

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

PROYECTO DE GRADUACIÓN  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL



DESARROLLO DE UN MANUAL PARA USO DE UN SISTEMA  
CONSTRUCTIVO MODULAR DE PAREDES EN MADERA

ALEXANDER BRENES BONILLA

CARTAGO – COSTA RICA

JUNIO 2012

# ***DESARROLLO DE UN MANUAL PARA USO DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR DE PAREDES EN MADERA***

**Informe presentado a la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto  
Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de  
Licenciado en Ingeniería Forestal**

## **Miembros del Tribunal**

---

MBA. Diego Camacho Cornejo  
Profesor guía

---

Ph.D. Laura Leandro Zúñiga  
Lector

---

M.Sc. Gustavo Torres Córdoba  
Lector

# **DESARROLLO DE UN MANUAL PARA USO DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO MODULAR DE PAREDES EN MADERA**

Alexander Brenes Bonilla\*

## **RESUMEN**

Como alternativa a los sistemas constructivos tradicionales de los últimos 40 años, se hace una propuesta de un sistema constructivo en madera. Específicamente el sistema consta de paredes modulares constituidas por dos elementos básicos; baldosas y columnas.

Para el desarrollo de los componentes se ha utilizado madera del grupo de especies llamadas “pino amarillo del sur”, por ser la madera que importa Maderas Kodiak y además por contar con un gran respaldo técnico de los proveedores.

Por ser elementos constructivos de gran importancia, cada pieza de madera de las paredes es seleccionada con una rigurosa norma que garantice la idoneidad de cada componente.

El sistema liviano se ha nombrado Timber Modular y está diseñado para ser de fácil uso e instalación donde no es necesario mano de obra especializada.

Por ser de uso generalizado, se consultaron manuales de algunos sistemas livianos tradicionales y con base a estos se construyó un manual de uso y aplicaciones.

Como parte de este emprendimiento se ha dado un impulso importante por medio de ferias, espacios televisivos y otras actividades de mercadeo.

El sistema ha sido probado en algunos proyectos piloto y además está siendo incluido como alternativa a proyectos de interés social donde se fabrican viviendas en forma masiva.

Palabras claves: construcción en madera, sistemas constructivos en madera, mercadeo de madera, comercialización de productos forestales, comercialización de madera, uso de la madera, madera.

**\*Proyecto Final de Graduación, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, 2012, Junio, 2012**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida  
A mi esposa por todo su apoyo y comprensión.  
A mi hijo por ser mi inspiración.  
A mis padres por estar siempre a mi lado.  
A toda mi familia por toda su ayuda y cariño.

# ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. OBJETIVOS .....	9
2.1.    Objetivo general.....	9
2.2.    Objetivos específicos.....	9
3. REVISIÓN DE LITERATURA .....	10
3.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO. ....	10
3.2. EL RESURGIR DEL USO DE LA MADERA EN CONSTRUCCIÓN.....	11
3.3. SOSTENIBILIDAD.....	12
3.4. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE CASAS EN MADERA.....	13
3.4.1.    La construcción de viviendas en madera.....	13
3.4.2.    Sistemas estructurales en madera.....	13
3.4.3.    Clasificación de los sistemas estructurales.....	14
3.4.4.    Otros sistemas constructivos livianos .....	24
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
6. CONCLUSIONES.....	56
7. RECOMENDACIONES.....	57
8. BIBLIOGRAFÍA .....	58

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama Maderas Kodiak.....	11
Figura 2. Vivienda construida con troncos macizos.....	14
Figura 3. Estructura hecha con placas de madera.....	15
Figura 4. Estructura fabricada con entramados de madera.....	16
Figura 5. Vigas rectangulares de madera laminada en el taller.....	20
Figura 6. Partiduras.....	35
Figura 7. Grietas.....	35
Figura 8. Bolsas de resina.....	35
Figura 9. Tipos de baldosas (estándar banquina y cargador).....	39
Figura 10. Manejo correcto de las baldosas.....	40
Figura 11. Tipos de columnas.....	41
Figura 12. Manejo correcto de las columnas.....	41
Figura 13. Transporte adecuado de los materiales.....	42
Figura 14. Distribución de columnas y baldosas.....	42
Figura 15. Excavación de huecos para columnas.....	44
Figura 16. Colocación de las baldosas.....	46
Figura 17. Colocación de la solera.....	47
Figura 18. Lista de precios sistema Timber Modular.....	51
Figura 20. Propuestas de banner para el punto de venta.....	53
Figura 22. Invitación para participar en donación de vivienda.....	55
Figura 19. Invitación a Expo-Contrucción y Vivienda 2012.....	52

# 1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica por muchos años se ha dado un detrimento en el uso de madera para proyectos constructivos en general.

Desde hace alrededor de 40 años se ha incentivado la fabricación de viviendas en concreto y en menor porcentaje algunos sistemas livianos de paneles de distintos materiales, lo que ha relegado a la madera en un producto utilizado principalmente en acabados y en algunos casos para divisiones internas. Esta tendencia se ha arraigado cada vez más en la cultura constructiva del país y hace que no se mire más allá de la construcción actualmente tradicional (principalmente concreto). Una de las razones que más han influido en el abandono de la construcción en madera es el precio de los productos forestales, y algunas ideas erróneas surgidas alrededor del uso de la madera (combustión sencilla, menos seguridad y otros). Es importante señalar que aunque la madera actualmente no es producto utilizado tan masivamente en Costa Rica como en otras épocas, sigue siendo el material de construcción más usado en el mundo, inclusive en países desarrollados.

En los últimos 15 años con la llegada de productos forestales importados principalmente de Chile, se ha dado un resurgimiento de las aplicaciones que en algún momento fueron cedidas a otros materiales, esto por las cualidades y la tecnología con que son desarrolladas. Esto a su vez ha dado la oportunidad a empresarios forestales locales de reinventarse con el consiguiente beneficio al consumidor final.

La construcción es uno de los sectores más dinámicos de la economía y uno de los que abandonó en buena medida el uso de los productos forestales. Con el resurgimiento en los últimos años de la construcción en madera motivado como mencionamos anteriormente, gracias a productos de mejor desarrollo tecnológico que dan una mayor confiabilidad al usuario, han dado pie al surgimiento de gran cantidad de empresas dedicadas a este negocio, que en su mayoría enfocan su oferta a viviendas de tipo rural o diseños rústicos, los cuales en muchos casos no se adaptan bien a entornos urbanos.

Esta realidad abre la posibilidad de desarrollar un sistema de construcción que tenga la versatilidad de adaptarse a diseños o ambientes urbanos y rurales, dando un excelente rendimiento en todos los casos.

El sistema Timber Modular, ha sido desarrollado pensando precisamente en dar una opción de vivienda adaptable a cualquier entorno y ser además competitiva en todo aspecto con los sistemas tradicionales de concreto y los diversos sistemas livianos existentes en el mercado.

En su concepción se ha trabajado con maderas importadas de Estados Unidos por ser productos que aportan gran respaldo técnico y estandarización internacional, pero con el desarrollo de la actividad forestal tanto a nivel nacional e internacional y de sus productos, es posible extender fácilmente el uso de distintas maderas, de tal forma que puedan ser funcionales para el sistema.

Uno de los beneficios que actualmente ofrece cualquier sistema constructivo es la disminución en cantidad de mano de obra y tiempo de construcción, factores muy sensibles en los presupuestos de los inversionistas.

Esto ha dado pie a que cada vez salgan al mercado sistemas de construcción que ofrezcan una gran economía en el proceso de edificación.

Teniendo estas premisas el sistema Timber Modular, ofrece el uso de materiales con un excelente desarrollo tecnológico, alto control de calidad, una gran belleza estética y una gran economía en mano de obra y tiempo; favorecido por el bajo peso de sus componentes. Timber Modular tiene como meta ser una opción válida en la oferta constructiva del país y además dar un impulso al uso de la madera en la construcción tratando de recuperar el terreno perdido por muchos años.

El desarrollo de un manual de uso, da también un importante apoyo a los usuarios del sistema, pues de forma clara y sencilla da una guía que puede ser empleada tanto para expertos como no expertos en la construcción.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Desarrollar un manual de uso para instalación de paredes en madera, componente del sistema constructivo liviano prefabricado de vivienda denominado sistema Timber Modular.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Caracterizar los componentes de paredes en madera para el sistema constructivo liviano prefabricado de vivienda denominado sistema Timber Modular.
- Investigar sobre manuales de uso de otros sistemas livianos para definir los componentes necesarios para la construcción de un manual de uso.
- Planificar actividades comerciales para promover el sistema constructivo Timber Modular.

## **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **3.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA DONDE SE DESARROLLA EL PROYECTO.**

Maderas Kodiak surgió de la visión de su fundador, Alfred Webster Seed, a su llegada a Costa Rica del Canadá hace veinte años. Maderero y constructor de profesión y tradición, Alfred quedó impresionado al observar las bellísimas edificaciones antiguas en madera, tales como las que aún hoy se aprecian en Barrio Amón. Fue entonces que se propuso promover el resurgimiento del uso de la madera en la industria de la construcción en nuestro país (Alvarez, 2011).

Reconociendo a Costa Rica como país comprometido con la conservación de la naturaleza. Aprovechando su experiencia, conocimiento y contactos con la industria maderera norteamericana, en el 2006 se decidió fundar Maderas Kodiak. Esto con el doble propósito de ofrecer maderas de primera calidad al mercado nacional y a la vez cooperar con los esfuerzos de conservación de nuestro país al importar madera de plantaciones manejadas sosteniblemente en Norteamérica (Alvarez, 2011).

#### **3.1.1. Misión y Visión de la Empresa Maderas Kodiak.**

- **Misión**

Ser líderes en la distribución y uso de productos de madera certificada de Norteamérica, ofreciendo productos y servicios de la mejor calidad a precios competitivos, con un respaldo técnico y de diseño, que le dan un valor agregado a la inversión de nuestro cliente (Alvarez, 2011).

- **Visión**

Distinguirse por ofrecer a los clientes maderas cultivadas con los más altos estándares de calidad internacional (Alvarez, 2011).

A continuación se presenta el organigrama general por departamentos de la compañía Maderas Kodiak.

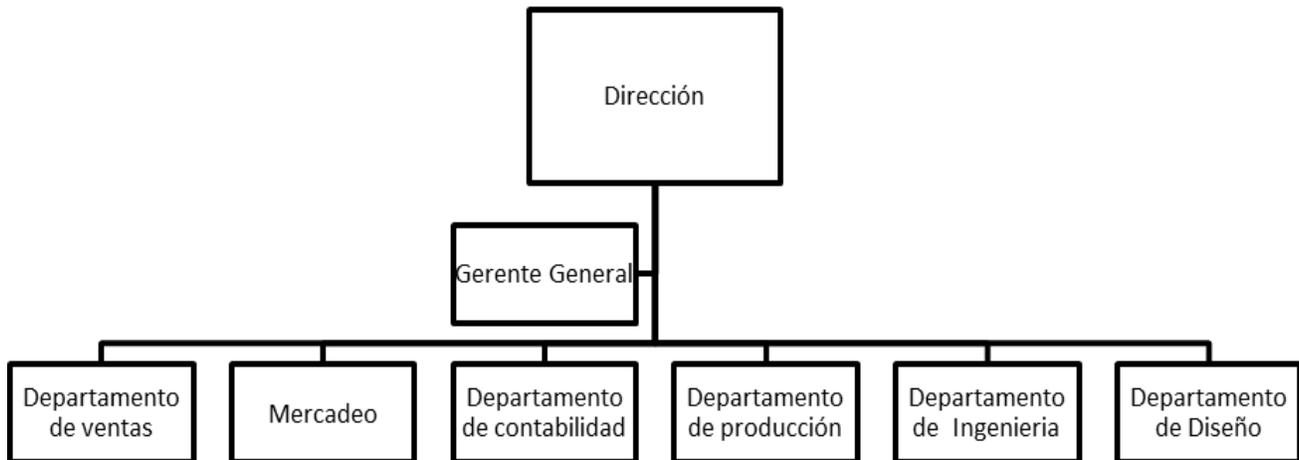


Figura 1. Organigrama Maderas Kodiak, San Rafael, Alajuela, 2012.

### **3.2. EL RESURGIR DEL USO DE LA MADERA EN CONSTRUCCIÓN.**

Importar madera de Canadá y Estados Unidos no solo significa traer un producto de alta calidad, cultivada con los más altos estándares, sino también un compromiso con el concepto ecológico de nuestro país, pues no fomentan el consumo de madera de bosques naturales (Seed, 2012).

El uso de la madera en la construcción de viviendas y estructuras de uso público, es un tema que está tomando cada vez más fuerza globalmente, sobre todo en la actualidad donde existen investigaciones científicas y ejemplos claros de sus propiedades y múltiples formas de utilizarla (Seed, 2012).

En relación con la madera, la construcción permite un uso intensivo de este recurso casi en bruto, lo cual se traduce en una menor inversión de energía durante el proceso de transformación de este material (Seed 2012).

