

G 12.7.5 – Coeficientes de modificación. Según el tiempo de duración de una carga soportada, se consideran unos factores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad, que tendría cada elemento a esfuerzos como la (compresión, tracción, flexión y corte) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

G 12.8 – Diseño de elemento sometido a flexión. Son diseñados los elementos con guadua, comenzando por la clasificación según para lo que se vayan a utilizar y las características establecidas y ubicación, ya sea para (columnas, vigas, viguetas, cubiertas, etc.) se debe tener previsto algunos esfuerzos como la (compresión, tracción, flexión y corte), presentes en toda estructura. Se analizan elementos adicionales para las perforaciones de canutos, como (pernos, mortero, zunchos, etc.) y las precauciones que se deben tener al momento de colocar y perforar cada elemento (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

G 12.8.6. – Perforaciones. Las perforaciones que se hagan en los canutos no deben superar los 3.81 mm, de ser así, deben siempre rellenarse con un mortero de cemento; estas perforaciones deben no hacerse en los anillos de la guadua, pero si cerca a estos, debido a que es donde la guadua puede soportar más esfuerzo y entre más se alejen de este, más débil quedará la guadua y puede presentarse fisura (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

G 12.8.9. – Deflexiones. Se determina la carga y esfuerzo que puede llegar a soportar un elemento de guadua. Para esto en las tablas G 12.8. (1-4), se establecen indicadores y fórmulas para calcular las secciones de los elementos según la deflexión (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

G 12.8.12. – Aplastamiento. Cuando se hagan vigas con dos o más elementos de guadua, se genera un esfuerzo de compresión perpendicular a la dirección de las fibras del elemento, eso indica que se debe reforzar los dos guaduales con unos pernos que haga que los dos elementos trabajen como uno solo, y estas perforaciones, deben estar rellenas de un mortero de cemento (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

G 12.11. – Uniones. Las uniones entre guaduas pueden ser con pernos, amarres o platinas. En las uniones entre guadua – guadua, existen varios tipos de corte que ayudan a que haya más fricción y agarre entre cada elemento, aumentando el nivel de resistencia de la unión y disminuyendo la probabilidad de falla o corte (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

G 12.11.3. – Uniones empernadas. Los pernos o perforaciones hechas en los canutos no deben superar los 26 mm de diámetro, y cada perforación se rellenará con mortero para darle la continuidad de esfuerzo al elemento. Se tendrá como objetivo siempre la continuidad de esfuerzo entre cada guadua, y así mismo no perforar por los nodos o anillos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería, 1997).

Manual de Construcción Sismo Resistentes de Viviendas en Bahareque Encementado, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Capítulo 5 – Entrepisos. Los entrepisos en guadua deben llevar posiblemente materiales como esterilla de guadua, tablones de madera, refuerzos en acero, mallas electrosoldadas y concreto. Las placas de entrepisos se conformarán según el diseño estructural y los materiales mencionados no estarán presentes en todos los entrepisos (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, s.f.).

El recubrimiento que tenga el entrepiso debe cumplir la función de rigidizar el entrepiso, disminuir el esfuerzo a cortante y soportar o ayudar a minimizar el esfuerzo de compresión. Principalmente se debe utilizar mortero de relleno o concreto, con un refuerzo en acero, para darle homogeneidad a la mezcla y que se adicione o pegue más a las guaduas, para trabajar en conjunto, como un elemento monolítico.

Conformación. Si la estructura principal de vigas se construye en guadua, se debe utilizar por cada viga como mínimo guaduas dobles, una encima de otra, enzunchadas o pernadas, con relleno de mortero en los canutos perforados y a una distancia entre centro y centro de 30 cm a 40 cm (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, s.f.).

Se deben colocar cajas de madera en la parte de los canutos que se unen a la estructura, es decir, básicamente en las uniones, estas cajas tienen la función de no generar un desplazamiento entre cada elemento, haciendo de formaleta para que no se mueva el elemento. Además, los canutos que tengan contacto directo con la estructura y que funcionen como parte en la unión, deben rellenarse de mortero, así no sean perforados por un perno.

En los entrepisos convencionales en guadua, se debe colocar una malla electrosoldada embebida dentro de la placa fundida en concreto; se tiene como factor de área de acero de 0.5 cm² por metro lineal de malla y se debe procurar colocar acabados livianos, principalmente que no se utilicen baldosas de cemento o acabados de pisos similares que sean pesados.

Paneles Prefabricados en Guadua Angustifolia para Entrepisos

Son paneles prefabricados, diseñados y elaborados para hacer parte de un sistema de entrepisos que junto a una losa en concreto actúan de forma monolítica, consiguiendo la construcción de entrepisos de una forma práctica, rápida, limpia, económica y más amigable con el medio ambiente que los tradicionales. Se diseñaron 2 tipos de paneles, uno está hecho con 2 medias guaduas, formando 2 arcos, envueltos con una malla de acero y recubierto con concreto, y el otro panel usa 3 Guaduas Angustifolias completas embebidas en concreto. Los paneles se colocan sobre vigas en Guadua Angustifolia.

Los paneles mano portables permiten aumentar los rendimientos en obra, ayudan a disminuir los tiempos de construcción, reducen los desperdicios de madera, puntillas, formaletas entre otros.

Imagen 13. Paneles tipo I (media guadua) y tipo II (guadua embebida).



Fuente: Elaboración propia.

Antecedentes

El panel, objetivo de este proyecto es el resultado de la evolución de otros paneles que realizamos pero que se fueron modificando para cumplir con los resultados que queríamos. Nos parece importante exponerlos, explicar su evolución, y los motivos por los cuales los modificamos.

Propuesta inicial del panel prefabricado.

En un comienzo planteamos un panel en el cual las varas de Guadua formaban un marco de 2 m de largo por 1m de ancho. Las Guaduas mas largas tenian entalladuras boca de pescado en sus extremos para acoplarse con las guaduas mas cortas, luego eran unidas por angulos de acero de 10 cm de largo por 2 cm de ancho que se ajustaban con 2 pernos de 3 pulgadas en cada lado del angulo con sus respectivas tuercas, como se aprecia en la imagen 20.

Una vez estaban unidas y ajustadas las 4 varas de guadua, dentro de los canutos por donde pasan los pernos se vertia mortero 1:2 con el fin de asegurar los pernos y evitar que las guaduas se dañaran o abrieran en los puntos donde se pasaron los pernos, teniendo en cuenta que en estas puntos especificos la guadua perdia integridad por el hueco que se le hizo a ambos lados y es un punto de union que puede fallar.

