

VIVIENDAS CON MADERA Y TABLEROS, ViMaT UNA PROPUESTA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA SOSTENIBILIDAD Y LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Antonio Conti B.

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de
Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV).

Correo: acontib@icloud.com

RESUMEN

La investigación desarrolla una propuesta constructiva para la producción de viviendas utilizando madera aserrada de Pino Caribe y tableros de virutas orientadas de madera, partiendo como premisa de que la madera es un material natural, renovable, sostenible y con potencial para ser altamente competitivo gracias a su explotación controlada, a su procesamiento con bajos requisitos energéticos y para su utilización solo requiere maquinaria sencilla y herramientas no sofisticadas. Además de la sostenibilidad, la segunda premisa general es que la propuesta permite la transferencia tecnológica y apropiación social mediante un adecuado diseño de los componentes y su ensamblaje para una producción de viviendas que facilite y haga factible el traspaso de conocimiento. En síntesis, la investigación propone producir viviendas con elementos prefabricados, de juntas secas, que permitan construcciones progresivas, la deconstrucción mediante la remoción y reutilización de componentes, la aplicación de diversos acabados y la realización de los componentes en talleres de carpintería pequeños, con maquinaria y herramientas básicas, y con un mínimo de operaciones *in situ* para su montaje.

Palabras clave: Viviendas con madera; construcción sostenible; transferencia tecnológica; Pino Caribe; tableros OSB.

INTRODUCCIÓN

La investigación aquí reseñada es una alternativa para la producción de viviendas de hasta dos pisos, con madera aserrada y tableros de madera para los miembros estructurales horizontales, inclinados y curvos (losas pisos, entresijos y techos), y miembros con perfiles normales de acero para los miembros verticales (las columnas). Los cerramientos son entamborados, de madera. Instalaciones eléctricas, de teléfono, voz y data y sanitarias son visitables, algunas a la vista.

Tuberías eléctricas y de aguas blancas van embutidas y las de aguas negras a la vista o en ductos y canales.



Fig. 1: Sistema ViMaT.
Fuente: elaboración propia.

La asignación de distintos materiales responde a sus mejores desempeños estructurales y al criterio de sincretismo tecnológico o hibridación de la construcción desarrollado por el profesor Alfredo Cilento del IDEC (Cilento, 1996). En nuestro caso, los miembros con acero se fabrican en talleres metalmeccánicos especializados mientras que los miembros con madera se fabrican a pequeña escala en carpinterías pequeñas y medianas, locales, ubicadas en la misma región geográfica de la construcción (figura 1).

Para el desarrollo de la propuesta constructiva se plantean dos supuestos generales. Por un lado, asumir los contenidos de la agenda *Sostenibilidad de las edificaciones* desarrollada por investigadores del IDEC (Cilento, 1999, 2002, 2014, 2015), (Acosta y Cilento, 2005); por otro lado, integrar criterios de transferencia tecnológica incorporando el concepto de apropiación social del conocimiento tecnocientífico como fin último propio de un centro de investigación, desarrollo e innovación (IDi) como es el IDEC (Conti, 2016).

La investigación forma parte y se nutre de las experiencias de la Línea madera del IDEC (Loreto et al., 2000) y de los antecedentes más cercanos como Laboratorio Nacional de Productos Forestales LABONAC en Mérida (Barrios et al., 2012), los estudios del Ing. Luis Leiva de Chile (Leiva, 2007), así como los proyectos del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED (Lorenzo, 2002; Massuh, 2007).

Puesto que mucho se ha reseñado en libros y revistas, no parece necesario mencionar las cualidades y características de la madera y sus subproductos los tableros como materiales extraordinarios para diseñar espacios con gran calidad estética y de confort, al igual que sus prestaciones estructurales altamente eficientes gracias a su relación peso/capacidad resistente. Por eso en este trabajo solo se enfatiza el uso de madera y tableros como altamente competitivos a los efectos de una arquitectura sustentable y por su facilidad para la transferencia tecnológica. En cuanto a una industria de la construcción sustentable basta mencionar la madera

como —casi— el único material renovable con exiguo gasto energético para su procesamiento. Para la transferencia tecnológica, destaca por su facilidad para transformarse en elementos y componentes constructivos, con herramientas básicas de carpintería y equipo no sofisticado, aunado a montajes manuales con equipos elementales como poleas.



Fig. 2: Uverito. Fuente: Estación Uverito, Anzoátegui.

Es indispensable mencionar la importancia de preservar las especies —a veces centenarias— de los bosques naturales. Es por esto que en nuestro estudio se especifica utilizar madera de plantaciones como las de Uverito y sus alrededores, al sur de los estados venezolanos Monagas y Anzoátegui, que cuentan con una cuantiosa cantidad de metros cúbicos de Pino Caribe (*Pinus Caribaea*, var. *Hondurensis*), especie genéticamente manipulada, de rápido crecimiento, disponible para el aserrío en 25-30 años (figura 2).

También es importante mencionar las ventajas que las edificaciones con madera presentan ante las solicitudes sismorresistentes en emplazamientos altamente propensos a eventos telúricos. Construcciones con madera resultan altamente recomendables y eficientes (Conti et al., 2016) por su ligereza y características físico-mecánicas (López et al., 2016).

Cabe señalar en nuestra propuesta la adopción de secciones compuestas tanto para los miembros de acero como los de madera y tableros, garantizando así un desempeño estructural más efectivo y eficiente en comparación con secciones simples macizas. Igualmente, el conjunto de componentes del sistema constructivo se fabrica y ensambla en obra mediante juntas secas con lo cual se avalan construcciones progresivas, reciclaje y reutilización de los componentes, modificaciones y ampliaciones por cambios de usos de la vivienda, así como deconstrucción y mayor vida útil de la edificación puesto que siempre se preserva lo construido.

A lo largo del trabajo se acotan características, cualidades y ventajas competitivas, refiriéndolas a los dos supuestos generales arriba mencionados: la sostenibilidad y la transferencia del conocimiento tecno-científico para producir viviendas de hasta dos pisos.

1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA CONSTRUCTIVA

1.1 Criterios de diseño

Además de los criterios ya mencionados la propuesta consiste en un sistema constructivo abierto que permite alternativas distintas a las aquí reseñadas, siempre que respondan a los criterios generales de sostenibilidad, transferencia tecnológica y a las exigencias del cálculo estructural para cada caso.