Adicionalmente, la tecnología existente permite asegurar estructuras de calidad, idóneas para climas y entornos como el costarricense. La madera como producto aplicado, otorga a las estructuras características únicas: es lineal, sismo-resistente, cuenta con alta capacidad de aislamiento, durable, calculable, resistente y segura, además de su ya conocida belleza y calidez. Asimismo, estas construcciones son más saludables porque la madera bien tratada no permite humedad y por ende, evita enfermedades al ser humano como alergias y asma entre otras, características de los climas tropicales húmedos (Seed 2012).

Al hacer una comparación entre viviendas de madera o bloque, las construidas en madera son mucho más eficientes en el consumo de energía. Se ha comprobado que las casas de madera representan 28% de ahorro de demanda de energía, lo que se puede traducir en 376 litros menos de combustible al año. . (Seed 2012).

Por la calidad y belleza, así como por otras bondades características de la madera, se hace necesario fomentar el uso de este recurso natural renovable. (Seed 2012).

### **3.3. SOSTENIBILIDAD.**

La madera es el único material de construcción renovable y reciclable. Además de no comprometer a las futuras generaciones, mitiga el impacto ambiental en el área de la construcción. Los árboles capturan CO<sub>2</sub> de la atmósfera, el cual queda atrapado en las fibras de la madera en forma de carbono y a su vez liberan oxígeno, por lo que usar madera contribuye a reducir el cambio climático (Seed, 2012).

La actual crisis energética abre un período de carestía que estimulará el ahorro y las fuentes alternativas, haciendo surgir las nuevas ideas sobre la arquitectura y el urbanismo sostenible (Costamagna, 2012).

Cuando nos referimos a uso eficiente de energía, específicamente al problema de los gases invernaderos, entonces convertir el recurso renovable significa:

- De madera de los árboles a madera áspera aserrada toma 1MJ/kg. De áspera aserrada a secada en horno y artículo terminado: 5.3MJ/kg.
- El concreto 7.2 MJ/kg.
- El acero consume 4.3 MJ/kg.
- El aluminio 160 MJ/kg

Podemos deducir entonces que la madera es un recurso maravilloso que, además, durante sus primeros 20 años produce oxígeno y absorbe el CO<sub>2</sub>. Por tanto si se usará madera en vez de acero se podría ser 10 veces más eficientes en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> (Costamagna, 2012).

### **3.4. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE CASAS EN MADERA.**

#### **3.4.1. La construcción de viviendas en madera.**

La estructura de una vivienda está conformada por la fundación, los entramados horizontales (plataforma primer piso, entepiso en el caso de una vivienda de dos pisos y cielo), entramados verticales (tabiques soportantes y autosoportantes) y estructura de techumbre (Fritz *et al*, 2007)

#### **3.4.2. Sistemas estructurales en madera.**

En el proceso de montaje se consideran los revestimientos necesarios para lograr la rigidez adecuada, además de considerar, a medida del avance de la obra, los arriostramientos provisorios que permiten eliminar riesgos que deriven en posibles accidentes o daños estructurales (Fritz *et al*, 2007).

### 3.4.3. Clasificación de los sistemas estructurales.

Los sistemas estructurales desarrollados para viviendas de madera se dividen en dos grandes grupos según el largo de los elementos estructurales y las distancias o luces entre los apoyos (Fritz *et al*, 2007).

- Estructuras de luces menores
- Estructuras de luces mayores

#### **A. Estructuras de luces menores.**

Se subdividen en:

- Estructuras macizas
- Estructuras de placa
- Estructuras de entramados

#### **B. Estructuras Macizas.**



Figura 2. Vivienda construida con troncos macizos, San Rafael, Alajuela, 2012.

Es un Sistema constructivo que por su aspecto de arquitectura, solución estructural y constructiva, es particularmente diferente. Su presentación es de una connotación de pesadez y gran rigidez por la forma en que se disponen los elementos que lo constituyen, en este caso rollizo o basa (Fritz *et al*, 2007).

Estructuralmente no corresponde a una solución eficaz, ya que por la disposición de las piezas, éstas son perpendicularmente a la fibra, o sea en la dirección en la cual la resistencia es menor (Fritz *et al*, 2007).

Sin embargo, el disponer de esta forma el material facilita el montaje de los diferentes elementos que conforman la estructura de la vivienda (Fritz *et al*, 2007)

Otra ventaja que ofrece es la buena aislación térmica, garantizada por la masa de la madera. En su defecto presenta problemas en la variabilidad dimensional por efecto de los cambios climáticos, los que afectan en gran medida los rasgos de ventanas y puertas, como también las instalaciones sanitarias (Fritz *et al*, 2007).

Hoy el avance de la industria ha permitido mejorar el sistema de construcción maciza, introduciendo nuevos diseños, aprovechando los aspectos de aislamiento térmico, facilitando y mejorando los aspectos estructurales y los de montaje de la construcción (Fritz *et al*, 2007).

Cada tronco se va colocando uno sobre otro, amarrados en su interior con fierros verticales de diámetro de 8 mm y sellando longitudinalmente el encuentro entre estos con espuma de poliuretano, como protección a la infiltración de aire y lluvia del exterior y salida de calor del interior (Fritz *et al*, 2007).

### **C. Estructuras de placas.**

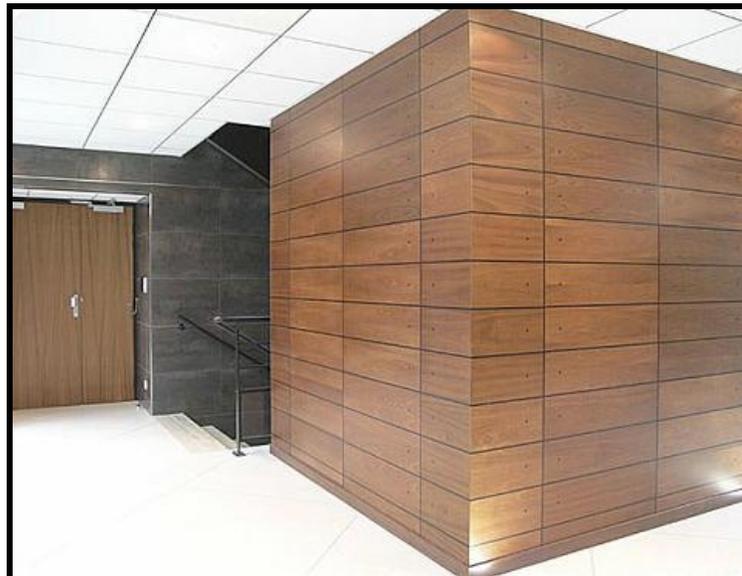


Figura 3. Estructura hecha con placas de madera, San Rafael, Alajuela, 2012.

La necesidad de reducir los plazos en la construcción y de mejorar y garantizar la calidad de terminación del producto, ha conducido a que gran parte de los elementos que conforman la estructura de la vivienda sean fabricados y armados en industrias especializadas o en talleres de las propias empresas constructoras, cuya aplicación se ha ido acentuando en la medida que aumenta la mecanización de los procesos constructivos (Fritz *et al*, 2007).

Este sistema básicamente consiste en la fabricación de paneles que están conformados por bastidores de perfil de madera, provistos de revestimiento que le imprimen la rigidez y arriostramiento al conjunto (Fritz *et al*, 2007).

A cada panel que corresponde se le incorpora la instalación eléctrica, sanitaria, aislación térmica, barreras de vapor y humedad, puertas y ventanas, para luego ejecutar en obra los anclajes a la fundación, uniones de encuentros y colocación de revestimientos.

La gran fortaleza que ofrece este sistema constructivo es el fácil desarme de los elementos estructurales que conforman la vivienda, por lo que las soluciones de las uniones como pernos, piezas de madera, clavos y perfiles de acero deben ser de fácil acceso y simple mecanismo (Fritz *et al*, 2007).

El armado de estos paneles está regido por la estructuración de construcciones de diafragmas, donde los paneles se disponen de forma que se arriostren y se obtenga la rigidez necesaria para la estructura (Fritz *et al*, 2007).

#### **D. Estructuras de entramados.**

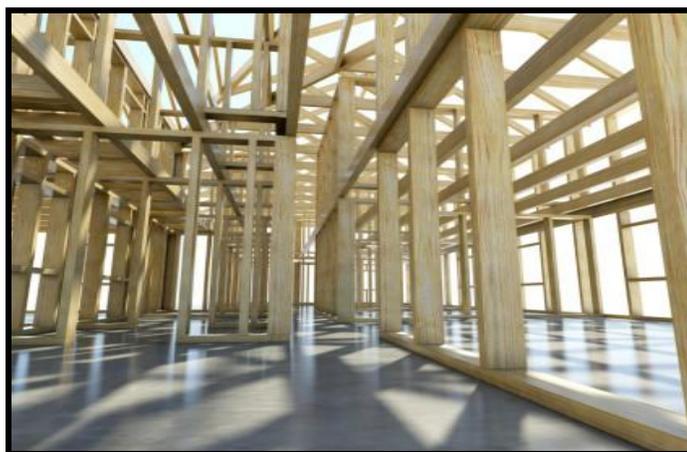


Figura 4. Estructura fabricada con entramados de madera, San Rafael, Alajuela, 2012.

Son aquellos cuyos elementos estructurales básicos se conforman por vigas, pilares o columnas, postes y pie derecho (Fritz *et al*, 2007).

Según la manera de transmitir las cargas al suelo de fundación podemos distinguir los sistemas:

- a. De poste y viga, aquellos en que las cargas son transmitidas por las vigas que trasladan a los postes y estos a las fundaciones.
- b. De paneles soportantes, aquellos en que las cargas de la techumbre y entrepisos son transmitidas a la fundación a través de los paneles.

**a. Sistema poste-viga.**

Utilizado principalmente cuando se deben salvar luces mayores a las normales en una vivienda de dos pisos, pudiendo dejar plantas libres de grandes áreas. Utiliza pilares o postes, los cuales están empotrados en su base y se encargan de recibir los esfuerzos de la estructura de la vivienda a través de las vigas maestras ancladas a estos y sobre las cuales descansan las viguetas que conformarán la plataforma del primer piso o del entrepiso (Fritz *et al*, 2007).

Se puede observar el conjunto de vigas horizontales e inclinadas y cómo transmiten los esfuerzos a los pilares o columnas.

Las diferentes piezas de madera van entrelazadas entre sí, lo que hace necesario un ensamble en los más diversos ángulos. En muchos casos la resolución adecuada de las uniones es la que caracteriza la calidad de la construcción, que en general se resuelve empleando herrajes metálicos o conectores especiales, los que entregan solidez y seguridad a la unión (Fritz *et al*, 2007).

En general, en la mayoría de las uniones estructurales, según sea la relación de esfuerzos entre las piezas, deberá elegirse el sistema más adecuado, cuidando que las dimensiones de los elementos de transmisión generalmente metálicos, estén en relación con la sección de los elementos de madera.

**b. Sistema de paneles soportantes.**

En el sistema de paneles soportantes se destacan:

- Sistema continuo
- Sistema plataforma

### **b.1. Sistema continuo.**

Los tabiques estructurales perimetrales e interiores son continuos, es decir, tienen la altura de los dos pisos (comienzan sobre la fundación y terminan en la solera de amarre superior que servirá de apoyo para la estructura de techumbre).

El entramado vertical conformado por pie derecho continuos. Las piezas tienen la altura de los dos pisos (Fritz *et al*, 2007).

Este sistema constructivo considera fijar la estructura de plataforma del primer piso y de entrepiso directamente a los tabiques estructurales.

Las vigas del primer piso se fijan al pie derecho por el costado de éste y se apoyan sobre la solera inferior del piso. Las vigas del entrepiso también se fijan a los pie derecho por el costado y se apoyan sobre una viga, la cual está encastrada y clavada a los pie derecho. Esta disposición permite conformar un marco cuyas uniones tienen cierto grado de empotramiento (Fritz *et al*, 2007).

La secuencia constructiva tiene la virtud de colocar la estructura de la techumbre y su cubierta después de colocados los pie derecho, lo que genera un recinto protegido para trabajar en casi todas las etapas del proceso constructivo y terminaciones (Fritz *et al*, 2007).

En la práctica este sistema no permite ser prefabricado, además, los largos que requieren los pie derecho no están estandarizados, por lo que es un sistema que ha sido desechado en los últimos años (Fritz *et al*, 2007).

### **b.2. Sistema de plataforma.**

Es el método más utilizado en la construcción de viviendas con estructura en madera.

Su principal ventaja es que cada piso (primero y segundo nivel) permite la construcción independiente de los tabiques soportantes y autosoportantes, a la vez de proveer de una plataforma o superficie de trabajo sobre la cual se pueden armar y levantar (Fritz *et al*, 2007).

Paralelamente a la materialización de dicha plataforma de primer piso de hormigón o madera, se pueden prefabricar externamente los tabiques para ser erguidos a mano o mediante sistemas auxiliares mecánicos simples (Fritz *et al*, 2007).

La plataforma de madera se caracteriza por estar conformada por elementos horizontales independientes de los tabiques, apoyados sobre la solera de amarre de ellos, la que además servirá como una barrera cortafuego a nivel de piso y cielo para la plataforma (Fritz *et al*, 2007).