Por ultimo sobre las guaduas se aseguraba una tabla de madera MDF que se unia a las guaduas en los 4 extremos con angulos de acero de 6 cm de largo por 2 cm de ancho asegurados con pernos de 3 pulgadas contra la Guadua, y contra la tabla tornillos de ½ pulgada.

Para este panel se evidencio que las dimensiones no nos permitían cubrir luces de mínimo 3 metros que era lo que se pretendía cubrir para que fuera viable en la construcción de viviendas, y aumentarlas de tamaño dificultaba su transporte y puesta en obra.

Además, en las pruebas de carga que realizamos se evidencio desajuste de las uniones y algunas Guaduas por las que pasaban los pernos se abrieron aun cuando tenían mortero vertido en los canutos, también se presentó pandeo del elemento. Las uniones pueden llegar a ser un punto de falla importante por lo que se buscó rediseñar el panel de tal forma que no se requirieran uniones, que, además, demorarían el proceso de fabricación en su instalación, también requieren mantenimiento y vigilancia.

Imagen 14. Propuesta inicial panel prefabricado



Fuente: Elaboración propia.

Mejoras del panel, segunda propuesta.

Por los motivos explicados anteriormente, luego se propuso un panel de 150 cm de largo por 70 cm de ancho, elaborado con medias Guaduas (guaduas partidas por la mitad longitudinalmente) que formaban arcos los cuales transmiten las cargas a la base.

Las medias Guaduas estaban ancladas a una lámina de madera MDF que se ponía en la parte inferior de estas, se ajustaban las Guaduas a la tabla por medio de pernos de 1 pulgada con su respectiva tuerca.

Se planteó que estos paneles se encajaran sobre vigas y una vez armados todos los paneles del entrepiso, sobre estos se fundía una torta de concreto de 4 cm de espesor como se aprecia en la figura 35.

Este panel lo modificamos, ya que buscábamos elementos mano portables que fueran fáciles de transportar e instalar en obra, y dicho panel aún era grande y pesado (70 kg).

Imagen 15. Panel prefabricado a escala 1:2 (con cañas).



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 16. Panel prefabricado con losa en concreto, escala 1:2.



Fuente: Elaboración propia.

Investigando los sistemas prefabricados de entrepiso pudimos referenciarlos del sistema de entrepisos con bloquelon. El cual es un sistema práctico, liviano, de fácil manipulación e instalación, es industrializado, no requiere formaleta, y fácil de conseguir en el mercado. Tomando los beneficios de este sistema, y el sistema de entrepisos en Guadua que queremos mejorar diseñamos un panel tipo bloquelon que use guaduas como ayuda a la resistencia del entrepiso, además no requiere uniones y es práctico para fabricar. El sistema

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

bloquelon usa perfiles en acero para soportar los paneles, nosotros proponemos vigas en Guadua haciendo que el sistema sea más ecológico y acorde a los paneles que va a soportar.

Ajustes finales.

Una vez terminados los paneles (figura 37) se procedió a pesarlos arrojando como resultado 14.8 Kg y 21.17 Kg de peso para el panel tipo I y tipo II respectivamente.

Imagen 17. Paneles tipo I (media guadua) y tipo II (guadua embebida).



Fuente: Elaboración propia.

En comparación con el bloquelon estos dos tipos de paneles son más pesados, puesto que el bloquelon pesa 10.2 Kg. Teniendo en cuenta esto, se diseñaron paneles donde el concreto ocupa menos espacio y la resistencia de los paneles no se ve comprometida, por ejemplo, para el panel tipo II, en los lados se tenía entre el borde de la Guadua y el borde exterior del concreto una distancia aproximada de 3 cm, entonces en el rediseño se buscó dejarlo solo de 1 cm tanto a los lados como en la parte superior e inferior, para tal fin se usaron Guaduas con diámetros mayores, lo que implicaba también usar solo 3 guaguas en vez de las 4. En el caso del panel tipo I se usó una Guadua de diámetro menor (10 cm de diámetro) que al ser partida por la mitad para sacar 2 medias Guaduas estas tenían una altura aproximada de 5 cm, entre la superficie superior de la Guadua y la superficie exterior del concreto se dejó 1 cm de concreto, a los lados también quedó 1 cm de concreto. Todo esto redujo sustancialmente el peso de los paneles a 8.9 Kg. y a 15,6 Kg. para el tipo I y tipo II respectivamente.

Imagen 18. Peso de paneles tipo I (media Guadua) y tipo II (guadua embebida).



Fuente: Elaboración propia.

Elementos del Panel

Los paneles están compuestos por Guaduas que cumplen la función de aligerante y junto al concreto proporcionan resistencia a esfuerzos de compresión y flexión. Para el panel tipo I se usa solo una Guadua de 10 cm de diámetro partida por la mitad que forman 2 medias Guaduas (arcos con alturas de 5 cm) que colocadas paradas forman dos arcos que ayudan a transmitir las cargas a la base. Para el panel tipo II se usan 3 Guaduas de 6 cm de diámetro, y

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

estas quedaran embebidas en el concreto un tras de la otra como se evidencia en la figura 37 (panel tipo II).

Para ambos tipos de paneles, las Guaduas están envueltos con una malla hexagonal con alambre galvanizado de 0.5 mm de espesor, tejidos en nudos de triple torsión. El alambre se une a la guadua por medio de puntillas de acero de una pulgada. El alambre permite que el concreto se adhiera mejor a la Guadua y evita grietas en el concreto.

Imagen 19. Guadua envuelta en malla, panel tipo I y II.



Fuente: Elaboración propia.

El otro componente del panel es el concreto que recubre las guaduas y el alambre, que en el caso del panel tipo I recubre la parte superior y los dos lados, y en el caso del panel tipo II este queda embebido dejando en todos los lados 1 cm de espesor. El concreto se realizó con cemento, arena lavada y grava en relaciones 1:2:3 respectivamente. Se busca una mezcla

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

fluida que pueda ingresar por los agujeros de la malla y sea compacta en las uniones de las guaduas.

Se propone que los paneles sean soportados en vigas de Guadua de hasta 3 metros de longitud, de acuerdo con la luz a vencer, el diámetro de estas Guaduas varía de acuerdo con el cálculo estructural que se realice. Estas Guaduas tienen sobrepuestas una tabla de triplex de 1 cm de grosor, que tiene la función de soportar los paneles, ampliar su área de contacto con las vigas y que el concreto no se salga. El triplex está unido a las guaduas por medio de tornillos de 1 pulgada que se atornillan a 30 cm de los extremos, en total se usan cuatro tornillos; dos por Guadua.