Para esta propuesta se ha prestado especial atención al diseño en general y a los procesos de fabricación desde el suministro de insumos hasta la erección de la vivienda. Además del sincretismo tecnológico, combinando la industria metalmeccánica con la manufactura maderera, la fabricación y ensamblaje de componentes, uniones y montaje se ha simplificado de manera significativa sin sacrificar la calidad y eficiencia constructiva con el objeto de facilitar la difusión, capacitación, transferencia y apropiación social del conocimiento tecno-científico inherente a la propuesta constructiva y su realización en viviendas competitivas.

1.2 Relaciones geométricas

El sistema constructivo ViMaT se organiza dimensionalmente adoptando la coordinación modular basada en un módulo $1M=120$ cm, originando la retícula de diseño de 120×120 cm, horizontal y verticalmente (figura 3) y los sub-módulos de 60×60 , 40×40 , 30×30 y 20×20 cm. Entre las múltiples variables para definir el módulo se adopta 120 cm por su versatilidad y porque es submúltiplo de la de los perfiles de acero de 12 m y los tableros de 122×244 cm ($4' \times 8'$) favoreciendo la condición de *cero residuos* al tiempo que se crea la posibilidad de cerramientos distintos como los bloques de concreto y arcilla, ambos con largos de 30 y 40 cm, también sub-múltiplos del módulo.

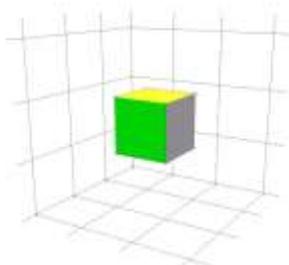


Fig. 3: Módulo $120 \times 120 \times 120$ cm. Fuente: elaboración propia.

Tomando como guía la retícula de diseño, el análisis de las actividades define secciones funcionales de áreas netas de $3M \times 3M \times h = 2M$ ($360 \times 360 \times h = 240$ cm), originando así unidades básicas espaciales y constructivas. La retícula de diseño se desplaza entre una unidad espacial –funcional– constructiva y otra con distancias d_1 y d_2 , no modulares, para alojar parte de la estructura vertical y horizontalmente, originando distancias útiles moduladas de los vanos —vertical 240 y

horizontalmente de 360 cm— para evitar desperdicios. Es el caso cuando se utilice 3 tableros de 120x240 cm, o 3 bloques de 40 y 4 bloques de 30 cm (figuras 4 y 5).

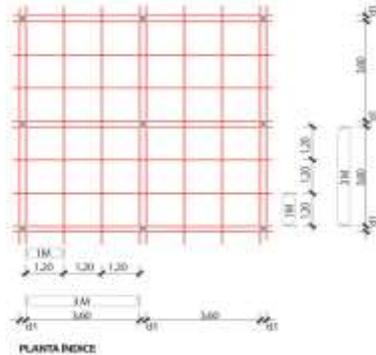


Fig. 4: Retícula de diseño desplazada.
Fuente: elaboración propia.

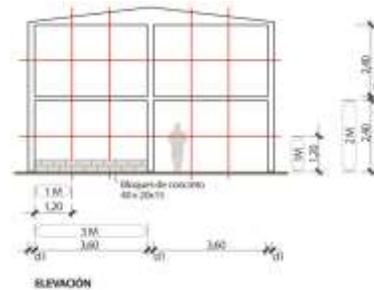


Fig. 5: Retícula vertical desplazada.
Fuente: elaboración propia.

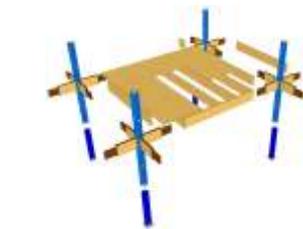


Fig. 6: Unidad espacial.
Fuente: elaboración propia.

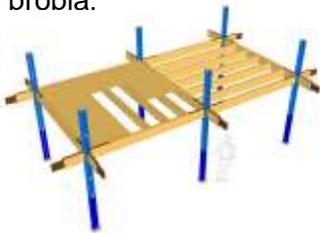


Fig. 7: Nervios alternados.
Fuente: elaboración propia.

1.3 Sub-sistema estructural

El módulo estructural de 360x360x240 cm conforma una unidad espacial y corresponde a la entidad mínima constructiva (figura 6).

El sistema estructural es porticado en ambos sentidos ya que cambian de sentido los nervios entre un vano y otro. Además de ubicar los dos materiales —acero y productos madereros— en miembros acordes a las solicitudes a que están expuestas y adoptar secciones compuestas por su eficiencia, se ha tomado en cuenta ubicar las uniones de los miembros en zonas de menores solicitudes de acuerdo a sus diagramas de momento: las columnas en los puntos medios de las alturas de entrepisos y las vigas en los puntos de inflexión (figura 7).

1.3.1 Columnas

Las columnas se ubican en las esquinas de cada módulo estructural y, como se ha señalado, son secciones compuestas con 4 perfiles normales de L75x7, unidos entre si con presillas de lámina doblada en forma de “ues” a cada 60 cm (figura 8).

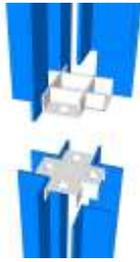


Fig. 8: Sección columna 4L.
Fuente: elaboración propia.

Si bien es una alternativa válida fabricar columnas por la altura total de la edificación, para facilitar replanteo y montaje en nuestra propuesta las columnas constan de tres componentes tipos que se unen en los puntos medios de las alturas de los entrepisos, originando una primera sección para el replanteo y arranque, la segunda para secciones intermedias y la tercera para finales superiores de la construcción (figura 9).



Fig 9: Tipología columnas.
Fuente: elaboración propia.

1.3.2 Losas de pisos, entrepisos y techos

Las losas están armadas en un solo sentido que se alterna entre una unidad y la siguiente (figura 10). Esto permite que las vigas sean de una única sección puesto que soportan unas mismas cargas equivalentes a la mitad del área tributaria de las losas de cada unidad espacial. Esta disposición de los nervios da lugar a la denominación de sistema porticado en ambas direcciones donde las vigas principales son de carga y arriostramiento a la vez.



Fig. 10: Porticado en ambos sentidos. Fuente: elaboración propia.