El entramado horizontal de la plataforma está dispuesto de tal manera que coincide, en general, con la modulación de los pie derecho de los tabiques, conformando una estructura interrelacionada. Por otra parte, requiere de un elemento estructural que funcione como una placa arriostrante, en reemplazo del tradicional entablado, conocido como "Sistema Americano". En la actualidad, se cuenta con dos tipos de placas arriostrantes: el contrachapado estructural y la placa de OSB (Oriented Strand Board), los que ayudarán en la resistencia de la plataforma y sobre los cuales se fijarán las soleras de los tabiques del piso superior, además de recibir la solución de pavimento que indique el proyecto (Fritz *et al*, 2007).

#### ***E. Estructuras de luces mayores.***

A medida que se han ido agotando los árboles robustos en los bosques debido a la sobreexplotación, o bien que algunos países han prohibido su explotación y además que la sociedad ha ido demandando estructuras que soporten cargas y luces mayores, las secciones grandes que pueden extraerse de los bosques existentes son difíciles de obtener con maderas aserradas. El avance tecnológico en los pegantes ha permitido que la madera pueda unirse, tanto en los extremos como lateralmente; así se han desarrollado productos como la madera terciada, aglomerada, laminada (Fritz *et al*, 2007).



Figura 5. Vigas rectangulares de madera laminada en el taller, San Rafael, Alajuela, 2012.

La madera laminada (gluelam) está constituida por láminas o duelas de espesor pequeño, de longitudes diversas, ensambladas mediante uniones múltiples, tipo finger joints, y pegadas unas a otras, para la obtención de elementos macizos de sección rectangular. Este sistema permite obtener elementos de características superiores a las maderas tradicionales, debido a la eliminación de defectos en las duelas. Por el proceso de fabricación, que no permite continuidad en la fibra, se obtienen elementos más estables dimensionalmente y con menores deformaciones. Es un material adecuado para conformar las estructuras de las cubiertas de espacios con grandes luces, más liviano y resistente que la madera original, con una relación resistencia a peso superior. Se puede trabajar en distintas formas, siendo las más usuales la viga, el arco triarticulado y los marcos; se pueden obtener elementos de cualquier longitud y sección (Fritz *et al*, 2007).

La laminación permite la construcción de vigas con sección variable, que responden a la variación de los momentos y por ende de los esfuerzos, concentrando mayor cantidad de material en las zonas de tensión y compresión de la viga, dejando la zona intermedia de la sección con menor cantidad de material (más estrechas) o con maderas de menor calidad. (Fritz *et al* 2007).

Aunque las gluelam ofrecen grandes ventajas sobre las maderas aserradas, tienen algunas desventajas asociadas a su uso. Puesto que el proceso de pegado requiere un control de calidad estricto y cierto grado de sofisticación tecnológica, es necesario contar

con personal especializado e instalaciones que permitan una manufactura con buen control de calidad. Esto hace que las maderas laminadas sean en general más costosas que las maderas aserradas. Cuando se comparan las maderas comerciales de longitudes semejantes, la madera laminada no es competitiva económicamente frente a la madera aserrada. Sin embargo, la madera laminada le ofrece a los diseñadores estructurales y arquitectos constructores una opción útil e importante para planear construcciones de madera de grandes dimensiones (Fritz *et al*, 2007).

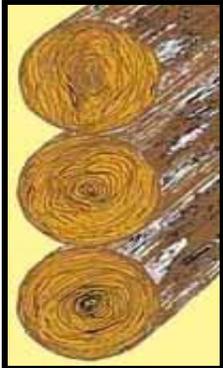
Aunque ha sido un material poco usado en el país, existen algunas estructuras como las montadas en el proyecto Gol de la Federación Costarricense de Fútbol fabricadas por la empresa Xiloquímica. Recientemente otras, han empezado a producir en el país, elementos en madera laminada, a partir de piezas melina para algunas estructuras, con vigas de secciones desde 10 cm x 20 cm hasta 70 cm y arcos y marcos. Aunque el costo es superior a los sistemas tradicionales, el peso reducido y la apariencia estética de los elementos la hacen más popular en auditorios o sitios de reunión, en los cuales las condiciones estéticas son importantes. (Seed, 2012).

La madera laminada es considerada como uno de los materiales de mejor comportamiento y más seguros frente al fuego, en caso de incendio. Su resistencia al fuego es excelente, garantizando un tiempo suficiente para obtener la evacuación de bienes y vidas. Este tiempo es conocible desde el proyecto, por lo que puede predecirse su comportamiento, mientras que con otros materiales no es previsible el comportamiento del edificio frente al fuego. La formación de una costra de carbón de madera en la superficie de la madera, disminuye la conductividad térmica, protegiendo de la combustión al elemento de madera por un tiempo relativamente largo, manteniendo su estabilidad estructural. Los elementos de materiales de alta conductividad, como el acero, aluminio, pierden rápidamente sus características estáticas, si no son protegidos suficientemente por costosas capas protectoras, en caso de aumentos de temperatura (Fritz *et al*, 2007).

En el siguiente cuadro se presentaran algunos sistemas en madera usados actualmente en el mundo.

Cuadro 1. Descripción de sistemas constructivos en madera, San Rafael, Alajuela, 2012.

Sistema constructivo	Descripción
<p style="text-align: center;"><b>Desmontable</b></p> 	<p>Usado para casetas de jardín o de terraza, destinadas a guardar utensilios o herramientas y que se pueden trasladar ya montadas.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Sistema prefabricado desmontable</b></p> 	<p>Utilizado para construir bungalows, casas de pequeño tamaño, con fines vacacionales (campings o similares), que se transportan ya completamente montadas. También existen casas prefabricadas de dimensiones mayores, que se transportan y se montan por módulos</p>
<p style="text-align: center;"><b>Sistema de tableros</b></p> 	<p>Sistema con tableros de aglomerado, paneles de resina o tablilla de pino, reforzados mediante estructuras metálicas o rastreles de madera, que son los que sostienen la estructura. La madera cumple una función meramente decorativa. Algunas llevan aislantes sencillos, como el corcho.</p> <p>Son construcciones muy ligeras y, como las prefabricadas, pueden montarse en partes y ser transportadas en vehículos.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Sistema americano y Canadiense (con tablilla)</b></p> 	<p>Sistema de construcción mediante paneles de madera en la paredes interiores y tablillas superpuestas con aislantes en el exterior, que llevan un acabado de pintura blanca o de color y tejado de tégola.</p> <p>Emplea mucha cantidad de aislantes para reforzar la falta del tronco y su correspondiente acción aislante</p>

<p><b>Sistema rústico (con tronco redondo)</b></p> 	<p>Utilizado para la construcción de cabañas rústicas. Se realiza mediante superposición de troncos sin corteza de unos 20 cm. de grosor. Dentro de los troncos se practican unos agujeros verticales para pasar las instalaciones por los mismos. Los troncos de las distribuciones interiores pueden cubrirse con paneles</p>
--	---

<p><b>Sistema nórdico o finlandés (de tronco redondo sin estructura interna)</b></p> 	<p>Las casas se construyen mediante troncos trabajados, de unos 12 cm. de grosor, generalmente de madera de pino, que se entrelazan en las esquinas. No llevan aislantes ni barreras de vapor y humedad, el tejado suele ser de tégola sintética y se asientan sobre una base muy sencilla. La estructura no se sustenta en las vigas, sino en espacios estrechos instalados entre las paredes de la tabiquería interior de la planta baja. Las instalaciones de la casa deben ser vistas o bien introducidas en agujeros verticales practicados en los troncos</p>
---	---

<p><b>Sistema europeo (de tronco recto con estructura y aislantes)</b></p> 	<p>Es el sistema constructivo en madera de mayor calidad, confort y durabilidad. Utiliza troncos trabajados de madera de conífera, principalmente abeto, debido a su gran resistencia. En el interior las paredes se recubren de tablilla y entre ellos y la pared exterior se introduce un triple aislante, así como las instalaciones y tuberías. La estructura se sustenta en vigas de grandes dimensiones, que cumplen las normativas europeas en cuanto al cálculo de su luz y carga y a sus flechas de flexionado. Como consecuencia, se trata de estructuras muy sólidas y al caminar sobre el piso superior no se produce vibración. Este tipo de construcción hace posible instalar tejado de teja y puede llevar suelos con cerámica en la planta baja.</p>
--	---

Fuente: [www.lallavedelhogar.es](http://www.lallavedelhogar.es)

### **3.4.4. Otros sistemas constructivos livianos**

#### ***F. Sistema constructivo prefabricado de concreto.***

Es un sistema modular de paredes prefabricadas de concreto reforzado, para viviendas de una planta. Diseñado de manera que el montaje pueda ser efectuado por grupos de trabajadores sin que se requiera equipo especial y grúa.

Los elementos prefabricados han sido diseñados conforme a los criterios establecidos por el Reglamento de construcciones y Código Sísmico de Costa Rica 2002 (Productos de Concreto, 2010).

#### **■ Componentes.**

El diseño lo componen dos tipos de piezas: baldosas y columnas.

#### **■ Baldosas.**

- Longitud variable para facilitar la modulación.
- Espesor 3.6 cm.
- Cantos superior e inferior para hacer junta dentada.
- Lado interior y exterior de la baldosa (muy importante en el caso de los tapicheles).

#### **■ Columnas.**

- Longitud de 3.15 m para altura de 2.50 m en NPT.
- Ménsula para apoyo de primera baldosa.
- Columnas con previstas eléctricas (toma y apagador) y prevista para ducha.
- Barril de acero roscado embebido para conexión de solera con tornillo.

#### **■ Usos.**

- Viviendas de un piso.
- Aulas.
- Baterías de Baño.

- Tapias.

#### ■ **Constitución de las partes.**

Las baldosas están conformadas por varilla #3 en forma vertical cada 0.35 cm y varilla #2 horizontalmente cada 0.51 cm (Productos de Concreto, 2010).

La columna es conformada con varilla #3 cada 18 cm., y varilla #2 cada 44 cm., diseñada en ángulo de 90° grados que se instala en las esquinas y divisiones de las paredes garantizando una real continuidad de materiales (Productos de Concreto, 2010). Se utiliza un concreto vibrado en sitio para eliminar partículas de aire, garantizando una alta resistencia final de más de 380kg/cm<sup>2</sup> a 28 días y cumpliendo con las normas establecidas por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (Productos de Concreto, 2010).

#### ■ **Sistema de instalación.**

El sistema de instalación está compuesto por la placa, unión macho y hembra entre las piezas prefabricadas y la viga corona.

La placa corrida es de 30 cm., de ancho por 20 cm., de profundidad. Esta lleva en la parte inferior un sello de concreto de 5 cm., que se usa para nivelar las baldosas y columnas (Productos de Concreto, 2010).

En esta misma placa la varilla #3 de la baldosa se une con las varillas que se arman en el sello, esto forma una armadura total desde la base hasta la viga corona, luego se rellena la placa total (Productos de Concreto, 2010).

#### ➤ **Sistema macho/hembra.**

Al momento de unir los componentes se da una continuidad en la sección garantizando una pared lisa, dando como resultado un sello real y seguro evitando filtraciones de agua o humedad.

La viga corona, se instala en la parte superior de todas las baldosas y columnas. La varilla #3 que sobresale aproximadamente 10cm. de las piezas se une a la armadura de la viga

corona. Según las necesidades del cliente esta viga corona puede que sea en madera, RT (perling) o chorreada en sitio con armadura respectiva (Productos de Concreto, 2010).

### **G. Sistema constructivo de placas de fibrocemento.**

#### **■ Descripción comercial.**

Este es un sistema liviano en el cual se utilizan láminas de fibrocemento de alto espesor, en combinación integral con otros elementos para conformar una solución estructural. Está constituido por paneles de láminas de fibrocemento de 25 mm de espesor, altura de 2.50 m y 1.22 m de ancho, totalmente modular dependiendo de las exigencias arquitectónicas. La unión de paneles, se refuerza con una sección tubular de acero, haciendo el sistema totalmente adaptable a diferentes condiciones climáticas y exigencias sísmicas. En la unión de las láminas y tubos se coloca un tapajuntas de fibrocemento. Tanto la conexión con el sistema de cimentación así como el cierre superior de las paredes se hace a través de perfiles de acero especiales los cuales permiten la debida transmisión de cargas y el desempeño estructural (Plycem, 2005).

#### **■ Aplicaciones.**

El Sistema Constructivo 1000 puede utilizarse para la construcción de:

- Viviendas.
- Aulas para escuelas o colegios.
- Casas de campo.
- Casas de playa.
- Bodegas pequeñas.
- Ampliaciones de vivienda.
- Obras diversas.
- Muros.

#### **■ Cualidades.**

Por sus características, el Sistema Constructivo 1000 es simple, versátil, rápido de instalar y de bajo costo, lo que lo hace accesible y atractivo (Plycem, 2005).

Por ser un sistema de bajo peso, es resistente a las solicitaciones sísmicas y se comporta de forma adecuada a las presiones de viento moderadas inferiores a 70 km/h, sin embargo, siempre se requiere la asesoría profesional dependiendo de la zona en la cual se utilizará el sistema tanto para consideraciones de diseño sismorresistente como por presiones de viento (Plycem, 2005).