Imagen 20. Propuesta de vigas para paneles.



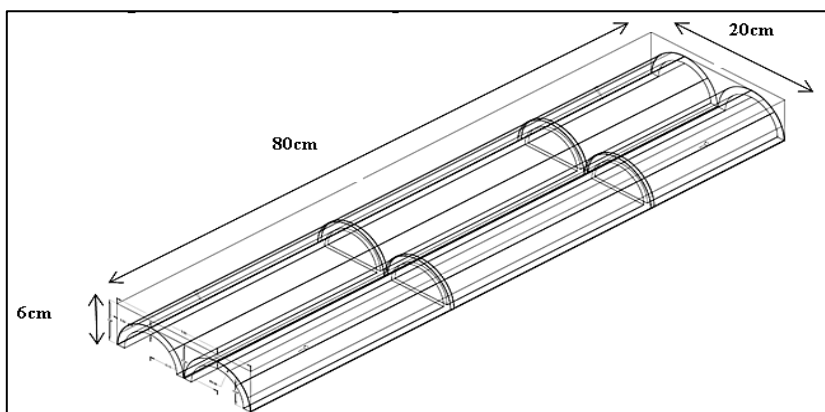
Fuente: Elaboración propia.

Medidas de los Paneles

Para que cumpla la cualidad de ser mano portable se establecieron las siguientes medidas: para el panel tipo I es de 80 cm de largo, 20 cm de ancho y 6 cm de alto, como se muestra en las imágenes 22 y 23. Y las medidas del panel tipo II son de 80 cm de largo, 20 cm de ancho y 8 cm de alto, como se muestra en las imágenes 24 y 25.

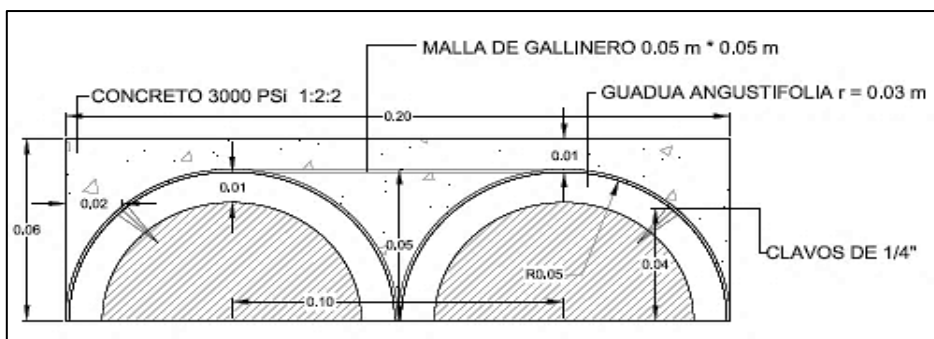
PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Figura 34. Medidas panel tipo I.



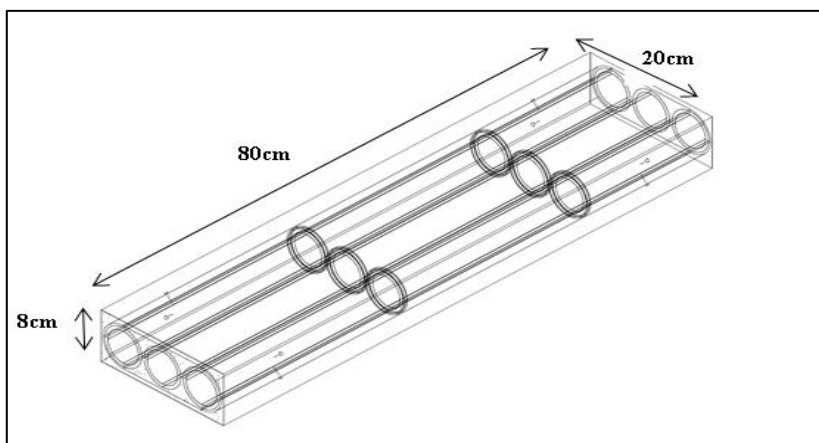
Fuente: Elaboración propia.

Figura 35: Medidas vista frontal panel tipo I.

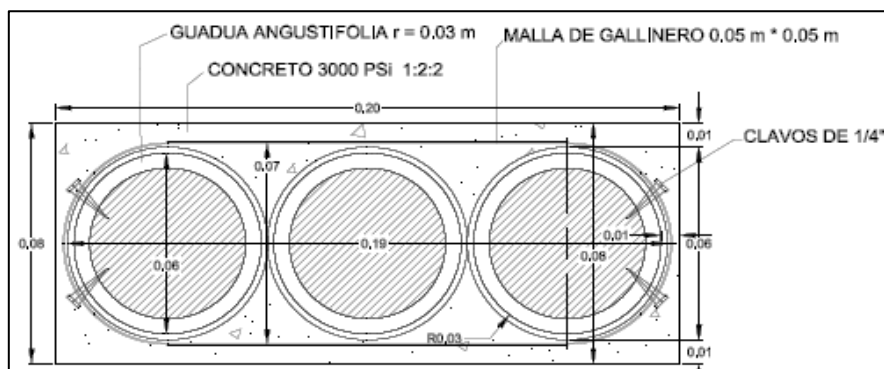


Fuente: Elaboración propia.

Figura 36: Medidas panel tipo II.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37: Vista frontal panel tipo II.

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de Formaletas para Fundir Paneles

Como elemento esencial para la elaboración de los paneles están las formaletas donde se fundirán, puesto que de la calidad de estas formaletas depende en gran medida un panel bien hecho con las medidas requeridas. Por este motivo se puso especial cuidado en usar elementos resistentes y durables.

Herramientas y elementos requeridos.