Sobre el envigado se coloca el piso de tableros, tablas o machihembrado, o cualquier otro material liviano acabado con el mismo material, baldosas de vinilo o alfombra. Para los techos, impermeabilizaciones con tejas asfálticas, manto, etc.

Todos los componentes de las losas se fabrican con secciones aserradas de Pino Caribe y tableros de virutas orientadas OSB (sigla en inglés de *Oriented Strand Board*). El envigado se conforma con vigas y nervios. Las alturas de los envigados pueden ser de 24, 30 y 40 cm con un desperdicio insignificante de 1,6% en cada tablero, acorde con el criterio de cero desperdicios, una de las premisas de sostenibilidad para este estudio.

Vigas y nervios son de secciones compuestas, básicamente huecas, muy esbeltas, donde la inercia juega un papel fundamental para la eficiencia de solicitudes a flexo-compresión.

El material resistente se concentra en los cordones superiores e inferiores con secciones macizas de Pino Caribe y la zona central, sin material, está destinada a dos funciones: servir de unión entre componentes mediante espigas de madera maciza, y alojar conectores verticales estabilizadores y colaborantes con los cordones (figura 11).

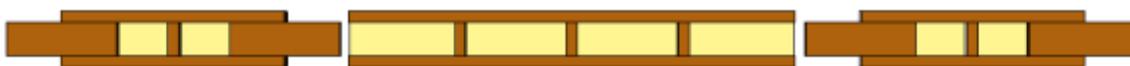


Fig. 11. Estructura interna de vigas 122 y 244 cm y uniones con espiga. Fuente: elaboración propia.

Las vigas principales van entre columnas, rodean y configuran las unidades espaciales. Se ha diseñado dos longitudes de vigas con la misma sección: 122 y 244x6x30 cm. Las de 122 cm forman crucetas insertadas entre los perfiles de las columnas, y las de 244 cm se ubican entre crucetas, en la parte central del vano, complementando la luz de 366 cm en ambos sentidos.



Fig. 12: Vigas 122 y 244 cm

Los cordones superiores e inferiores de las vigas son listones de pino Caribe con secciones de 4x6 cm, unidos entre sí con dos almas como caras externas de tableros de virutas orientadas, OSB (figura 12).



Fig. 13. Nervio estructura interna. Fuente: elaboración propia.

Los nervios son de un solo tipo, 360x4x30 cm. La estructura interna es con listones de 4x2 cm confinados con dos caras de OSB de 360x1x30 cm (figura 13). La dirección de los nervios se alterna entre una unidad espacial y las adyacentes, a diferencia de la colocación en una sola dirección de los sistemas porticados tradicionales. En nuestro caso el cambio de dirección distribuye equitativamente las cargas a las vigas perimetrales y facilita la unión a tope contra las caras de las vigas durante el montaje.

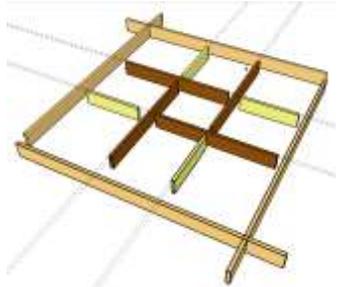


Fig. 14: Vigas en esvástica. Fuente: elaboración propia.



Fig. 15: Unión columnas y nodo rígido. Fuente: elaboración propia.



Fig. 16: Domo. Fuente: elaboración propia.

Otra manera de colocar el envigado es en forma de esvástica, con los de 240 cm, complementándolos con nervios de 120 cm para salvar el vano de 360 cm (figura 14). En este caso las losas van en ambas direcciones repartiendo las cargas vivas por igual a todas las vigas de contorno de la unidad espacial.

1.3.3 Uniones entre columnas, vigas y vigas con nervios

Las columnas se unen entre sí con pernos $\varnothing 3/8$ " en las presillas ubicadas en los extremos de las secciones. De igual manera para *nodo rígido* se perforan las crucetas de madera y los perfiles y se emperna el conjunto (figura 15).

Las vigas se unen entre si mediante espigas de 4x40x18 cm, a partir de tablonces de madera de Pino Caribe de 4 cm de espesor. En los modelos realizados con tablonces de menos de 20 y 40 cm de anchos, se producen recortes entre el 10% y el 15% en la fabricación de cada espiga.

En la etapa experimental de este estudio se han comprobado uniones longitudinales entre vigas rectas. En un futuro inmediato, uniones con alas inclinadas en las espigas hacen suponer la posibilidad de vigas inclinadas o componentes tipo arcos para techos abovedados y cubiertas mas complejas, como domos, utilizando los mismos miembros rectos (figura 16).



Fig. 17: Accesorio metálico.
Fuente: Fuente:
elaboración propia.

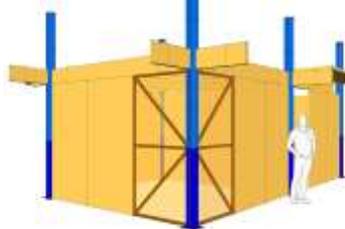


Fig. 18: Cerramientos.
Fuente: elaboración propia.



Fig.19: Instalaciones.
Fuente: Sven Methling

Los nervios se unen a tope con las caras de las vigas traspasándolas mediante clavos o tornillos — indistintamente— como se comprobó en las pruebas de laboratorio para la caracterización de los componentes para forjados de madera (Conti et al., 2016). Para esta propuesta se ha diseñado como alternativa un accesorio metálico con lámina galvanizada calibre 22. Es similar a los accesorios producidos industrialmente de forma automática y masiva con sofisticados troqueles y prensas. El aquí propuesto se produce manualmente recortando láminas planas y se modela realizando dobleces con dobladora manual, recursos más accesibles a la manufactura de la madera nacional (figura 17).

1.4 Sub-sistema de cerramientos y servicios

Los cerramientos son entamborados y están modulados a 120x6x240 cm. Llevan estructura interna de listones de 4x4 cm recubiertos con dos caras de OSB de 1 cm de espesor. También aquí la lámina de OSB es aprovechada al máximo con un desperdicio mínimo del 3,25%, debido en gran parte a los 3 mm que *come* la sierra en cada corte. Eventualmente los cerramientos ubicados en las esquinas de las edificaciones pueden ser colaborantes estructuralmente, incorporando un complemento interno de listones inclinados (figura 18).