#### ■ Componentes.

- Láminas de fibrocemento de 1220 mm x 2440 mm x 25 mm como pared exterior o interior.
- Flejes verticales y horizontales de fibrocemento de 25 mm de espesor y ancho variable como tapajuntas entre láminas.
- Tubo de acero de  $\frac{3}{4}$ " o 1" entre láminas como soporte estructural del sistema.
- Angular de 75 mm x 2440 mm x 1.54 mm como refuerzo de acero en las esquinas.
- Angular de 150 mm x 150 mm x 3 mm como anclaje a la losa de fundación.
- Viga especial de acero como elemento de amarre superior en las paredes.

#### ■ Tipos.

No existe un diseño de modelo único, sino que puede ajustarse a los requerimientos arquitectónicos y necesidades del cliente (Plycem, 2005).

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS DE PAREDES EN MADERA.**

Para la construcción de paredes (columnas y paneles) se utilizó en primera instancia un criterio de selección de la madera, en el cual se escogen las piezas que reúnen las características deseables para fabricar elementos estructurales para las paredes.

### **4.2. ESPECIFICACIONES GENERALES GRADO TIMBER MODULAR.**

Así se define a la madera que clasifica como grado estándar para mercado de Costa Rica.

La clasificación de las maderas secas es por ambas caras. Los cantos deben ser consecuentes con el producto final que se está clasificando.

Los puntos en los cuales se definieron parámetros y restricciones de clasificación son los siguientes:

- Contenido de humedad.
- Alabeos.
- Medula corcho y firme.
- Nudos muertos y vivos.
- Perforaciones.
- Canto muerto.
- Grietas, tajaduras o partiduras.
- Bolsas de resina o corteza.
- Perfilados y cepillado.
- Otros

### **4.3. MODELO PARA CONSTRUCCIÓN DE MANUAL.**

Se investigó en el mercado nacional de sistemas constructivos de paredes, alternativos al sistema de bloques de concreto tradicional, el cual es el de mayor uso en el

país. Específicamente se escogió el Sistema Constructivo 1000 de Plycem y el sistema Prefa de Productos de Concreto. Se seleccionó estos dos sistemas pues son representativos de gran parte de los sistemas livianos existentes en el mercado nacional.

Entre estos sistemas se hizo una valoración para definir un modelo de catálogo que contemplen los pasos necesarios para que el consumidor pueda tener una guía clara sobre el uso del sistema y sus alcances.

Se definieron estos apartados a razón de describir el sistema de paredes Timber Modular:

- Generalidades.
- Velocidad de construcción.
- Costo.
- Estabilidad estructural.
- Modulación de paredes.
- Seguridad y estética en las fachadas.
- Economía en los acabados de pared.
- Características de los componentes.
- Baldosas.
- Columnas.
- Manejo de las baldosas.
- Manejo de las columnas.
- Transporte.
- Instalación.
- Interpretación de planos.
- Ubicación de la obra.
- Preparación del terreno.
- Nivelación general.
- Excavación de huecos para las columnas.
- Sello de concreto.
- Colocación de las columnas.
- Colocación de columnas sobre basas de concreto.
- Asiento de madera para baldosas.

- Colocación de las baldosas.
- Colocación de la solera.
- Asiento de concreto para evitar filtraciones al piso.
- Ventajas adicionales del sistema.
- Almacenamiento y manipulación.
- Acabados para la madera.

Una vez analizada la información se enfatizó en las distintas condiciones que ofrecen los sistemas y se enumeraron las más deseables en un sistema de construcción, para ser adoptado por el mercado nacional.

#### **4.4. COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO.**

Con el desarrollo del sistema constructivo de paredes, se empezó con el mercadeo y promoción del producto.

En esta etapa se trabajó en la fabricación de material publicitario, además se participó en ferias de construcción y se pautaron espacios en medios masivos para la promoción del producto.

Además se llevó a cabo un programa conjunto con varias organizaciones, para beneficiar con una vivienda a una familia de escasos recursos económicos. de la comunidad de San Rafael de Alajuela.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PAREDES EN MADERA.

Una vez analizado los defectos más comunes en la madera de pino amarillo se tienen las especificaciones para la clasificación de la madera a utilizar en los componentes del sistema constructivo.

### 5.2. ESPECIFICACIONES GENERALES GRADO TIMBER MODULAR.

A continuación se presentan los parámetros definidos para cada variable posible en la madera a utilizar en los componentes de paredes.

Cuadro 2. Contenido de humedad en porcentaje (%), San Rafael, Alajuela, 2012.

	<b>Madera Impregnada%</b>	<b>Madera impregnar%</b>	<b>Sin</b>
Mínimo por pieza	10 C.H.	8 C.H.	
Promedio	18 C.H.	14 a 18 C.H.	
Máximo Peak	20 C.H.	18 C.H.	

Para la madera impregnada, se aceptan piezas con mayor y menor contenido de humedad siempre que sean valores continuos a los valores mínimos y máximos. Ninguna pieza debe superar a 24% de C.H.

#### 5.2.1. Alabeos.

Los límites son especificados para piezas de 100 mm de ancho por 3,2 m de largo. Otros anchos y/o largos deberán ser tratados en forma proporcional, según se indica.

### 5.2.2. Arqueadura (BOW).

Se define en función del largo. 6 mm por cada 1 metro de largo. Ejemplo: en 3,2 m de largo se acepta 19,2 mm de Bow

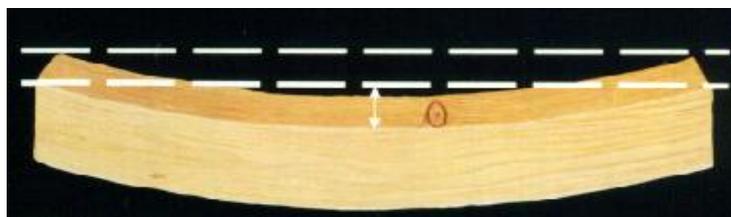


### 5.2.3. Acanaladura (CUP)

Máximo 2 mm en anchos igual o mayores a 150 mm.

### 5.2.4. Encorvadura y Torcedura (CROOK y TWIST).

Se definen en función del producto, ancho y largo (en milímetros)



### 5.2.5. Médula corcho.

Se acepta sólo en la trascara, siempre que no afecte los cantos.

- Ancho máximo: 10 mm.
- Largo máximo: 200 mm (un largo o varios sumados).

### **5.2.6. Médula Firme.**

Aceptada en cualquier cara, siempre que no sobrepasen las siguientes medidas:

- Ancho máximo: 15 mm.
- Largo máximo: 1/2 del largo de la pieza (un largo o varios sumados).

### **5.2.7. Nudo muerto.**

No se aceptan nudos muertos que traspasen cara y trascara. Sólo se aceptan nudos muertos pequeños (menores a 15 mm) que estén presentes en el canto de la pieza.

### **5.2.8. Nudos vivos alargados.**

#### ➤ **En piezas de ancho igual y menor a cuatro pulgadas.**

Si están presentes en los cantos se aceptan en todo el ancho siempre que no afecten a más de la mitad del espesor. A menor ancho puede afectar al espesor en forma proporcional hasta llegar a 3/4 del ancho y en todo el espesor.

Se acepta todo nudo vivo alargado de diámetro pequeño (menores a 15 mm).

#### ➤ **En piezas de ancho superior a cuatro pulgadas.**

Si están presentes en los cantos se aceptan en 3/4 del ancho, siempre que no afecten a más de la mitad del espesor. A menor ancho puede afectar al espesor en forma proporcional hasta llegar a 1/2 del ancho y en todo el espesor.

Si no están presentes en los cantos (10 mm), se acepta hasta 3/4 del ancho de la pieza.

Se acepta todo nudo vivo alargado de diámetro pequeño (menores a 15 mm).

### **5.2.9. Nudos vivos ovalados.**

#### ➤ **En piezas de ancho igual y menor a cuatro pulgadas**

Se aceptan hasta 3/4 del ancho de la pieza, afecten o no a los cantos.

➤ **En piezas de ancho superior a cuatro pulgadas.**

Se aceptan hasta 1/2 del ancho de la pieza, afecten o no a los cantos.

**5.2.10. Nudos fijos.**

La sección muerta de los nudos fijos sólo pueden ser observadas en una cara (trascara) y un canto. Las medidas son para la sección muerta de nudos que afectan a los cantos y los que no afectan. La otra sección del nudo será tratada como nudo vivo.

**5.2.11. Nudos fijos alargados y ovalados.**

La sección muerta (con corteza y/o resina) si afecta al canto se acepta hasta 1/4 del ancho de la pieza sin que traspase a la cara. Si no afecta al canto se acepta hasta 1/2 del ancho de la pieza.

En el caso que se ubique en el 10% de un extremo se acepta hasta 1/2 del ancho si afecta al canto y hasta 3/4 del ancho si no afecta al canto.

**5.2.12. Perforaciones.**

No se aceptan perforaciones que traspasen cara y trascara. En los cantos se aceptan perforaciones siempre que no se observen en la cara.

Se aceptan perforaciones bien retapadas (se observará comportamiento de retape para fijar o no límite de tamaño y cantidad de perforaciones).

**5.2.13. Pecas.**

En general, se aceptan las pecas. No se aceptan pecas con pérdida de material exagerada.

#### 5.2.14. Canto muerto.

Se acepta canto muerto en madera cepillada de aproximadamente 5 mm, para anchos hasta 125 mm. Para anchos desde 150 mm y más, se acepta canto muerto de aproximadamente 10 mm hasta el 10% del largo de la pieza.

#### 5.2.15. Grietas, tajaduras o partiduras.

Se aceptan en piezas ocasionales (10%), hasta un 10% del largo de la pieza. Se aceptan aquellas presentes en nudos.



Figura 6. Partiduras, San Rafael, Alajuela, 2012



Figura 7. Grietas, San Rafael, Alajuela, 2012.

#### 5.2.16. Bolsas de resina o corteza.

Se aceptan hilos de corteza (máximo 2 mm de ancho) en cara o cantos siempre que no sean más de tres (3) hilos largos por cara. En la trascara se acepta sin límites. Se aceptan bolsas cerradas en la cara. La trascara acepta bolsas abiertas, siempre que no superen los 15 mm de diámetro y no afecten a los cantos (10 mm).



Figura 8. Bolsas de resina, San Rafael, Alajuela, 2012.

### **5.2.17. Perfilado y cepillados.**

No se deben observar marcas de los elementos de corte (calamina) en ningún área de la pieza. La superficie debe ser completamente lisa en toda el área de la pieza.

No se aceptan áreas sin cepillar en cara ni cantos. Sólo en la trascara se permite 10% del área sin perder espesor mínimo.

Ocasionalmente (10%) se aceptan quemaduras de cepillado.

### **5.2.18. Otros defectos.**

En general, no se acepta mancha azul, manchas de barro, quemaduras de cepillo en la cara, subdimensiones y cualquier otro defecto que afecte la resistencia y/o la presentación del producto final.

Con la selección de la madera adecuada para los componentes, mediante el procedimiento planteado se tiene la materia prima para la construcción de los elementos del sistema Timber Modular.

No se aceptan piezas que tengan una combinación mayor de tres de los defectos definidos como aceptables.

En general se espera que los nudos se dañen con el secado. Se aceptan grietas, rajaduras y partiduras en los nudos siempre que en la cara no se observe pérdida de material.

Los productos deben cumplir con el mismo contenido de humedad y con iguales límites para los alabeos.

### **5.3. MODELO PARA CONSTRUCCIÓN DE MANUAL.**

Con los puntos seleccionados para desarrollar el catálogo del sistema de paredes Timber Modular se presenta a continuación el manual de instalación.

#### **MANUAL DE INSTALACIÓN SISTEMA DE PAREDES TIMBER MODULAR**

##### **■ Generalidades.**

El sistema Timbert Modular es un sistema de paredes prefabricadas de madera para viviendas de una y dos plantas de fácil montaje y liviano. Este sistema es una alternativa económica y ágil de fabricación de viviendas, cerramientos, ampliaciones y divisiones de distintas edificaciones. Este producto cumple con todas exigencias del mercado constructivo y las regulaciones y requisitos existentes. Las maderas utilizadas son secadas al horno, inmunizadas y dimensionadas para garantizar elementos estructurales de gran calidad y duración.

Las columnas y las baldosas de nuestro sistema, requieren cierto cuidado durante su transporte, manipulación e instalación.

Si se siguen algunas recomendaciones, se puede lograr que no haya roturas en las baldosas ni en las columnas, con las consiguientes ventajas de economía, ahorro de tiempo y seguridad en la construcción.

Siga todos los pasos que en este instructivo recomendamos y usted mismo podrá levantar su casa, bodega o tapia con gran facilidad y reduciendo al mínimo todo el trabajo de manipulación, transporte e instalación.

##### **■ Velocidad de construcción.**

En el Sistema Timber Modular no hay que formaletear ni apuntalar. Tampoco se necesita mano de obra o equipo especializado. Estas cualidades le permiten construir su obra en un plazo mucho menor que el de los sistemas tradicionales, convirtiendo el sistema en un sistema de montaje de piezas en serie.