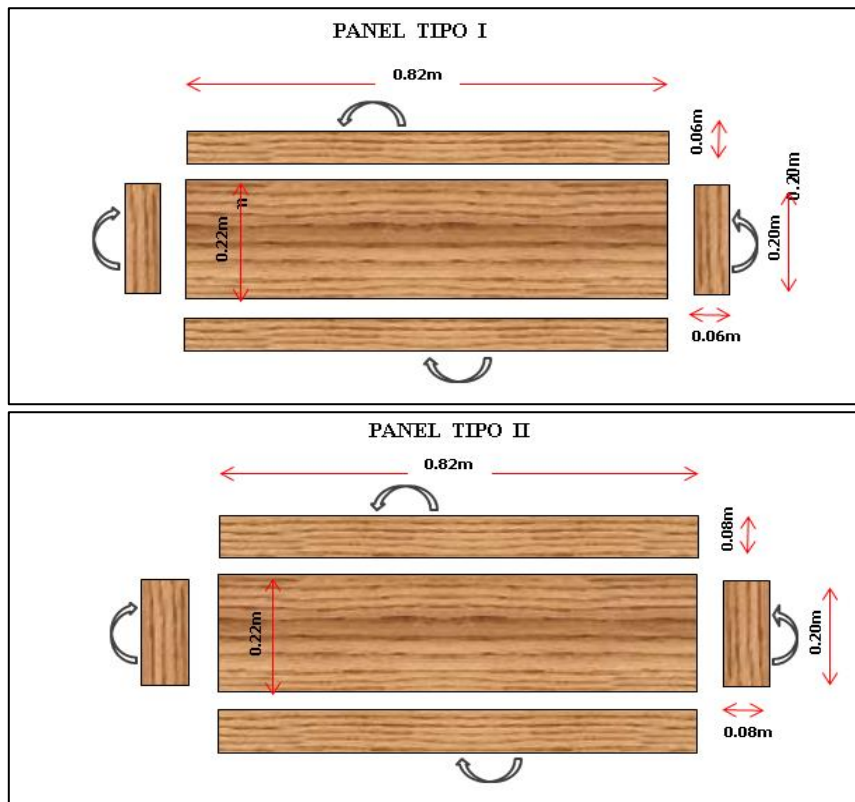
Para la elaboración de la formaleta se usó madera MDF (Medium Density Fiberboard), en español tableros de fibra de densidad media; es una madera compuesta de pedazos de fibra de madera aglomerados con pegamento, resina, calor y presión. Se escogió este tipo de madera debido a que nos ofrecía la resistencia adecuada a la humedad y a la presión, a un precio razonable.

Después de hacer varios paneles las tablas no se pandearon, ni se expandieron por la humedad. Se usaron tornillos acerados de 2 pulgadas, papel contact y como herramientas únicamente taladro y destornillador.

Proceso de elaboración de la formaleta.

Se compró la lámina de MDF de un grosor de 1 cm y se mandó a cortar de acuerdo a diseño y medidas requeridas para los paneles, para el panel tipo I (largo: 80 cm, ancho: 20 cm, alto: 6 cm) se cortó una tabla para la base de 82 cm de largo por 22 cm de ancho, 2 tablas para los lados de 82 cm de largo por 6 cm ancho, y otras 2 tablas más pequeñas para los otros lados de 20 cm de largo por 6 cm de ancho. Para el panel tipo II (largo: 80 cm, ancho: 20 cm, alto: 8 cm) se cortó una tabla para la base de 82 cm de largo por 22 cm de ancho, 2 tablas para los lados de 82 cm de largo por 8 cm ancho, y otras 2 tablas para los lados de 20 cm de largo por 8 cm de ancho.

Figura 38. Medidas tablas para panel tipo I y II.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se unieron las tablas con tornillos de 2 pulgadas acerados para madera, no se usaron puntillas para evitar que las tablas cedieran una vez eran sometidas al peso lateral que ejercía el concreto, adicionalmente los tornillos facilitaban retirar las tablas desatornillando los tornillos, ya que después de que el concreto del panel estuviera sólido y el

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

panel apto para ser desencofrado se retiraban las tablas laterales para sacar el panel con facilidad.

Debido a que al meter los tornillos en las tablas identificamos que se abrían por el desplazamiento de la madera, previamente a atornillar hicimos agujeros con taladro usando broca de 3 mm de grosor; se pusieron 2 tornillos en cada unión de cada una de las tablas.

Finalmente, para proteger las tablas de la humedad del concreto y evitar que se quedaran pegadas a este, fueron forradas en su interior con papel contact, esto facilitó bastante el retiro del panel de la formaleta.

Imagen 21. Vista frontal formaletas para panel tipo I y II.



Fuente: Elaboración propia.

Elaboración del Panel

El proceso de elaboración del panel es sencillo, sin embargo, se debe tener especial cuidado con las formaletas o moldes, ya que de esta depende el acabado del panel.

Herramientas y elementos requeridos.

Para la elaboración de los paneles se requiere taladro, destornillador, martillo, serrucho, malla hexagonal de alambre galvanizado de 0.5 mm de espesor y la formaleta donde se va a fundir el panel.

Proceso de elaboración de panel tipo I.

Para la elaboración del panel tipo I es indispensable contar primero con la formaleta o molde donde se va a fundir dicho panel, en el título “Elaboración de Formaletas para fundir paneles” se explicó su fabricación e importancia.

Imagen 22. Formaleta para panel tipo I.



Fuente: Elaboración propia.

Medias guaduas.

Una vez se tenga la Guadua de 81 cm de largo y aproximadamente 10 cm de diámetro para el panel tipo I, se debe abrir longitudinalmente con un machete, poniendo este en la mitad de la guadua y dándole golpes con un martillo hasta atravesar todos los nudos y dejar dos partes (medias guaduas) casi de la misma altura, estas 2 medias Guaduas se ponen juntas (formando 2 arcos).

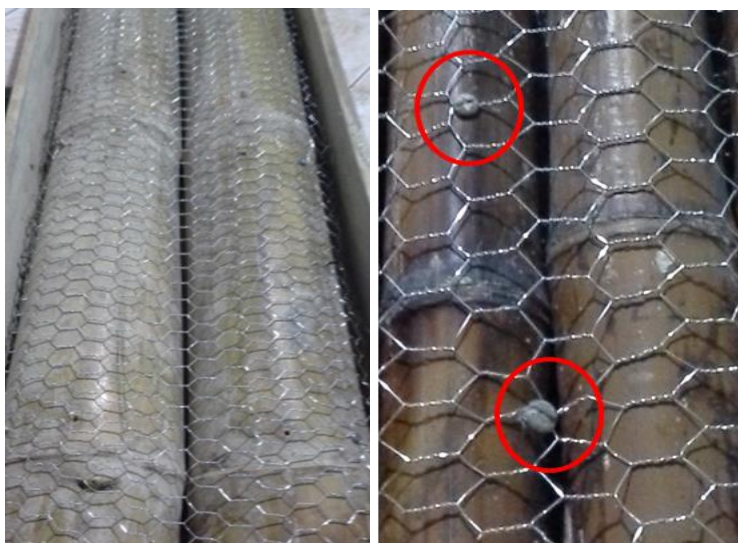
Imagen 23. Corte de guadua

Fuente: Elaboración propia.

Unión y enmallado de medias guaduas.