Los espacios internos de los cerramientos permiten el paso de tuberías para los servicios eléctrico y de aguas blancas que deben ser visitables removiendo las caras de tablero (Methling, 2013). El resto de las instalaciones: aguas negras, aire acondicionado, etc. —todas visitables— que no se puedan embutir, van a la vista en canales, caletas, ductos, etc. (figura 19). Se resalta que la parte central del envigado entre cordones, vacía, permite el paso de instalaciones perforando las almas en zonas y tamaños de

orificios que no perjudiquen el desempeño estructural de los miembros y el conjunto estructural.

2. LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Desde el punto de vista de la producción, para efectos de la difusión, capacitación y apropiación social del conocimiento tecno-científico, se ha puesto énfasis en la simplificación para la fabricación de los componentes —sobre todo aquellos con madera y tableros— con herramientas sencillas, maquinaria elemental y personal no especializado dirigido por carpintero experimentado, tal como se ha corroborado al fabricar el prototipo realizado en la planta de El Laurel del IDEC y diferentes modelos en múltiples talleres de transferencia del CYTED en los que hemos participado, donde para la construcción de todos los componentes han bastado sierra de disco, cepillo-canteadora y herramientas básicas como escuadras y prensas (figura 20).



Fig. 20: Talleres de transferencia, Cyted, Fuente: Conti.

Esta versatilidad permite aplicar el criterio sustentable de utilizar recursos locales con mano de obra y cultura constructiva de la zona, fomentando la producción descentralizada y ahorrando, entre otros, el gravamen del transporte.

Aunque puede parecer contradictorio utilizar miembros metálicos fabricados por industrias metalmeccánicas, en este proyecto se asume el criterio de sincronismo tecnológico rompiendo prejuicios, pues se construyen viviendas con madera —donde no todo debe ser de madera—

al tiempo que se prioriza la manufactura, la pequeña y mediana industria y la autoconstrucción.

Las características generales de esta propuesta —sobre todo la construcción seca— evidencian la posibilidad de construir de manera progresiva, de acuerdo a la disponibilidad del habitante y que éste (y su familia) participen activamente en la construcción mediante planes de autoconstrucción debidamente asesorados por asistencia técnica profesional para la producción de viviendas económicas.

Debido a que en Venezuela no existen normas para construcciones con madera, para la transferencia de alternativas constructivas con madera es imprescindible la comprobación experimental con ensayos de laboratorio. Es el caso de los componentes aquí descritos, que han sido ensayados con probetas a escala 1:1 (dimensiones reales) en los laboratorios INVESTI.

3. CONCLUSIONES

3.1 Construcciones sostenibles

La madera —y sus derivados— es casi el único recurso renovable con poca energía incorporada para su transformación. Ante la creciente tendencia exponencial del uso y posible agotamiento de los recursos no renovables en un par de generaciones (Hawking, 2018), es de vital importancia el uso masivo de productos de madera de plantaciones, explotadas con criterios sustentables que garanticen recursos perennes y renovables.

La construcción de modelos y prototipos demostró mínimos desperdicios promedios —menos del 10% para la madera aserrada y de 1,6% en los tableros—, logros importantes gracias a la adopción de la coordinación modular.

La construcción seca, denominador común a lo largo del estudio, demostró también durante la producción de los prototipos su validez sustentable al permitir hacer ajustes, modificar, cambiar y reutilizar, sin producción de residuos y desechos y sin dañar lo construido, aprovechándolo en su totalidad.

3.2 Transferencia tecnológica

Junto al proceso de fabricación, la simplicidad de los componentes y —sobre todo— de las uniones permiten la participación activa y capacitación ciudadana para la producción de viviendas —también progresivas— bajo el criterio de la autogestión con asistencia técnica profesional. Como ha sido descrito, modelos y prototipos se construyeron con maquinaria y herramientas básicas como las que se pueden encontrar en cualquier carpintería pequeña o en unidades productivas comunales.

4. AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV) por el financiamiento para la realización de los ensayos de la investigación experimental. Proyecto CDCH N°

PG.02.5786.

Al Ing. Henrique Pérez Llamaza, director del Instituto Venezolano de Investigaciones Tecnológicas e Industriales INVESTI, por su colaboración y apoyo para los ensayos y caracterización de los componentes con madera.

Igualmente, a la Lic. Helena González por su apoyo y valiosa asistencia editorial.

5. REFERENCIAS

Acosta, D.; Cilento, A. (2005) Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción*, Vol. 21-I, pp. 15-30. Caracas, Venezuela.

Barrios, E.; Contreras, W.; Valero W., Owen de Contreras, M.; Sosa, M. (2012). Ensayos mecánicos de vigas compuestas e madera Tipo I LS&E1 para uso estructural. *Revista Forestal Venezolana* 56 (1), 73-80. Mérida, Venezuela.

Cilento, A. (1996) Sincretismo e innovación tecnológica en la producción de viviendas. *Tecnología y Construcción*, Vol. 12-II, pp. 15-19. Caracas, Venezuela.

Cilento, A. (1999). Cambio de paradigma del Hábitat. *Ediciones CDCH/IDEC/UCV. Colección Estudios*. Caracas, Venezuela.

Cilento, A. (2002). Hogares sostenibles de desarrollo progresivo. *Tecnología y Construcción* 18 (III), 23-28. Caracas, Venezuela.

Cilento, A., (2014). Una agenda para la arquitectura y construcción sostenible. *Clase magistral. X Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del IDEC FAU-UCV*. Caracas, Venezuela.

Cilento, A. (2015). Construcción sostenible, piezas para la investigación y la acción. *Colaborador: D. Acosta, Compilador A. Lovera. Ediciones IDEC-FAU/UCV*. Caracas, Venezuela.

Conti, A. (2016) *La traducción en arquitectura, una visión hermenéutica de la transferencia tecnológica* (Tesis de Doctorado en desarrollo). Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Conti, A.; Maggi, G. (2016). Caracterización de componentes estructurales para forjados de madera sometidos a flexión. *Tecnología y Construcción* 32 (I), 16-29. Caracas, Venezuela.

Hawking, S. (2018). El futuro de la raza humana está en el espacio. Periódico *El Mundo*, edición digital del 13/3/2018. Extraído el 13/3/2018. <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/09/24/ciencia/1222260808.html>

Leiva, L. (2007) Vigas compuestas de madera de sección doble T y sección cajón para uso en vivienda. *Tecnología y Construcción* N° 23-III, pp. 47-56. Caracas, Venezuela.