##### **■ Bajo costo.**

Con el Sistema Timber Modular se eliminan los desperdicios y se controlan de una forma adecuada la compra de otros materiales.

### ■ **Estabilidad estructural.**

Los elementos prefabricados han sido diseñados conforme a los criterios establecidos en el reglamento de construcciones y el código sísmico de Costa Rica 2002. La mayor rapidez en construcción permite un ahorro significativo en costos financieros, administrativos y planillas de construcción.

### ■ **Modulación de paredes.**

El sistema permite gran flexibilidad en la modulación de paredes, ajustándose a las necesidades de distribución arquitectónica individual de cada proyecto en particular.

### ■ **Seguridad y estética en las fachadas.**

Estéticamente los elementos en madera aportan una gran belleza a las construcciones. Además, por si solo la madera por su versatilidad es uno de los materiales que aportan más seguridad ante situaciones inesperadas como sismos e incendios.

### ■ **Economía en los acabados de pared.**

Por el tipo de madera que se utiliza en la fabricación de los componentes y su rigurosa preselección con todas las caras lisas y cepilladas; los elementos permiten un fácil acabado utilizando los productos que tradicionalmente ofrece el mercado.

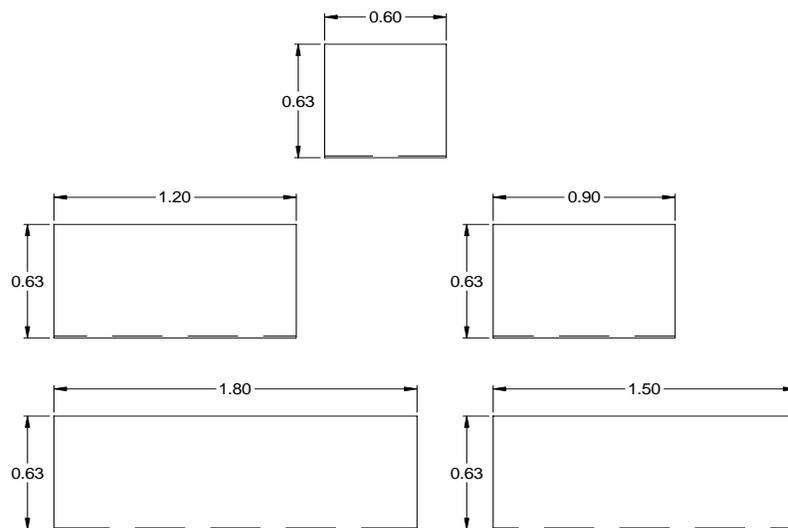
### ■ **Características de los componentes.**

Las paredes del sistema Timber Modular se construyen usando dos elementos: baldosas y columnas.

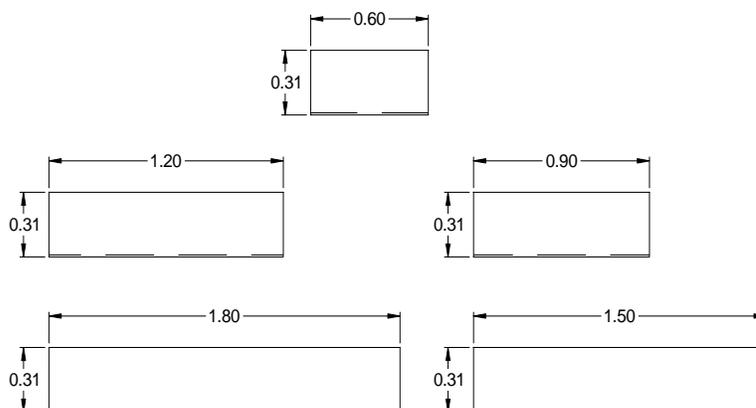
### ■ **Baldosas.**

Existen tres tipos de baldosas que son: estándar, banquina y cargador. Las estándar tienen 63 cm de ancho y se construyen en 9 longitudes; el panel tipo cargador tiene 31 cm

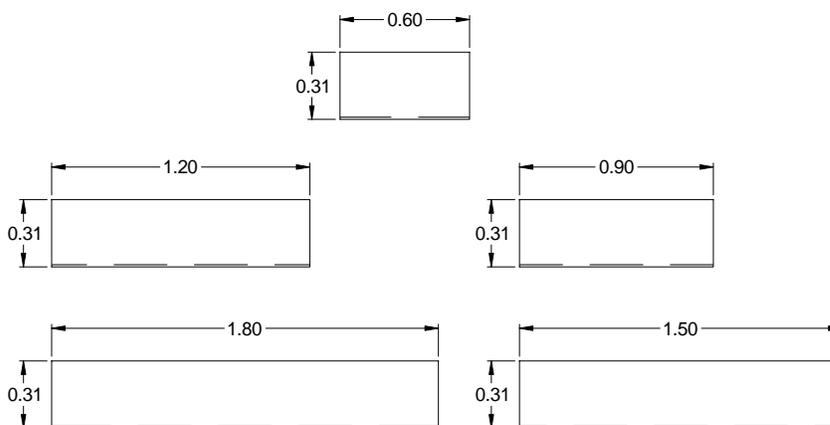
de ancho y se hace en 5 longitudes y la baldosa tipo banquina se hace en 31 cm y en 5 longitudes. La dos anteriores es para ser usadas en buques de puertas y ventanas.



**Baldosas estándar**



**Baldosas banquina**



**Baldosas cargador**

Figura 9. Tipos de baldosas (estándar banquina y cargador), San Rafael, Alajuela, 2012.

Las dimensiones utilizadas en las baldosas son nominales de centro a centro. Para las longitudes reales se debe restar 5 cm.

#### ■ Manejo de las baldosas.

Las baldosas siempre deben manejarse de canto, No deben manipularse “acostadas” como para evitar posibles formaciones de grietas.

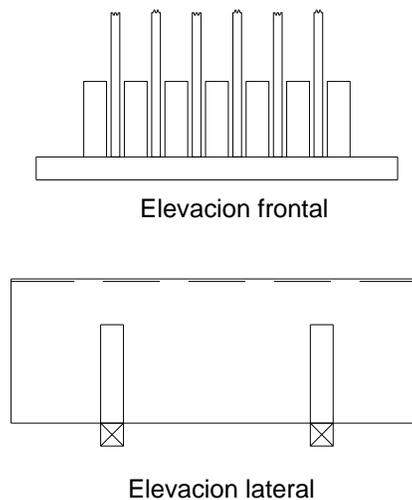


Figura 10. Manejo correcto de las baldosas, San Rafael, Alajuela, 2012.

#### ■ Columnas.

Las columnas se fabrican en 14 cm de ancho por 9 cm de espesor con una altura única de 3.15 m. Las columnas cuentan con ranuras o canales longitudinales en los cuales se introducen las baldosas. Esta disposición genera 6 diferentes secciones transversales que son nombradas de la “A” a la “F”, Adicionalmente algunas columnas poseen una ranura adicional de 2 cm por 3cm para la introducción del cableado eléctrico.

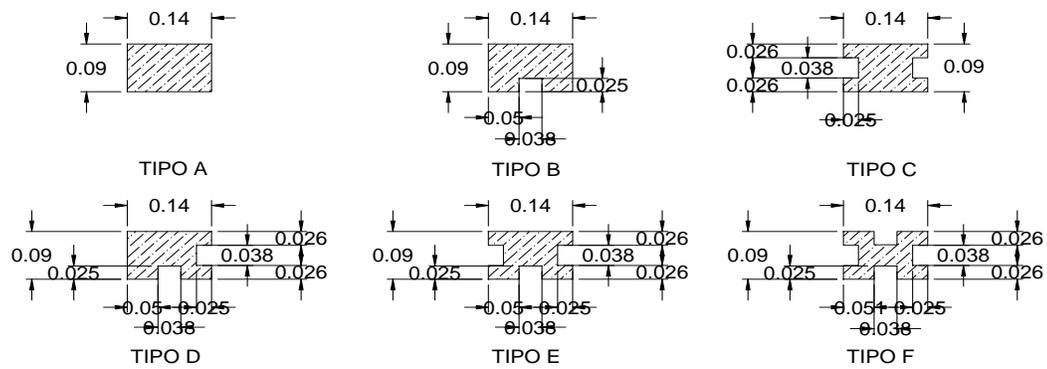


Figura 11. Tipos de columnas, San Rafael, Alajuela, 2012.

### ■ Manejo de las columnas.

Las columnas son elementos de madera que quedarán expuestos en la pared prefabricada. Por lo tanto, es muy importante proteger los bordes de la columna durante el manejo para evitar que se deterioren.

Por estas razones la columna no debe deslizarse contra el borde del camión al cargarla ni ocasionarle golpes que puedan fracturarla.

La columna debe manejarse entre dos personas, cargándola por los extremos.

Las columnas deben apoyarse únicamente en dos puntos, cerca de los extremos.

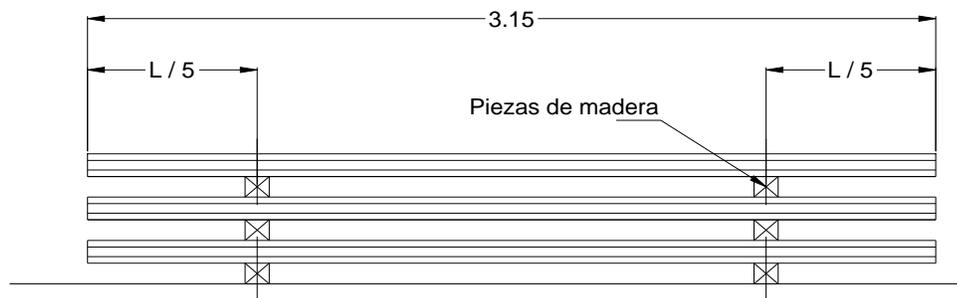


Figura 12. Manejo correcto de las columnas, San Rafael, Alajuela, 2012.

### ■ Transporte.

Las baldosas se deben transportar y almacenar de canto, o en forma similar.

Las columnas se deben almacenar en estibas colocando una sobre otra, con un espaciador de madera entre ellas.

Debe tenerse especial cuidado de que los soportes de la primera capa sean firmes y no se permitan desplazamientos.

Todos los soportes de madera y las calzas deben coincidir verticalmente una sobre otra. Nunca deben colocarse más de dos apoyos para soportar una columna.

El transporte se debe realizar en la misma forma como lo indica en el punto anterior

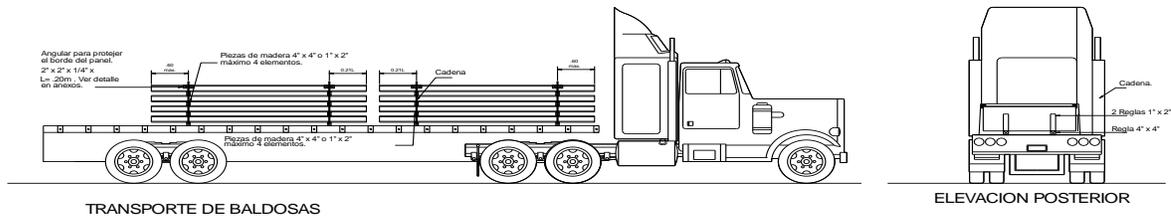


Figura 13. Transporte adecuado de los materiales, San Rafael, Alajuela, 2012.

■ **Instalación.**

El sistema Timber Modular es un sistema rápido y sencillo que no requiere de mano de obra especializada.

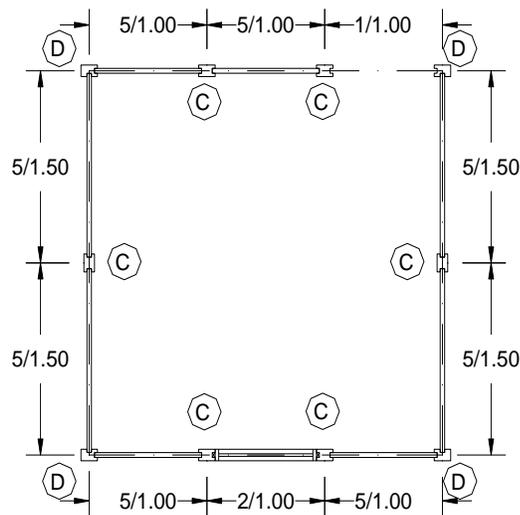


Figura 14. Distribución de columnas y baldosas, San Rafael, Alajuela, 2012.

## ■ Interpretación de planos.

Siempre es importante antes de iniciar con cualquier construcción, hacer un análisis previo de los planos proporcionados por el diseñador con el fin de tener claro todos los aspectos antes de iniciar con la obra. Es importante también chequear que el material proporcionado coincida con el indicado en las cotizaciones según el diseño.

Aunque el sistema es sencillo, es importante conocer las indicaciones aquí dadas, de manera tal que la construcción sea clara y ordenada.

## ■ Ubicación de la obra.

Los trabajos de construcción deben de considerar algunos aspectos de sitio que son importantes de analizar antes de empezar el levantamiento de la obra.