Luego de que se juntan las Guaduas, se unen por el interior con tornillos acerados de media pulgada; se ponen 3 tornillos a lo largo de las guaduas y a 1 cm del borde con el fin de mantenerlas fijas y estables para facilitar el siguiente paso que es poner sobre la parte superior una malla hexagonal de alambre galvanizado de 0.5 mm de espesor, tejidos en nudos de triple torsión y se fija a la Guadua con puntillas o tornillos acerados de media pulgada cada 20 cm aproximadamente; la malla debe cubrir toda la superficie superior de las Guaduas.

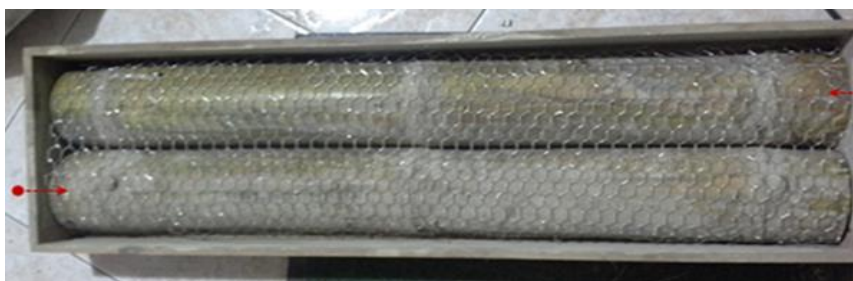
Para que la malla quede bien pegada a la Guadua se deben enrollar a los tornillos o puntillas el alambre de la maya dando una vuelta, luego se golpea suavemente con un martillo para darle forma a la maya sobre la Guadua.

Imagen 24. Unión medias guaduas y enmallado.

Fuente: Elaboración propia.

Incorporación de guaduas y ajuste en formaleta.

Luego se meten en el molde o formaleta y se verifica que lleguen hasta el fondo. Las Guaduas se deben asegurar a la formaleta por medio de una puntilla o tornillo con el fin de evitar que las Guaduas salgan a la superficie por flotabilidad una vez se incorpore el concreto; para asegurarlas se debe clavar una puntilla o tornillo desde afuera hacia adentro de la formaleta en los dos extremos y deben atravesar la Guadua para mantenerla en su posición (como se muestra en la figura 69 en color rojo), esto va a facilitar que cuando el concreto fragüe la puntilla o tornillo se retiren fácilmente, sí se usa puntilla es importante tener presente que no se debe clavar toda la puntilla sino que hay que dejar alrededor de un centímetro por fuera para poderla sacar con el martillo.

Imagen 25. Incorporación de guaduas en formaleta y ajuste.

Fuente: Elaboración propia.

Vertido de concreto.

Después de esto, se vierte el concreto en la formaleta dejándolo a 6 cm de altura, o sea un centímetro sobre la parte superior de las Guaduas y a ras de la formaleta.

Es importante verificar que la formaleta cuente con papel contact en las bases de las tablas antes de verter el concreto con el fin de facilitar el desencofrado.

Imagen 26. Vertido de concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Desencofrado de paneles.

Después de que fragüe el concreto se debe hidratar rociando agua sobre este, a partir del día siguiente se puede sacar el panel de la formaleta. Es de recordar que a los 7 días el concreto tendrá una resistencia del 70%.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Imagen 27. Fraguado y desencofrado.

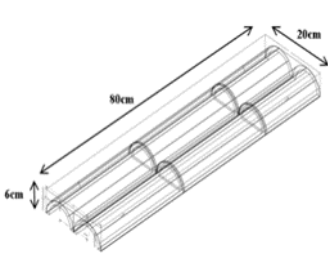
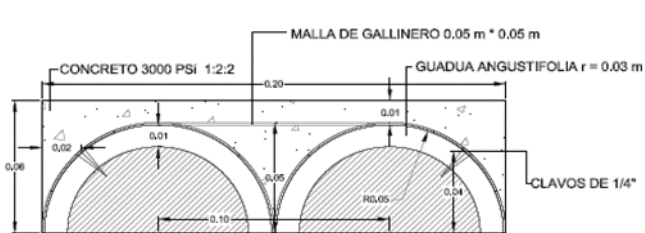


Fuente: Elaboración propia.

Ficha técnica panel tipo I (media guadua).

Las especificaciones técnicas del panel tipo I se muestran en la tabla no 4.

Tabla 6: Ficha técnica panel tipo I.

Panel tipo I (media guadua)			
 			
Dimensiones (cm)	Largo	Ancho	Alto
	80	20	6
Tolerancia dimensional	2mm	2mm	2mm
Color	Gris		
Textura	Lisa por las cuatro caras		
Peso por unidad	8,9 kg		
Peso por m2	55,62 kg		
Aplicación del producto	Sistema de entepiso		

Nota: Especificaciones técnicas panel tipo I. Fuente: Elaboración propia.

Proceso de elaboración de panel tipo II.

Igual que la elaboración del panel tipo I, la formaleta es de gran importancia.

Corte y unión de guaduas.

Para el panel tipo II se deben cortar tres varas de guadua de 81 cm de largo y de aproximadamente 6 cm de diámetro, para el corte de estas se puede usar un serrucho, una segueta o una cierra. Una vez se tengan las varas de guadua del mismo tamaño, estas se unen y se envuelven en una malla hexagonal de alambre galvanizado de 0.5 mm de espesor, tejidos en nudos de triple torsión y se fija a la Guadua con puntillas o tornillos cada 20 cm aproximadamente.

Imagen 28. Unión de guaduas con alambre.

Fuente: Elaboración propia.

Distanciadores e incorporación de guaduas.

Luego se clavan a la formaleta 2 varas de 1 cm de alto perpendicularmente en los extremos, estos servirán como distanciadores en los cuales reposarán las 3 guaduas, después de esta se vierte una parte del concreto, básicamente a la altura de los distanciadores. Después se meten las guaduas en el molde o formaleta quedando sobre los distanciadores.

Imagen 29. Incorporación de guaduas en formaleta.

Fuente: Elaboración propia.

Anclaje de guaduas a formaleta.

Las Guaduas se deben asegurar a la formaleta por medio de una puntilla o tornillo con el fin de evitar que las Guaduas salgan a la superficie por flotabilidad una vez se incorpore el concreto; para asegurarlas se debe clavar una puntilla o tornillo desde afuera hacia adentro de la formaleta en los dos extremos y deben atravesar la Guadua para mantenerla en su posición (como se muestra en la figura 69 en color rojo), esto va a facilitar que cuando el concreto fragüe la puntilla o tornillo se retiren fácilmente, sí se usa puntilla es importante tener presente que no se debe clavar toda la puntilla sino que hay que dejar alrededor de un centímetro por fuera para poderla sacar con el martillo.