López, M.; Rattia, H. (2016). Nuevos aserraderos permitirán explotar con tiempo las 572,9 mil hectáreas del bosque de Uverito. *Correo del Orinoco*, edición digital del 6/6/2016. Extraído el 20 de junio 2016. www.correodelorinoco.gob.ve/nacionales/nuevos-aserraderos-permitiran-explotartiempo-5729-mil-hectareas-bosque-uverito/.

Lorenzo, P. (2002). Con techo. Soluciones de techos para viviendas de bajo coste. *Proyecto XIV.5, CYTED*. Ed. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Loreto, A.; Molina, R.; Vivas, V.; Conti, A.; Lugo, A. (2000). La madera: Una línea de investigación. *Tecnología y Construcción* 16 (III), 9-20. Caracas, Venezuela.

Massuh, H. (2007). Casa-partes. Tecnología de cimientos, paredes, entresijos, techos e instalaciones CIPEDI. Ed. Centro Experimental de la Vivienda Económica CEVE. Córdoba, Argentina.

Methling, S. (2013). Paneles con tableros de madera. Un sistema de cerramientos interiores para la vivienda flexible. *Tesis de Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción*. IDEC, FAU-UCV. Caracas.

APÉNDICE (Presentación)

XXXVI Jornadas de Investigación IDEC 2, 3 y 4 de julio de 2018

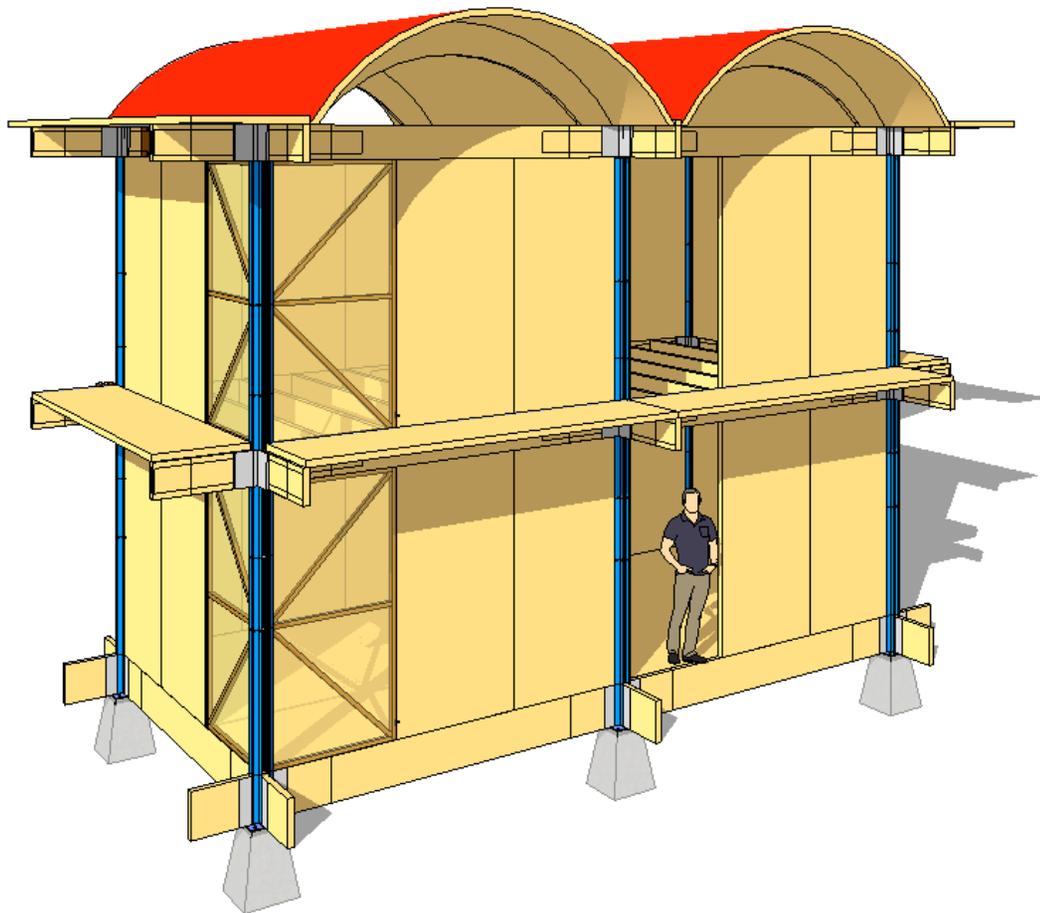


IDEIC
INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL
DE LA CONSTRUCCIÓN



Viviendas con madera y tableros ViMaT

Antonio Conti B.



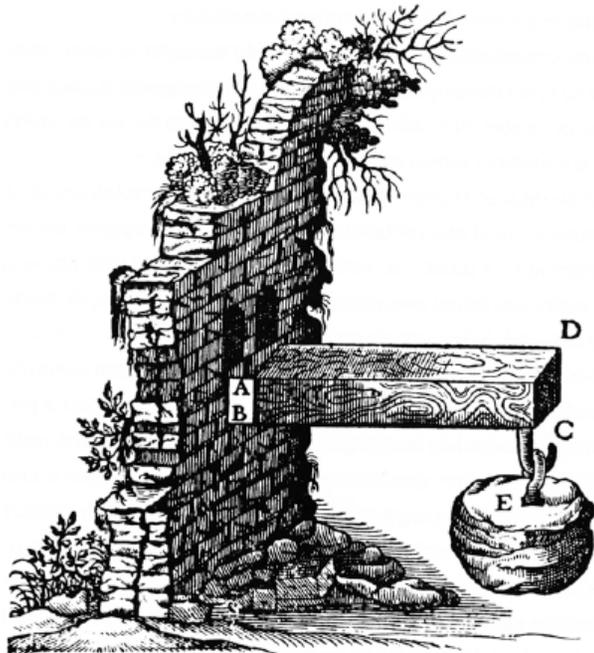
Una propuesta desde la perspectiva de la sostenibilidad y la transferencia tecnológica



Propiedades de la madera

- Requiere poco gasto energético para su procesamiento, transporte y montaje.
- Su comportamiento ante el fuego es predecible.
- Las construcciones con madera son muy durables, incluso en ambientes con altas concentraciones de productos con soluciones de ácidos.
- Es fácilmente manejable y mecanizable.
- Permite uniones con juntas secas y realizar montajes de forma rápida, limpia y sin agua.
- Permite reciclaje, cambios, reutilización y deconstrucción.
- Excelente para el confort ambiental, acústico y como aislante térmico.
- Exuberante calidad estética...