1. Topografía: verificar que el terreno sea apto para construir (sin problemas de deslizamientos, inundaciones, distancia adecuada respecto a ríos o quebradas, topografía muy irregular,
2. Forma y tamaño del terreno: se debe comprobar que el terreno se ajuste perfectamente al plano constructivo propuesto.
3. Retiros de ley: corroborar ante los entes municipales, los cuales dictan las regulaciones pertinentes.
4. Delimitación del terreno: corroborar que las colindancias estén bien definidas y de acuerdo con los planos del terreno.
5. Trazos preliminares: colocación de estaca o yuguetas con cuerda para dar un trazo a la construcción.

## ■ Preparación del terreno.

Delimitado y libre de escombros, basura y maleza se procede a su nivelación quitando de paso la capa de tierra vegetal y eliminando lomas y obstáculos que dificulten el trazado.

Si la capa de tierra vegetal es muy profunda, o si el terreno es demasiado húmedo, se debe consultar al profesional respectivo para tomar las precauciones del caso.

### ■ Nivelación general.

Lo primero es colocar una estaca en un lugar visible, preferiblemente donde esté la línea de construcción y una colindancia formen esquina. Luego se marca la estaca a unos 60 cm sobre el nivel del terreno. Este será el nivel de referencia para colocar todas las yuguetas donde se amarrarán las cuerdas de trazado.

### ■ Excavación de huecos para las columnas.

Haga los huecos para las columnas en los sitios correspondientes con pico y pala hasta alcanzar una profundidad máxima de 70 cm. La tierra resultante debe colocarse en un lugar donde no obstaculice las labores de construcción y lejos de los huecos para evitar que caiga y ensucie el hueco o peor aún el sello. El sello debe ser preferiblemente de concreto y servirá para dar soporte a las columnas.

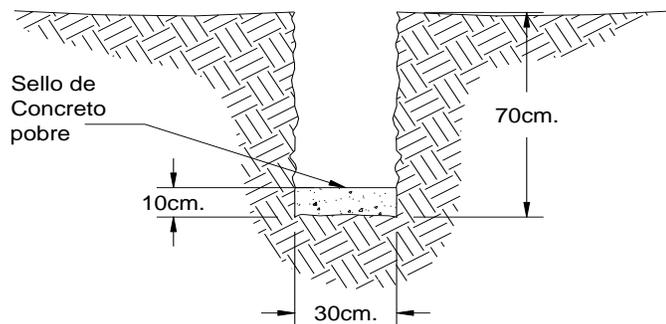


Figura 15. Excavación de huecos para columnas, San Rafael, Alajuela, 2012.

### ■ Sello de concreto.

Una vez excavado el hueco se coloca el sello de concreto de unos 10 cm de espesor.

### ■ Colocación de las columnas.

- a. Una vez fraguado el sello de los huecos, se debe introducir las columnas en los huecos.
- b. Marque a todas las columnas una línea a los 2.50 m de la parte superior de éstas.
- c. Deslice primero las columnas esquineras en los huecos haciendo uso de una regla y una tabla con el objeto de mantener intacto el hueco y no llenar de tierra el sello.
- d. Coloque estas columnas esquineras a la distancia exacta entre ellas (de centro a centro) tal y como se muestra en los planos. Viértales el concreto y colóquelas a nivel. Si quiere puede colocarles soportes para asegurar necesarios que se mantendrán niveladas y verticales hasta su fraguado. Controle que las rayas hechas a las columnas a 2.50 m de su parte superior, queden al mismo nivel.
- e. Coloque una cuerda superior y una inferior uniendo las esquinas de las paredes externas, lo mismo en el caso de paredes internas. Estas cuerdas le permitirán que uno de los sentidos, que de completamente a plomo y el otro sea aplomado con un nivel. La otra cosa que logra es el alineamiento perfecto de las columnas.

### ■ Colocación de columnas sobre basas de concreto.

Otra posibilidad es colocar las columnas sobre bases de concreto prefabricadas. En este caso las columnas irán fijadas por medio de conectores metálicos para madera y las basas son los elementos que deben ir enterrados con la misma técnica que fue descrita anteriormente.

### ■ Asiento de madera para baldosas.

Bajo las paredes prefabricadas, coloque un asiento de madera que llegue a la altura indicada en las columnas, por medio de las rayas y que serán el nivel de piso acabado. Si se van a colocar pisos de mosaico, granito u otros, baje el nivel de piso un poco según sea el caso.

### ■ Colocación de las baldosas.

Usando un pequeño andamio o tarima de aproximadamente 1.60 m de alto y de una base de 1 m x 2 m. Proceda a colocar las baldosas entre las columnas.

Para ello se requieren dos personas en el andamio y una abajo para acarrear y luego sostener las mismas cuando bajan.

Tres personas pueden realizar el trabajo rápidamente y con seguridad. Recuerde que las baldosas no se deben dejar caer libremente por los canales, pues se pueden producir rajaduras o reventaduras.

Se puede colocar o no baldosas en los cargadores de las ventanas o puertas (esta indicación deberá aparecer en el plano o croquis constructivo). Si las coloca, póngales reglas hasta el piso (en el caso de la puerta) y hasta la baldosa de soporte inferior (en el caso de la ventana). Estas reglas sostendrán la baldosa hasta que se coloquen los marcos, que son los que en definitiva las sostendrán.

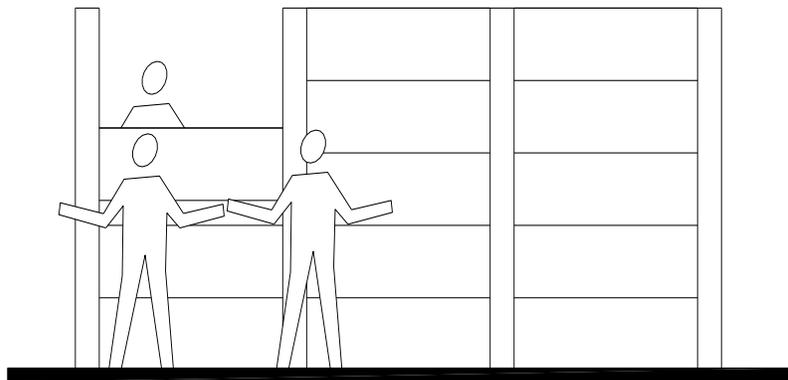


Figura 16. Colocación de las baldosas, San Rafael, Alajuela, 2012.

### ■ Colocación de la solera.

Ahora proceda a colocar la solera, que servirá para amarrar en la parte superior el sistema.

Las soleras debe ser atornilladas a cada columna. Estas darán a a la pared el amarre que necesita. La solera puede ser de madera de 2"x6" o 2"x8" según especificaciones del plano.

Luego de colocada la solera proceda a fijar cada baldosa a las columnas colocando tornillos en forma perpendicular de manera que sean poco visibles. Esto le dará una mayor estabilidad y evitará que los elementos se vayan aflojando por lo movimientos propios de la madera.

Los clavadores irán atornillados a la cercha en los puntos correspondientes.

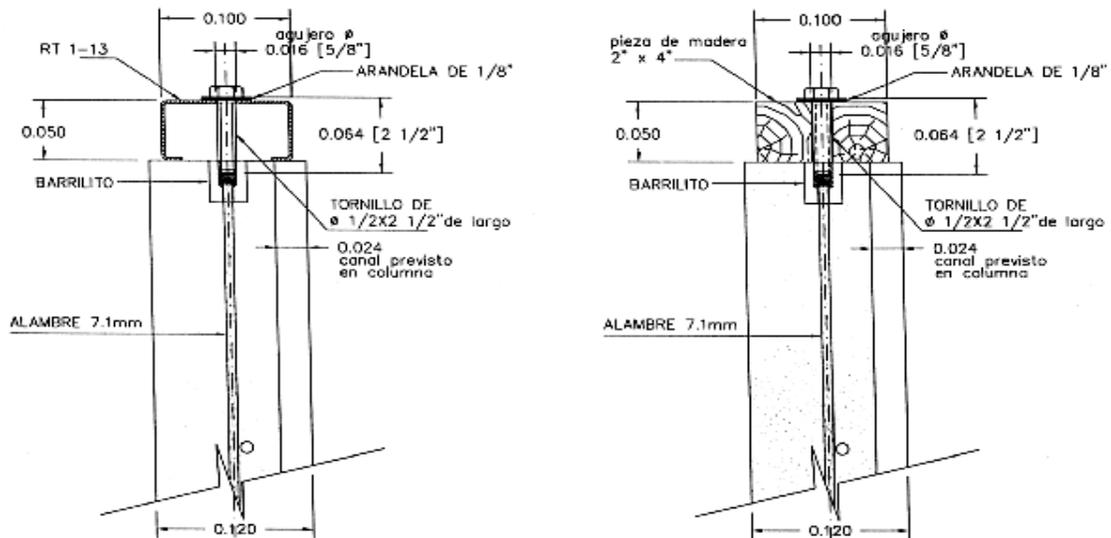


Figura 17. Colocación de la solera, San Rafael, Alajuela, 2012.

#### ■ Asiento de concreto para evitar filtraciones al piso.

Por último, proceda a hacer en la parte inferior de las paredes exteriores, un asiento de concreto y de esta forma evitar cualquier filtración de agua al piso. Una vez llegado a este punto se procede con el resto de la construcción de la misma manera que en cualquier otro sistema tradicional.

#### ■ Ventajas adicionales del sistema.

- Algunas columnas traen incluidas las ranuras para el cableado y los huecos para las cajas eléctricas de toma corriente, los interruptores y lámparas de pared. Con estas facilidades adicionales el constructor logrará una mayor economía en tiempo y costos.

- Las instalaciones eléctricas usted se hacen sobre el cieloraso y las paredes, lo cual facilita el mantenimiento y futuras ampliaciones a la vivienda.
- La construcción de su casa será más rápida, se disminuirán los desperdicios, usted obtendrá mejores acabados y tendrá un hogar de primerísima calidad a un costo muy bajo.

#### ■ **Almacenamiento y manipulación.**

Antes de iniciar los trabajos de construcción se debe estar preparado para recibir y acomodar el material del sistema Timber Modular, esto para evitar despuntes o fracturas de las piezas y agentes ambientales que puedan provocar torceduras reventaduras y otros defectos.

- a. Es necesario acondicionar un espacio para colocar el material de tal forma que permita su rápida utilización y además que no estorbe en las labores constructivas.
- b. Las baldosas deben de transportarse siempre de canto y nunca de manera horizontal.
- c. Las baldosas deben almacenarse de canto sobre separadores de madera con soportes verticales adecuados en los extremos.
- d. Las columnas deben ser descargadas cuidadosamente del camión de manera que no sufran golpes, además deben ser descargadas por dos personas y puestas en separadores de madera.

#### ■ **Acabados para la madera.**

La madera como materia prima para la elaboración de elementos estructurales, ya sea en interiores o exteriores es siempre recomendable protegerla contra los elementos ambientales que pueden acelerar su deterioro o provocar deformaciones y otros defectos.

Los productos que nos ofrece el mercado para la protección de la madera son aquellos que, aplicados en dosis y forma adecuada, cuidan este material contra uno o varios agentes destructores.

Actualmente existe una gran oferta de productos en aplicaciones internas y externas.

Se aplican varios productos a la madera por las siguientes razones:

- Mejoramiento de su apariencia
- Preservación de su apariencia
- Protección de la madera y su apariencia
- Provee una superficie fácil de limpiar

#### ■ **Calidad de los acabados para madera.**

El valor de un acabado para madera se puede juzgar según los siguientes factores:

- Belleza de su apariencia (subjetivo)
- Durabilidad del acabado
- Estabilidad del acabado

#### ■ **Sistemas de acabados para madera.**

Los pasos requeridos para crear un acabado para madera durable se conocen como “sistema de acabado” puede incluir los siguientes pasos:

- Remoción del acabado viejo (si lo hay).
- Emparchado (si fuera necesario).
- Lijado.
- Imprimación (base) o sellado.
- Aplicación de tintes.
- Rellenado de los poros (si es para aplicaciones internas).
- Aplicación de resaltadores de la veta de la madera.
- Capas de terminación:
- Rellenado de agujeros de clavos
- Capas finales.
- Mantenimiento.
- Longevidad del acabado.
- Tipos de exposición a la luz y desgaste.
- Frecuencia de limpieza.
- Facilidad para su reparación.

### ■ **Preparación previa.**

Para obtener un buen acabado decorativo, es importante preparar el material. Sobre maderas nuevas, se devastará la superficie con un papel de lija de grano grueso, seguidamente con una lija más fina se eliminan las imperfecciones hasta conseguir un tacto suave y liso.

El lijado siempre se realizará en el sentido de la veta. Eliminaremos el polvo con un cepillo o con un trapo ligeramente humedecido. También conviene lijar suavemente entre manos de aplicación, para mejorar el acabado final y la adherencia entre capas.

Siempre es necesario eliminar las capas de barniz o pintura que hayan sido aplicadas anteriormente. La madera necesita respirar y protegerse, por lo que se hace necesaria la eliminación de las barreras que forman los barnices y pinturas.

### ■ **Productos protectores.**

Los protectores para madera de exterior están compuestos esencialmente de aceites que se impregnan en la fibra de la madera, nutriéndola y dejando una transpiración natural. Lo más utilizado es el aceite de linaza.