Vertido de concreto.

Después de esto, se incorpora el concreto a la formaleta verificando que quede a 8 cm de altura; a ras de la formaleta. A partir del día siguiente, después de que fragüe el concreto de debe hidratar, a partir del día siguiente se puede sacar el panel de la formaleta.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Imagen 30. Vertido de concreto y fraguado.



Fuente: Elaboración propia.

Desencofrado de paneles.

A partir del día siguiente, después de que fragüe el concreto se debe hidratar rociando agua sobre este, y el día siguiente se puede sacar el panel de la formaleta. Es de recordar que a los 7 días el concreto tendrá una resistencia del 70%.

Imagen 31. Desencofrado de panel.



Fuente: Elaboración propia.

Ficha técnica panel tipo II.**Tabla 7: Ficha técnico panel tipo II.**

Panel tipo II (media embebida)

Dimensiones (cm)

Largo

Ancho

Alto

80

20

6

Tolerancia dimensional

2mm

2mm

2mm

Color

Gris

Textura

Lisa por las cuatro caras

Peso por unidad

8,9 kg

Peso por m²

55,62 kg

Aplicación del producto

Sistema de entrepiso

Nota: Especificaciones técnicas panel tipo II. Fuente: Elaboración propia.

Pruebas de Carga a Paneles

Se realizó una prueba para cada panel cargándole un peso de 130 kg. Para las pruebas, se utilizaron 12 unidades de bloques de concreto con un peso por unidad de 5.58 kg, esto da un total de peso de 66,96 kg., a este se le suma el peso de una persona de 63 Kg.

Previamente a la prueba de carga se pesaron los paneles; en el caso del panel tipo I se consiguió un peso de 8,9 Kg, y en el caso del panel tipo II 15.6 Kg.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Imagen 32. Peso de panel tipo I.

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizan bloques en concreto para realizar las pruebas de carga a los paneles, cada bloque pesa 6.3 Kg.

Imagen 33. Peso de cada bloque.

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizan 15 bloques en concreto para un total de 94.5 Kg y sobre estos un panel de 15,6 Kg dando un peso total de 110,1 Kg, en un panel con área de 0.16 m². Calculando la proporción; 1 metro cuadrado soportaría 688,12 Kg.

Imagen 34. Peso que soporto el panel tipo I.



Fuente: Elaboración propia.

Durante las pruebas no se evidencio pandeo del panel ni fisuras o grietas que indiquen fallas de este.

Una vez realizadas las pruebas con el panel I, seguimos con el panel II (Guadua embebida), este panel tiene mayor peso; 15,6 Kg como se explicó anteriormente y se evidencia en la imagen 29.

Imagen 35. Peso panel tipo II.



Fuente: Elaboración propia.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Se utilizan los mismos 15 bloques en concreto para un total de 94.5 Kg y sobre estos un panel de 8.9 Kg dando un peso total de 103,4 Kg, en un panel con área de 0.16 m².

Calculando la proporción; 1 metro cuadrado soportaría 646,25 Kg. Es de tener en cuenta que este panel tiene 8 cm de alto, mientras que el panel tipo I tiene 6 cm de alto.

Imagen 36. Peso que soporto panel tipo II.



Fuente: Elaboración propia.

Durante las pruebas no se evidencio pandeo del panel ni fisuras o grietas que indiquen fallas de este.

Sistema de Entrepiso con Paneles en Guadua Angustifolia (Tipo 1 y 2)

Para el sistema de entrepiso con el uso de los paneles prefabricados en Guadua Angustifolia se usarán vigas en Guadua con diámetro de 12 cm. Estas vigas de 3 mts de longitud tienen 2 Guaduas unidas por dos tornillos a los extremos, sobre estas se ancla una lámina de triplex de 3 m de largo, por 20 cm de ancho y una altura de 1 cm. Estas vigas se pondrán sobre las vigas perimetrales de concreto a 7,5 cm del borde del muro.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Imagen 37. Vigas en guadua.



Fuente: Elaboración propia.

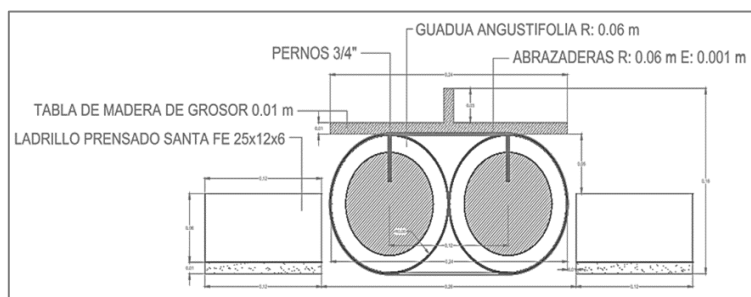
Imagen 38. Paneles sobre vigas.



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 37 se muestran los detalles de los elementos.

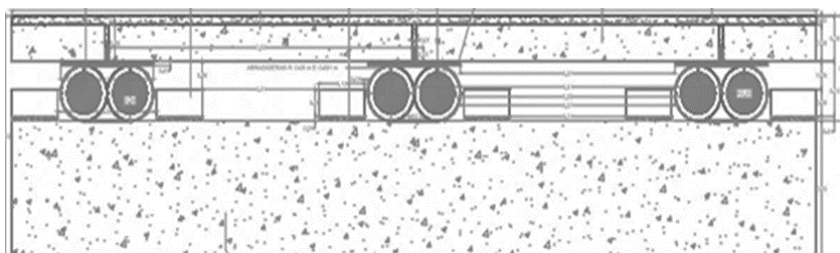
Figura 39. Corte perpendicular de vigas en guadua.



Fuente: Elaboración propia.

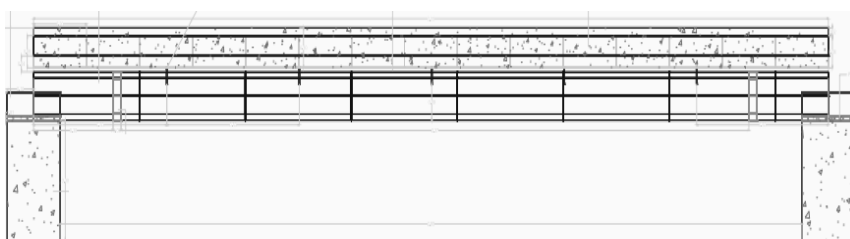
En la imagen 38 se explican cómo van las vigas en Guaduas sobre el muro; se ponen a 82 cm de distancia entre ejes, una después de la otra. Las vigas se encajan con los bloques del muro.