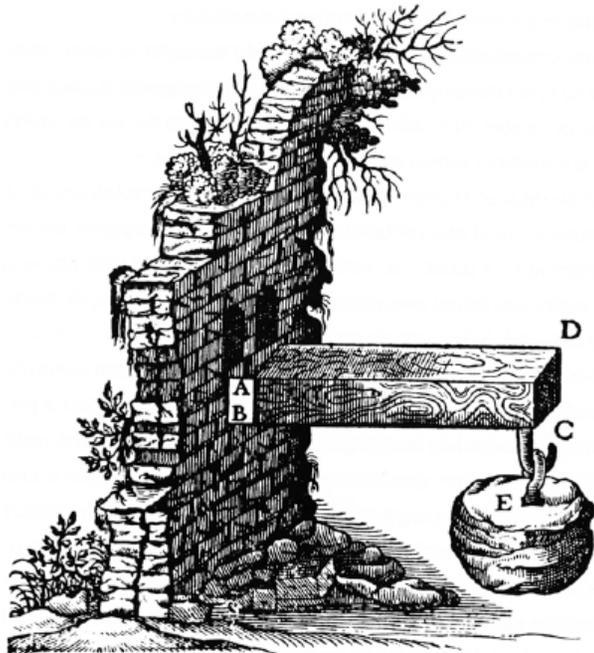
Propiedades mecánicas de la madera



Galileo Galilei (1564-1642)
"Discorsi e dimostrazioni..."

- Material resistente a flexión por excelencia.
- Ligera, extraordinaria relación resistencia-peso (mayor que el acero).
- Buena resistencia a tracción y compresión paralelas a las fibras.

Propiedades mecánicas de la madera

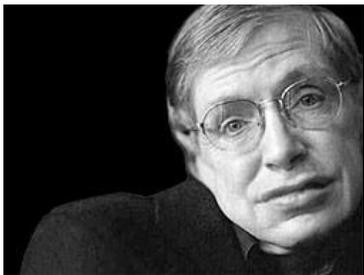


Galileo Galilei (1564-1642)
"Discorsi e dimostrazioni..."

- Material resistente a flexión por excelencia.
- Ligera, extraordinaria relación resistencia-peso (mayor que el acero).
- Buena resistencia a tracción y compresión paralelas a las fibras.
- y desde la sostenibilidad es:

CASI EL ÚNICO RECURSO RENOVABLE

El futuro de la raza humana está en el espacio

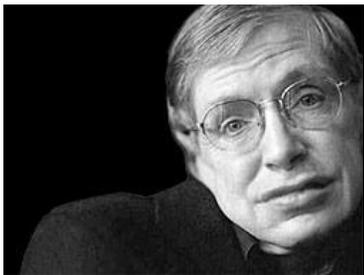


Stephen Hawking

- Si somos los únicos seres vivos de la galaxia, debemos asegurarnos de sobrevivir y continuar.
- Pero estamos entrando en un período más peligroso de nuestra historia.
- Nuestra población y el uso de **recursos no renovables** del planeta tierra está creciendo exponencialmente, junto con nuestra habilidad técnica de cambiar el ambiente para bien y para mal.
- Pero nuestro código genético todavía transmite instintos egoístas y agresivos que fueron una ventaja para sobrevivir en el pasado.
- **Será muy difícil evitar el desastre en los próximos 100 años** sin contar los próximos 1.000 o 1.000.000 de años.
- Nuestra única posibilidad de sobrevivir a largo plazo es no permanecer escondidos en el planeta Tierra, sino expandirnos hacia el espacio.

“Los límites al crecimiento” (1972)

El futuro de la raza humana está en el espacio



Stephen Hawking



Le Club de Rome (Le comité des 300 corps subversifs) organisé dans le seul but d'accélérer les plans afin d'aboutir à un Nouvel Ordre Mondial

"Los límites al crecimiento" (1972)

- Si somos los únicos seres vivos de la galaxia, debemos asegurarnos de sobrevivir y continuar.
- Pero estamos entrando en un período más peligroso de nuestra historia.
- Nuestra población y el uso de **recursos no renovables** del planeta tierra está creciendo exponencialmente, junto con nuestra habilidad técnica de cambiar el ambiente para bien y para mal.
- Pero nuestro código genético todavía transmite instintos egoístas y agresivos que fueron una ventaja para sobrevivir en el pasado.
- **Será muy difícil evitar el desastre en los próximos 100 años** sin contar los próximos 1.000 o 1.000.000 de años.
- Nuestra única posibilidad de sobrevivir a largo plazo es no permanecer escondidos en el planeta Tierra, sino expandirnos hacia el espacio.

Plantaciones de PinusCaribaea var. Hondurensis



Uverito





Rascacielo con madera más alto del mundo

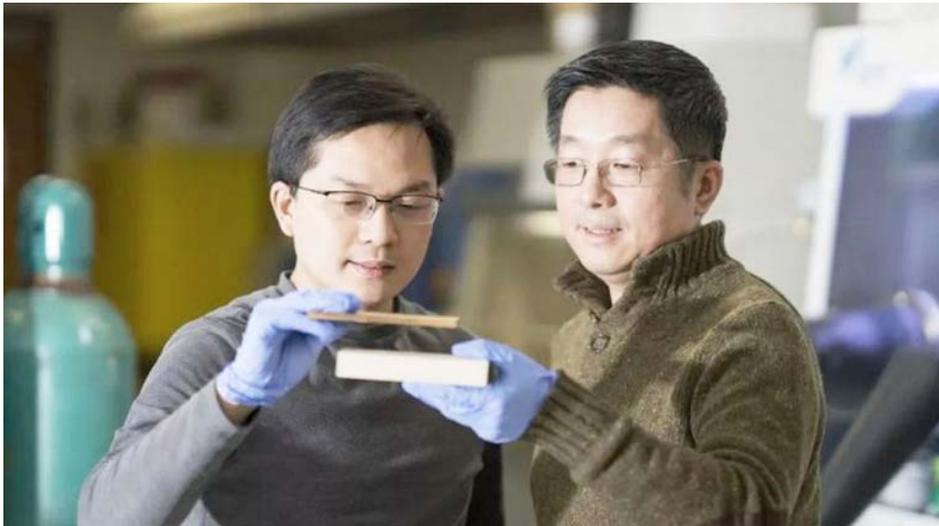


El edificio tendrá 350 plantas y estará compuesto en un 90% de madera. (Foto: Sumitomo Forestry).