Tratar toda la zona con una impregnación adecuada siempre de poro abierto, para posteriormente darle un acabado también a poro abierto, ya sean pinturas en disolvente orgánico, pinturas en base acuosa o pinturas microporosas.

No debemos aplicar nunca un protector sobre superficies barnizadas o pintadas, porque sería ineficaz y se evaporaría lentamente.

## 5.4. COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO.

### ■ Lista de precios.

Una vez definidos los componentes se presenta a continuación una lista de precios la cual está incluida dentro de la oferta de productos de la compañía.

Código	Descripción	Precio I.V.I
<b>Paneles</b>		
STM-0602P	Panel 0,63 x 1,80 m	€12.312,48
STM-0502P	Panel 0,63 x 1,50 m	€10.260,40
STM-0402P	Panel 0,63 x 1,20 m	€8.208,32
STM-0302P	Panel 0,63 x 0,90 m	€6.156,24
STM-0202P	Panel 0,63 x 0,60m	€4.104,16
STM-0601PC	Panel Cargador 0,31 x 1,80 m	€6.068,10
STM-0501PC	Panel Cargador 0,31 x 1,50 m	€5.056,75
STM-0401PC	Panel Cargador 0,31 x 1,20 m	€4.045,40
STM-0301PC	Panel Cargador 0,31 x 0,90 m	€3.034,05
STM-0201PC	Panel Cargador 0,31 x 0,60 m	€2.022,70
STM-0601PB	Panel Banquina 0,31 x 1,80 m	€6.068,10
STM-0501PB	Panel Banquina 0,31 x 1,50 m	€5.056,75
STM-0401PB	Panel Banquina 0,31 x 1,20 m	€4.045,40
STM-0301PB	Panel Banquina 0,31 x 0,90 m	€3.034,05
STM-0201PB	Panel Banquina 0,31 x 0,60 m	€2.022,70
<b>Columnas</b>		
STM-0800C	Columna 3,15 m altura	€17.204,25
STM-0801C	Columna 3,15 m altura/ prevista	€18.690,20
<b>Casas Modulares</b>		
STM -0136CM	Tipo 1 ( 36 m2)	€1.305.150,00
STM-0242CM	Tipo 2 (42,8 m2)	€1.384.250,00
STM-0345CM	Tipo 3 ( 45,30 m2)	€1.435.100,00
STM-0445CM	Tipo 4 (55 m2)	€1.751.500,00

Figura 18. Lista de precios sistema Timber Modular, San Rafael, Alajuela, 2012.

### ■ Participación en feria de construcción.

Como parte de las actividades comerciales se participó en la Expo-Construcción y Vivienda 2012 realizada en el Centro de Eventos Pedregal entre el 15 y 19 de febrero.

Para tal evento se mostró el sistema de paredes así como los demás componentes del sistema constructivo Timber Modular.

Se diseñó además la siguiente invitación, la cual fue repartida a 140 clientes y otros invitados seleccionados.



Figura 19. Invitación a Expo-Construcción y Vivienda 2012, San Rafael, Alajuela, 2012.

Cabe destacar que se acercaron alrededor de 400 personas al stand, de los cuales se pudo obtener contactos profesionales de 180 particulares y empresas.

Al día 2 de mayo del 2012, se han iniciado tres proyectos constructivos de clientes contactados en la feria.

#### ■ Pautas en medios masivos y redes sociales.

Se participó con una pauta comercial en el programa televisivo “Hábitat Soluciones” de televisora de Costa Rica Canal 7 el día 25 de febrero del 2012.

También existe participación con una página en la red social Facebook, donde se muestran fotografía de proyectos y modelos prediseñados.

■ **Diseños de banner y brochure.**

Como parte de las actividades de mercadeo de la empresa, se ha estado trabajando en material para el punto de venta, que haga crecer la afluencia de clientes a las instalaciones de Maderas Kodiak.

A continuación se muestran algunas propuestas de Banner y brochure.



Figura 20. Propuestas de banner para el punto de venta, San Rafael, Alajuela, 2012.



Figura 21. Propuesta de brochure para el sistema modular, San Rafael, Alajuela, 2012.

#### ■ Donación de vivienda.

Como parte de las actividades de extensión a la comunidad se forjó una iniciática en conjunto con La Fundación Costa Rica Canadá y Hábitat Soluciones de Canal 7, donde se dotó de una vivienda a una familia de escasos recursos de la comunidad de San Rafael de Alajuela, bajo el sistema de paredes Timber Modular.

En total se logró reunir a nueve empresas que patrocinaron la actividad.

A continuación se muestra la invitación enviada a diversas organizaciones y particulares.



Esta Navidad Kodiak, de la mano con La Fundación Costa Rica Canadá, Hábitat Soluciones y otras empresas tenemos el deseo de regalar una casa a una familia con grandes necesidades. Actualmente esta familia de diez personas entre ellos adultos mayores y niños viven en una situación de condiciones precarias. Es nuestro propósito lograr que celebren esta navidad en su nuevo hogar. Es por esto que necesitamos toda la ayuda posible de ustedes, nuestros clientes y amigos, para poder cumplir con esta meta que nos hemos propuesto. Le agradecemos de antemano toda la colaboración que nos puedan brindar.

Si desean colaborar pueden hacerlo en las siguientes cuentas bancarias:

<b>Banco Nacional de Costa Rica:</b>	
Colones	
Cuenta:	Cuenta Cliente:
100-01-035-001550-0	15103510010015505
Dólares:	
Cuenta:	Cuenta Cliente:
100-02-035-600769-5	15103510026007695
<b>Banco de San José:</b>	
Colones:	
Cuenta:	Cuenta Cliente:
906365317	10200009063653171
Dólares:	
Cuenta:	Cuenta Cliente:
906365341	10200009063653411
<b>Banco Promerica:</b>	
Colones	
Cuenta:	Cuenta Cliente:
3-000-738712	11600103007387127
Dólares:	
Cuenta:	Cuenta Cliente:
4-000-669230	11600104006692301

Por favor, no olviden incluir sus nombres o los de sus empresas en los depósitos. De realizar los depósitos les agradeceríamos que nos envíen un correo a [web@maderaskodiak.com](mailto:web@maderaskodiak.com) o nos llamen a nuestro número telefónico.

Más información:  
2239-3794  
[ventas@maderaskodiak.com](mailto:ventas@maderaskodiak.com)



Figura 22. Invitación para participar en donación de vivienda, San Rafael, Alajuela, 2012.

La actividad fue de gran éxito, pues se pudo dotar de vivienda a 12 personas de escasos recursos económicos.

Se editó además un documental por parte del programa Hábitat Soluciones el 28 de enero, el cual puede ser visto en [www.youtube.com](http://www.youtube.com).

## 6. CONCLUSIONES

- El sistema de paredes Timber Modular puede ser adaptado a cualquier tipo de madera, siempre que cumpla con las especificaciones adecuadas de procesamiento y alistado (preservado, secado, cepillado) y las propiedades físicas y mecánicas necesarias para soportar el sistema.
- La manipulación y montaje de las paredes del sistema Timber Modular es más rápido que los sistemas de concreto y fibrocemento básicamente por su menor peso y menor fragilidad, lo que permite una manipulación más fluida.
- Por el bajo peso de los componentes del sistema de paredes Timber Modular es muy práctico para ser transportado y colocado en condiciones de accesos adversos y terrenos difíciles.
- El sistema de paredes Timber Modular puede ser adquirido a precios más bajos que el prefa de concreto y el sistema uno de Plycem.
- El sistema de paredes Timber Modular es muy versátil tanto para cerramientos como para divisiones de paredes livianas.
- El sistema de paredes Timber Modular no requiere de acondicionamiento de estructura de terreno, pues su bajo peso no requiere de esos acondicionamientos.
- El manual será una herramienta práctica par el usuario del sistema Timber Modular.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se deben hacer pruebas con componentes de otras maderas semiduras que pueden cumplir con los requerimientos tecnológicos de alistado y preservado.
- Se debe hacer un análisis estructural, sobre todo si se quiere utilizar para viviendas de dos plantas.
- Es importante tomar en cuenta las indicaciones en cuanto a acabados de la madera para prevenir su deterioro por agentes biológicos y ambientales.
- En lo posible se debe usar madera preservada con concentraciones de sales adecuadas según la aplicación.
- El componente panel puede también ser maquilado en secciones de ancho distintas a las propuestas, siempre que la especie puede dar las características necesarias.
- Las columnas pueden ser fabricadas con secciones mayores a las propuestas, nunca se deben usar secciones menores.
- No es recomendable su uso en aplicaciones donde exista peligro inminente de combustión e incendios. Para estos casos se debe aplicar un ignifugo en la madera.
- Es de suma importancia tomar en cuenta los pasos y procesos de manipulación, almacenamiento y ensamble de los componentes, para obtener un desempeño óptimo del sistema.
- Es recomendable el uso de productos forestales certificados.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- a. Alvarez, Y. 2011. Estrategia publicitaria para Maderas Kodiak S.A. Práctica supervisada Bachillerato. Publicidad. Heredia, CR, Universidad Latina. p. 1- 8.
- b. Costamagna, C. 2012. Una introducción a la arquitectura sostenible. (en línea). Consultado 31 de abr 2012. Disponible en <http://www.todoarquitectura.com/revista/41>.
- c. Fritz Durán, A; *et al.* 2007. La construcción de viviendas en madera. Santiago, CL. Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera. 523 p.
- d. La llave del Hogar. Sistemas constructivos de las casas de madera, (en línea). Consultado 15 abr.2012. Disponible en [www.lallavedelhogar.es](http://www.lallavedelhogar.es/index.htm) /index.htm.
- e. Plycem Construsistemas Costa Rica. Guía de aplicaciones Plycem. (en línea). Consultado 25 de abr 2012. Disponible en [http://www.plycem.com/descargas/Guia\\_aplicaciones\\_plycem\\_5](http://www.plycem.com/descargas/Guia_aplicaciones_plycem_5). PDF de junio 2005.
- f. Productos de Concreto. 2010. Sistema Prefa PC. Alajuela, CR. Catálogo de productos. 49 p.
- g. Seed, A. 2012. Resurgir de la construcción en madera en Costa Rica (entrevista). Alajuela, Maderas Kodiak S.A. (E-mail: [web@maderaskodiak](mailto:web@maderaskodiak)).

# Anexos 1

Ficha técnica, pino amarillo del sur.

## Ficha Técnica

### Pino Amarillo del sur



#### Denominación

Científica: *Pinus taeda L.*; *Pinus elliotis Engelm.*; *Pinus echinata Mill.*; *Pinus palustris Mill.*

#### Propiedades Físicas

Densidad aparente al 12% de humedad: 510 kg/m<sup>3</sup> - madera semiligera.

Estabilidad dimensional:

- Coeficiente de contracción volumétrico: 0,41% - madera estable
- Relación entre contracciones: 1,6% - sin tendencia a atear.

Dureza (Monnin): 2,45 madera - semiblanda.

#### Propiedades Mecánicas

Resistencia a flexión estática: 860 kg/cm<sup>2</sup>

Módulo de elasticidad: 128.000 kg/cm<sup>2</sup>

Resistencia a la compresión: 525 Kg/cm<sup>2</sup>

Resistencia a la tracción paralela: 930 Kg/cm<sup>2</sup>

#### Durabilidad

Hongos: De durable a medio durable.

#### Mecanización

Aserrado: Fácil, sin dificultades.

Secado: Fácil. Riesgo pequeño de fendas.

Cepillado: Fácil, sin problemas.

Encolado: Fácil

Clavado y atornillado: Sin problemas. Alta resistencia al arranque.

Acabado: Sin problemas, aunque conviene aplicar un fondo que homogenice la madera.

#### Descripción Madera

Albura: Amarillo pálido.

Duramen: Marrón amarillenta.

Fibra: Recta.

Grano: Medio a grueso.

## Anexos 2

Fotografías Proyecto San Rafael de Alajuela.



Fachada de vivienda. (Foto A. Seed)



Vista interna de vivienda. (Foto A. Seed)



Vista de habitación principal. (Foto A. Seed)



Vista de baño. (Foto A. Seed)



Vista interna de vivienda. (Foto A. Seed)

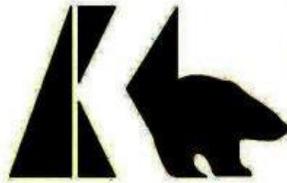


Vista de cocina. (Foto A. Seed)

# Anexos 3

Modelos de viviendas.