Figura 40. Instalación de las vigas sobre el muro. Corte perpendicular.



Fuente: Elaboración propia.

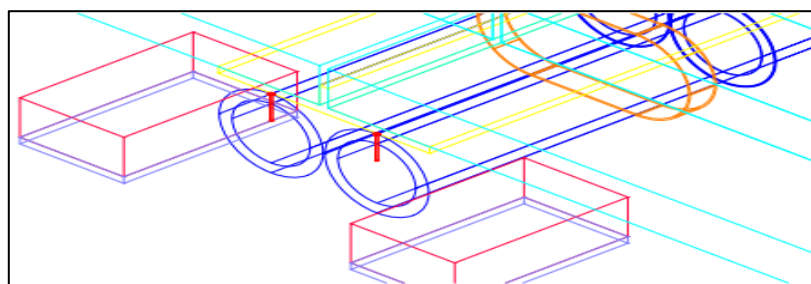
Figura 41. Instalación de las vigas. Vista lateral.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez están instaladas las vigas en Guadua, se colocan los paneles prefabricados, uno seguido del otro. Después se pasan las instalaciones eléctricas y sanitarias, y por último se funde una losa en concreto de 2 cm de grosor.

Figura 42: Instalación de paneles en vigas de guadua.



Fuente: Elaboración propias.

Ventajas del Uso de Paneles con Guadua en la Elaboración de Entrepisos

Las ventajas que se consiguen en la elaboración de entrepisos usando los paneles prefabricado en Guadua Angustifolia con recubrimiento en concreto son: los paneles son livianos, lo que permite una fácil manipulación e instalación de los elementos del entrepiso en obra. Es industrializado, no requiere formaleta, evita el desperdicio de materiales y es económico.

APU – Análisis de Precios Unitarios

El precio de cada panel es de \$5.650 y del sistema de entrepiso utilizando este panel es de \$63.076. En la tabla 6 se describen los valores por elemento, y en la tabla 7 se describen los valores para el sistema.

Tabla 8: Análisis de precio unitario panel tipo 1.

APU panel tipo 1			
Análisis	Um	Cantidad	Precio
Concreto cte. Grava común 3000 psi	M3	0,00332	\$ 1.130
Guadua 10cm diámetro	Ml	1	\$ 4.000
Malla gallinero hexagonal (2cm)	M2	0,16	\$ 320
Puntillas	Un	9	\$ 200
Total			\$ 5.650

Nota: Se explica el valor de cada elemento del panel y el valor total. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9: Análisis de precio unitario panel tipo 2.

APU Panel Tipo 2			
Análisis	Um	Cantidad	Precio
Concreto Cte. Grava Común 3000 Psi	M3	0,00664	\$ 2.260
Guadua 6cm Diámetro	Ml	3	\$ 6.000
Malla Gallinero # 3	M2	0,16	\$ 320
Puntillas	Un	9	\$ 200
Total			\$ 8.780

Nota: Se explica el valor de cada elemento del panel y el valor total. Fuente: Elaboración propia.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Tabla 10: Análisis de precio unitario sistema con panel tipo 1.

APU m2 del sistema			
Análisis	Um	Cantidad	Precio
Concreto cte. Grava común 3000 psi	M3	0,02	\$ 6.808
Cuadrilla albañilería-prestaciones	Hc	0,67	\$ 10.955
Guadua 7cm diámetro	MI	2	\$ 8.000
Paneles	Un	6,25	\$ 35.313
Triplex	M2	1	\$ 1.500
Tornillos	Un	7	\$ 500
Total			\$ 63.076

Nota: Se explica el valor del sistema por metro cuadrado con panel tipo 1. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Análisis de precio unitario sistema con panel tipo 2.

A P U m2 del sistema			
Análisis	Um	Cantidad	Precio
Concreto cte. Grava común 3000 psi	M3	0,02	\$ 6.808
Cuadrilla albañilería-prestaciones	Hc	0,67	\$ 10.955
Guadua 12cm diámetro	MI	2	\$ 8.000
Paneles	Un	6,25	\$ 54.876
Triplex	M2	1	\$ 1.500
Tornillos	Un	7	\$ 500
Total			\$ 82.639

Nota: Se explica el valor del sistema por metro cuadrado con panel tipo 2. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La Guadua es un elemento versátil que puede satisfacer muchas necesidades en el campo de la construcción sostenible, gracias a su crecimiento rápido y su capacidad de soportar esfuerzos de compresión y tracción.

Gracias a las cualidades de la Guadua, como su poco peso y buena resistencia, esta sirvió como un buen aligerante que redunda en el peso final de los paneles prefabricados en Guadua angustifolia para entrepisos.

Los arcos de las medias guaduas usadas en el panel ayudan a la transmisión de cargas hacia las vigas donde estos reposan, así mismo las medias guaduas permiten que los elementos sean uniformes debido a que su corte se hace a distancia lo que genera los 2 elementos de tamaños muy similares, esto reduce el desperdicio de material.

El uso de paneles prefabricados en Guadua angustifolia para entrepisos ayuda a una elaboración más ágil y práctica.

Bibliografía

Aceros Procesados S.A. (s.f.). *Manual técnico sistema constructivo placa colaborante acero-deck*. Recuperado de
https://www.academia.edu/6580181/MANUAL_T%C3%89CNICO_SISTEMA_CONSTRUCTIVO_PLACA_COLABORANTE_ACERO-DECK

Acesco. (s.f.). *Metaldeck. Manual de Instalación*. Recuperado de
<http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaldeck-grado-40-manual-de-instalacion.pdf>

Actualidad. (05 de agosto de 2014). Manabí. *El Diario*, pág. [en línea]. Recuperado de
<http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/324920-denuncian-que-procesadora-de-cana-guadua-provoca-danos-en-la-salud/>

Ardón, E., Dardón, M., & Torres, Á. (2007). *Guía para el control de calidad del diseño estructural y de la construcción de viviendas de una y dos plantas de mampostería de bloque de concreto*. (Monografía para optar al título de Ingeniero Civil). San Salvador: Universidad de El Salvador; Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Arquigrafico. (s.l.). *Sistema constructivo de laminas metalicas Metaldeck*. Recuperado de
<https://arquigrafico.com/sistema-constructivo-de-laminas-metalicas-metaldeck/>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. (s.f.). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*. Recuperado de
<http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Construccion/%5BPD%5D%20Documentos%20-%20Manual%20de%20construccion%20en%20bahareque.pdf>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. (2001). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. s.l.: La Red.