Fuente: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-43127560>

- Una empresa en Japón se ha propuesto un reto con el que quiere hacer historia: construir el **rascacielos** de madera más alto del mundo.
- Sumitomo Forestry pretende conmemorar su 350 aniversario con una torre de **350 metros de altura** que espera tener acabada en 2041.
- La empresa dice que el edificio de **70 plantas**, al que ha llamado W350, estará fabricado en un **10% de acero y en un 90% de madera**, un total de 185.000 metros cúbicos de ese último material.
- La inmensa torre albergará 8.000 hogares, hoteles, oficinas y comercios con árboles y vegetación en los balcones de cada planta.
- Una **estructura de tubo, refuerzos diagonales para controlar la vibración y columnas de acero lo protegerán de los terremotos**, explicó la compañía.

La supermadera: puede remplazar el acero

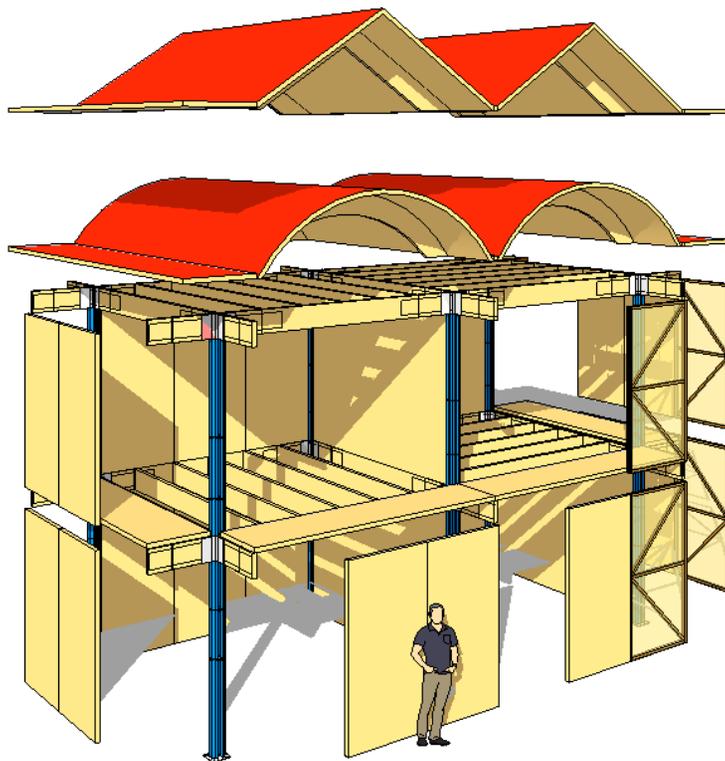


El profesor Liangbing Hu (izq.) muestra la supermadera densa y comprimida que es más fuerte que el acero. Su colega Teng Li sostiene un trozo de madera natural. (Foto: gentileza Hua Xie)

Fuente: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-43073561>

- Una madera 12 veces más resistente que la madera natural y más fuerte que muchas aleaciones de titanio.
- Es la "supermadera", desarrollada por ingenieros de la **Universidad de Maryland**, en Estados Unidos, que hallaron una forma de tratar la madera que la vuelve tan fuerte como el acero.
- "Encontramos una solución promisoriosa en la búsqueda de materiales sostenibles y de alto rendimiento", dijo a BBC Mundo **Liangbing Hu**, profesor asociado de ciencia e ingeniería de materiales de la Universidad de Maryland y líder del equipo que desarrolló el nuevo material.
- "Este tipo de madera **podría usarse en automóviles, aviones, edificios** y cualquier aplicación donde se use acero".

Sincretismo tecnológico (hibridación)



- Sistema abierto.
- Los miembros verticales de la estructura, fabricados en talleres metalmecánicos, de secciones compuestas con perfiles de acero.
- Los miembros horizontales, inclinado y curvos, junto con los cerramientos, con secciones de tablas de madera y tableros de OSB en carpinterías pequeñas y medianas con maquinaria y herramientas básicas.



EVALUACIÓN PROBABILÍSTICA DE LA CONDICIÓN “COLUMNA FUERTE VIGA DÉBIL”

Angelo Marinilli
Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), Facultad de Ingeniería, UCV.
angelo.marinilli@ucv.ve, angelomarinilli@gmail.com

Angelo Marinilli: Columna fuerte viga débil

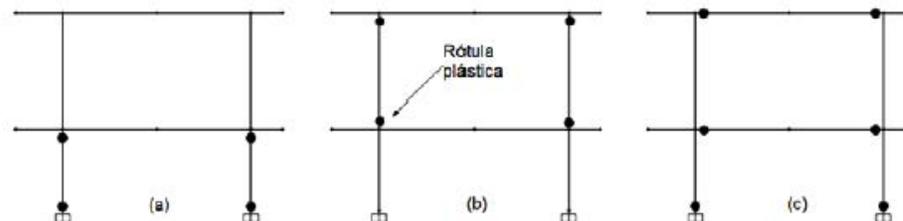


Figura 1: Mecanismos plásticos de colapso para un pórtico de dos pisos y un vano: (a) mecanismo de primer piso, (b) mecanismo de segundo piso y (c) mecanismo ideal. (Elaboración propia)



Criterios y variables de diseño

- Incorporar recursos y culturas constructivas locales.
- Producción componentes con madera mediante carpinterías pequeñas y medianas en red.
- Montaje manual con herramientas y mecanismos no sofisticados (Andamios, poleas, polipastos, pernos ...)
- Deconstrucción versus demolición.
- Cero desperdicios.
- Juntas secas.
- Facilitar reparaciones, remodelaciones, reciclaje.
- **Coordinación dimensional y modular**