## SISTEMA DE TABLEROS EN MADERA



# KODIAK®

Construya con madera

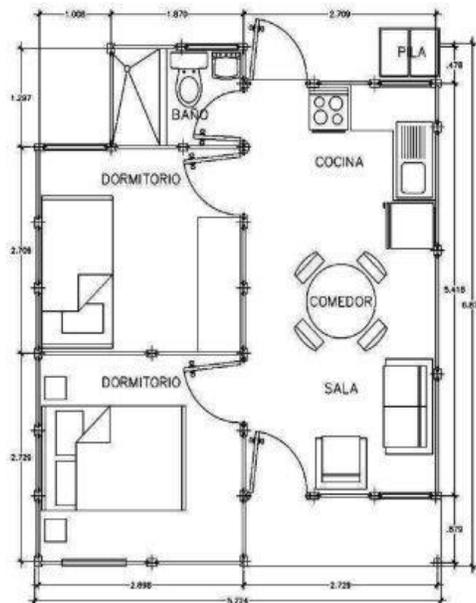
### OPCIÓN "A"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 825.425,14
  - Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 672.026,06
- \*(con precintas y aleros)

### OPCIÓN "B"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.031.781,43
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 840.032,57
- Entrepiso elevado hasta 1mt \_\_\_\_\_ € 896.725,54

Estimación instalación estructura \_\_\_\_\_ €



**Modelo: SMT-36**

AREA: 36.68 M2



Modelo de 36 metros cuadrados.

# SISTEMA DE TABLEROS EN MADERA



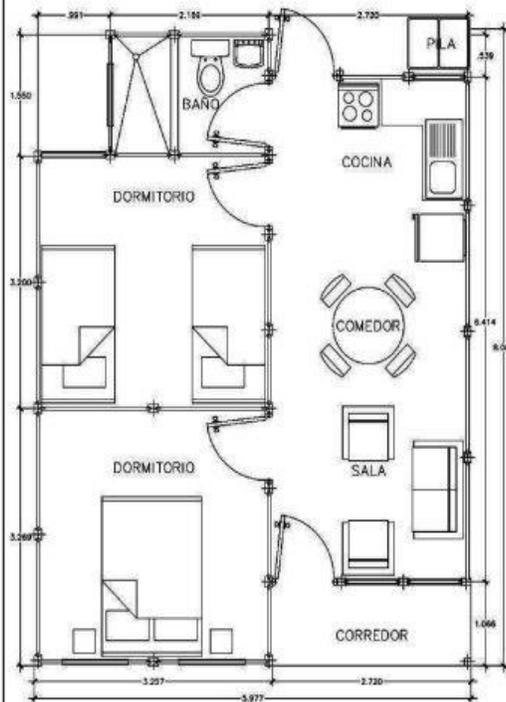
## OPCIÓN "A"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.031.781,43
  - Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 840.032,57
- \*(con precintas y aleros)

## OPCIÓN "B"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.289.726,79
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.050.040,71
- Entrepiso elevado hasta 1mt \_\_\_\_\_ € 1.120.906,93

Estimación instalación estructura \_\_\_\_\_ €



**Modelo: SMT-45**  
AREA: 45.36 M2



Modelo de 45 metros cuadrados.

# SISTEMA DE TABLEROS EN MADERA



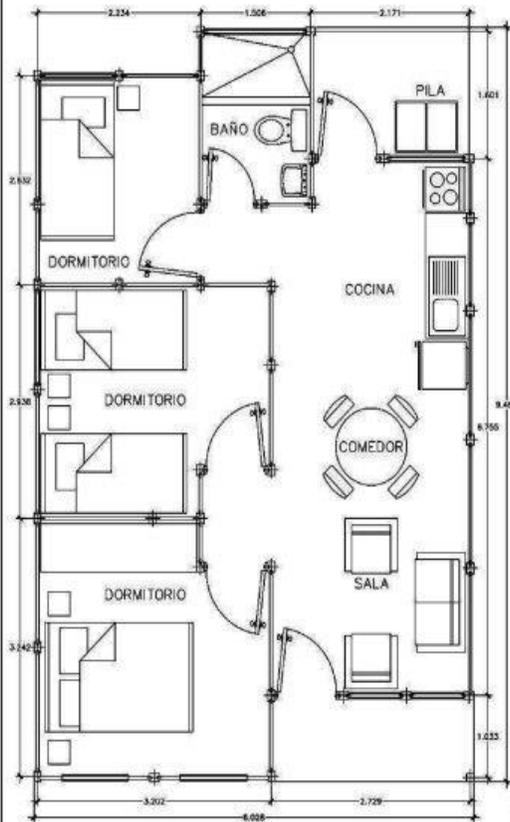
## OPCIÓN "A"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.192.280,76
  - Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 970.704,30
- \*(con precintas y aleros)

## OPCIÓN "B"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.490.350,95
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.213.380,38
- Entrepiso elevado hasta 1mt \_\_\_\_\_ € 1.295.270,23

Estimación instalación estructura \_\_\_\_\_ €



**Modelo: SMT-52**  
AREA: 52.51 M2



Modelo de 52 metros cuadrados.

# SISTEMA DE TABLEROS EN MADERA



Construya con madera

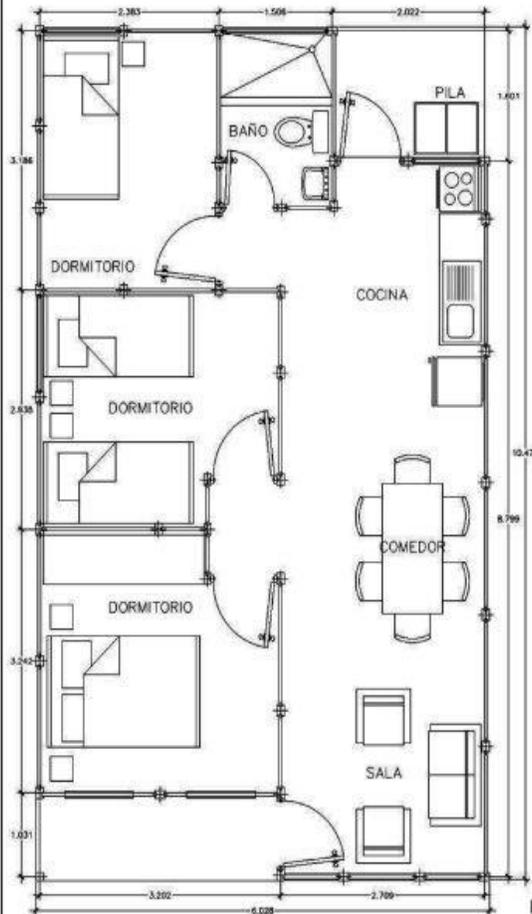
## OPCIÓN "A"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.375.708,57
  - Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.120.043,43
- \*(con precintas y aleros)

## OPCIÓN "B"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.719.635,71
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.400.054,29
- Entrepiso elevado hasta 1mt \_\_\_\_\_ € 1.494.542,57

Estimación instalación estructura — €



**Modelo: SMT-60**  
AREA: 60.04 M2



Modelo de 60 metros cuadrados.

# SISTEMA DE TABLEROS EN MADERA



Construya con madera

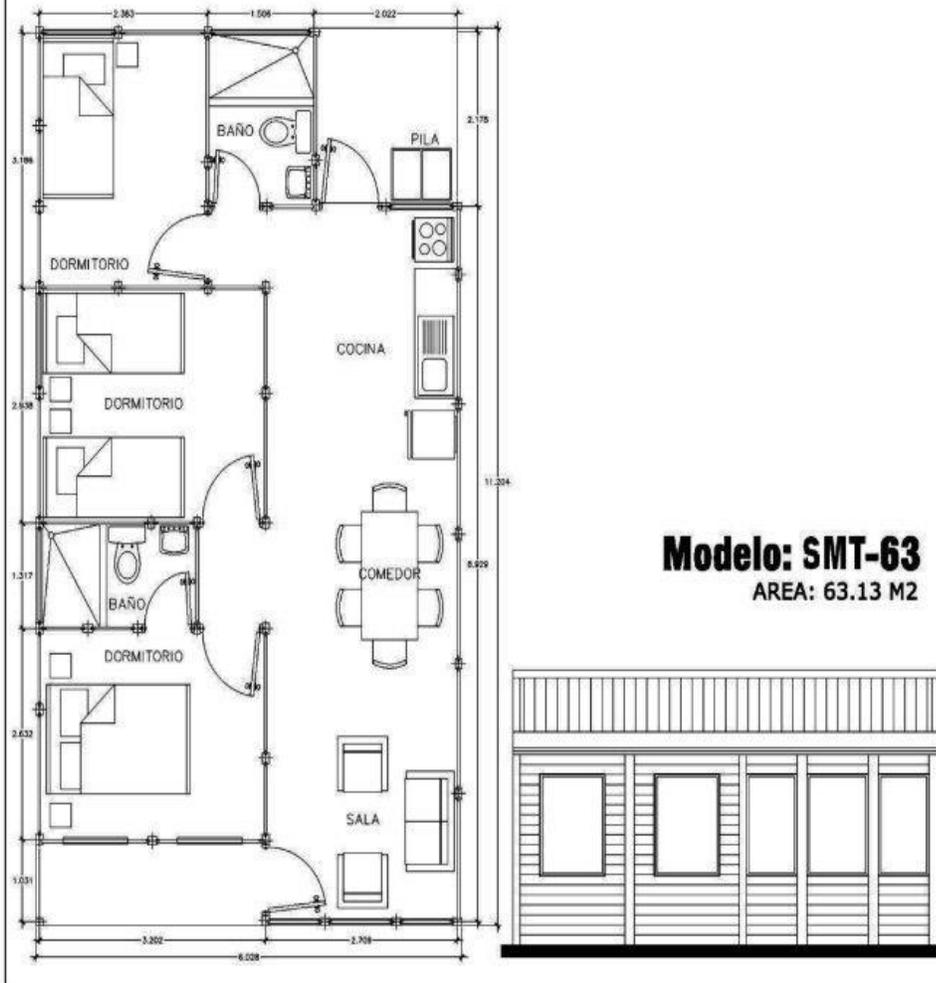
## OPCIÓN "A"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.444.494,00
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.176.045,60
- \*(con precintas y aleros)

## OPCIÓN "B"

- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.805.617,50
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.470.857,00
- Entepiso elevado hasta 1mt \_\_\_\_\_ € 1.369.263,70

Estimación instalación estructura \_\_\_\_\_ €



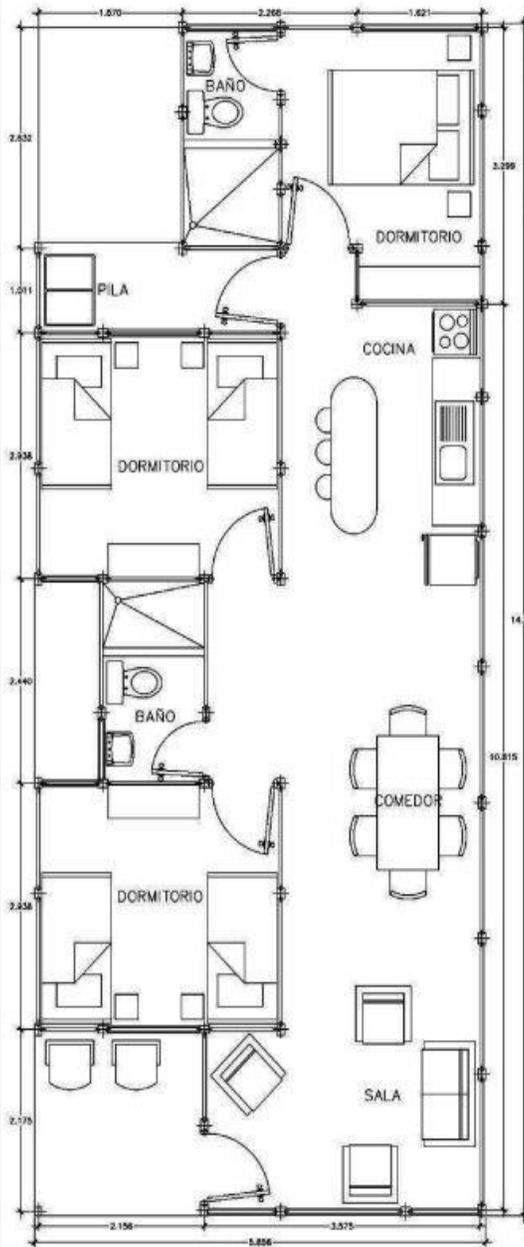
Modelo de 63 metros cuadrados.

# SISTEMA DE TABLEROS EN MADERA



# KODIAK®

Construya con madera



**OPCIÓN "A"**

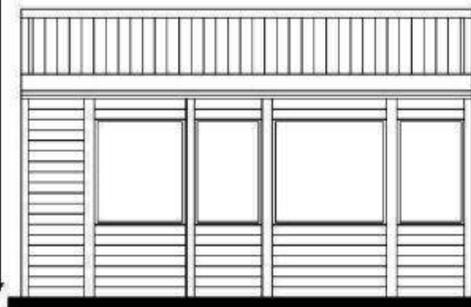
- Paredes \_\_\_\_\_ € 1.719.635,71
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.490.054,29
- (con preintintas y aleros)

**OPCIÓN "B"**

- Paredes \_\_\_\_\_ € 2.149.544,64
- Estructura de techo \_\_\_\_\_ € 1.750.067,86
- Entrepiso elevado hasta 1mt \_\_\_\_\_ € 1.868.178,24

Estimación instalación estructura \_\_\_\_\_ €

**Modelo: SMT-75**  
AREA: 75.04 M2



Modelo de 75 metros cuadrados.