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Recuperado de

http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrvvm/mamposteria_lared.pdf

Bambus-Conbam. (2004). *Básicos : almacenamiento y secado*. Recuperado de

<http://www.conbam.info/pagesES/basics.html>

Civilgeeks. (2011). *La Guadua, acero vegetal y prodigio de la naturaleza*. Recuperado de

<http://civilgeeks.com/2011/12/07/la-guadua-acero-vegetal-y-prodigio-de-la-naturaleza/>

ConstruyaFacil. (s.f.). *Recomendaciones para la instalación de placa fácil*. Recuperado de

<http://www.construyafacil.org/2011/10/recomendaciones-para-la-instalacion-de.html>

Construyendo. (s.f.). *Tipos de losas*. Recuperado de

<http://construyendo.co/temas/articulos/losas.php>

Contrucción. (24 de marzo de 2009). *Losas de entrepisos*. Recuperado de

<http://cecasayelen.blogspot.com.co/2009/03/losas-de-entrepisos.html>

De Navas, E. (2011). *Aplicaciones estructurales de la guadua (Guadua Agustiofila Kunth)*.

Proyecto de estructura modular multifuncional el Colombia. (Proyecto de fin de Carrera). Madrid ; España: Universidad Politecnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Recuperado de

http://oa.upm.es/13719/1/PFC_Elvira_de_Navas_Gutierrez.pdf

EcuRed. (s.f.). Recuperado de <https://www.ecured.cu/Entrepiso>

Erazo, I. (2010). *Vivienda sismo-resistente en guadua*. Bogotá: U. Piloto de Colombia.

Eternit Colombia. ([2008]). *Eterboard. Manual técnico : sistema constructivo en seco*.

Entrepisos, soluciones constructivas. Recuperado de

http://www.arquitectiando.com/download/Catalogo_Eterboard.zip

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

La Casa de Guadua. (14 de julio de 2014). *Casa prefabricada en guadua 100 m2*. Recuperado de <https://lacasadeguadua.wordpress.com/>

Ladrillera Santafe. (2012). *Manual placa fácil*. Recuperado de http://santafe.com.co/images/manuales/ma_p_20.pdf

Mercado libre. (s.l.). *Bloque de Piñata Aliven 55x19x13*. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-515470447-bloque-de-pinata-aliven-55x19x13-_JM

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería. (1997). Título B - Cargas. En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. B1-B82). Bogotá: Dirección del sistema habitacional. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/2titulo-b-nsr-100.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería. (1997). Título E. - Casas de uno y dos pisos. En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. E1-E40). Bogotá: Dirección del sistema habitacional. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/5titulo-e-nsr-100.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Sísmica, AIS Asociación Colombiana de Ingeniería. (1997). Título G. - Estructuras de madera y estructuras de guadua. En *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10* (págs. G1-G156). Bogotá: Dirección del sistema habitacional. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/5titulo-e-nsr-100.pdf>

Palacios, J. (22 de julio de 14). *SIEV" Civil construction*. [Video de YouTube]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=TXPWZsZYWmA>

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Peicasacostera. (2013). *Primeros acercamientos*. Recuperado de

<https://peicasacostera.wordpress.com/primeros-acercamientos/>

Plycem. (25 de febrero de 2015). *Guía rápida de instalación para entrepisos*. Recuperado de

http://www.macopa.com/sites/default/files/adjuntos-productos/8_manual-de-inst-entrepiso-web-25-feb-2015.pdf

Quimicataxo. (2012). *Taxonomía de las plantas (Guadua) : Descripciones*. Recuperado de

<https://quimicataxo.webnode.es/taxonomia-/taxonomia-del-las-plantas-/descripciones/>

Salazae, G. (09 de septiembre de 2009). *Inmunizado de la guadua*. Recuperado de

<http://manejoconstruccionguadua.blogspot.com.co/>

Secretaría de La Contraloría General de la CDMX. (2008). *Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*. Recuperado de

<http://cgservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/742.pdf>

Seeley, I. (1993). *Tecnología de la construcción*. Mexico: Limusa.

Zechinelli, A. (s.f.). *03 Tipos de Losas 1*. Recuperado de

<https://www.scribd.com/document/96857423/03-Tipos-de-Losas-1>

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Anexos

Anexo 1. Memorias de cálculo de volúmenes de guadua y concreto.

Volumen panel		Volumen guadua		Volumen concreto	
L	0,8	R	0,05	Vol. Total	0,0096
A	0,2	Pi	3,14	Vol. Total	0,00628
H	0,06	H	0,8		
Vol. Total	0,0096	Vol. Total	0,00628	Total	0,00332

Lamina triplex 9mm		Tx. entepiso	
L	2,44	Área	0,184
A	1,22		
Área	2,9768		
Valor	\$55.900	Valor	\$3.455

Referencia	Precio
Análisis	
Concreto cte. Grava común 3000 psi	\$27.231
Cuadrilla albañilería-prestaciones	\$10.955
Malla electrosoldada q3,1	\$1.428
Guadua 7cm diámetro	\$24.000
Malla gallinero # 3	\$1.500
Tornillos	\$800
Total	\$65.914

A P U panel tipo 1	Precio
Análisis	
Concreto cte. Grava común 3000 psi	\$1.130
Guadua 10cm diámetro	\$4.000
Malla gallinero # 3	\$320
Puntillas	\$200
Total	\$5.650

A P U m2 del sistema	Precio
Análisis	
Concreto cte. Grava común 3000 psi	\$6.808

PANELES PREFABRICADOS EN GUADUA ANGUSTIFOLIA PARA ENTREPISOS

Cuadrilla albañilería-prestaciones	\$10.955
Guadua 12cm diámetro	\$8.000
Paneles	\$35.313
Triplex	\$1.500
Tornillos	\$500
Total	\$63.076

A P U panel tipo 2	Precio
Análisis	
Concreto cte. Grava común 3000 psi	\$2.260
Guadua 6cm diámetro	\$6.000
Malla gallinero # 3	\$320
Puntillas	\$200
Total	\$8.780

A P U m2 del sistema	Precio
Análisis	
Concreto cte. Grava común 3000 psi	\$6.808
Cuadrilla albañilería-prestaciones	\$10.955
Guadua 12cm diámetro	\$8.000
Paneles	\$54.876
Triplex	\$1.500
Tornillos	\$500
Total	\$82.639