Coordinación modular



- Ayer necesaria,



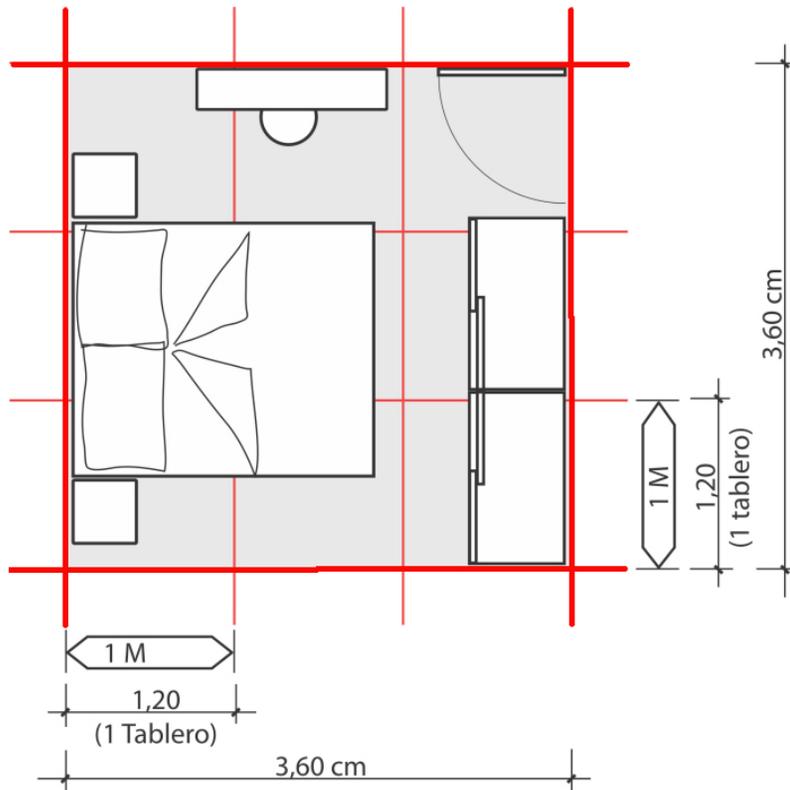
*Programa
experimental
San Blas.
Valencia.
(Finales de '80)*

***Banco Obrero**
Sistema
Prefabricado C-4*



... hoy
**La coordinación
dimensional y
modular es
indispensable.**

Coordinación modular



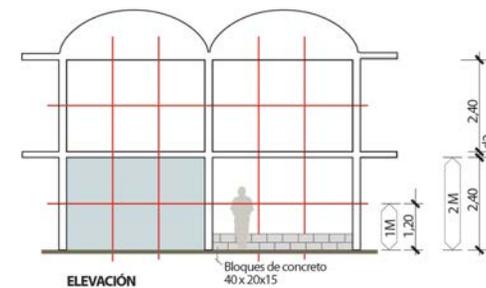
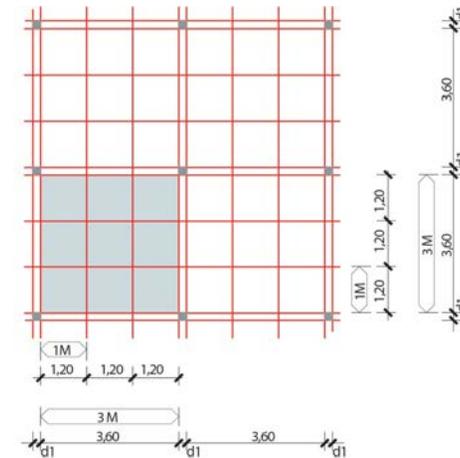
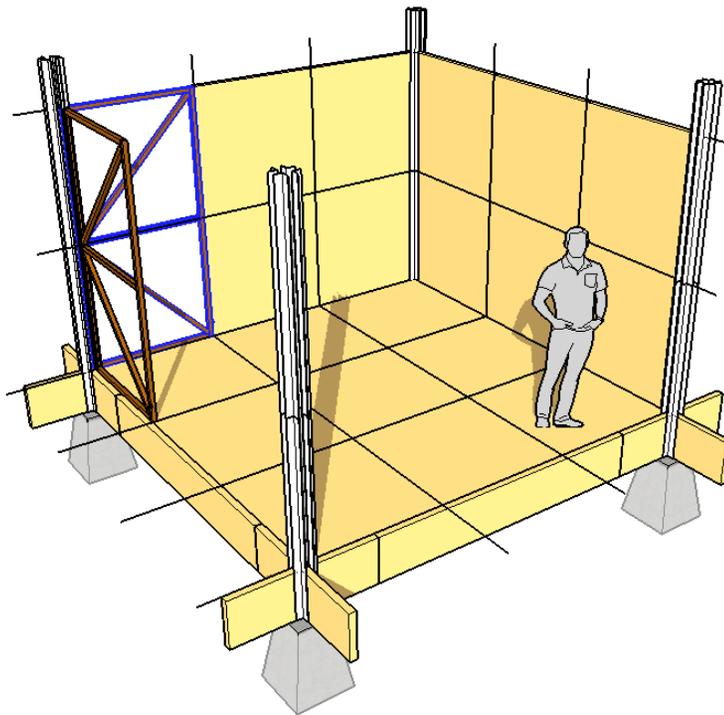
- Módulo: 120x120 cm (1Mx1M).
- Retícula de diseño: 120x120x120 cm (1Mx1Mx1M).

Coordinación modular



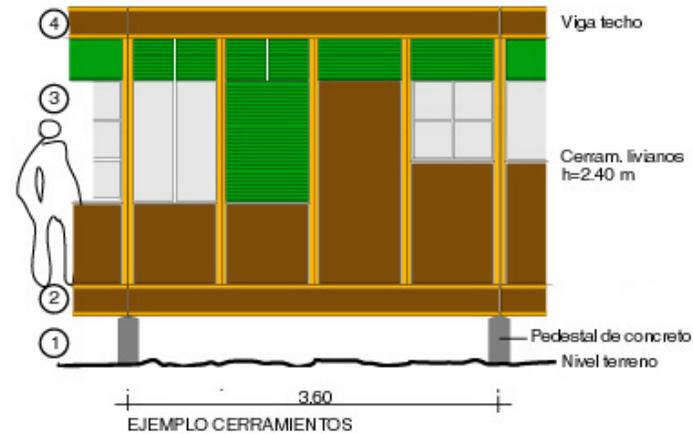
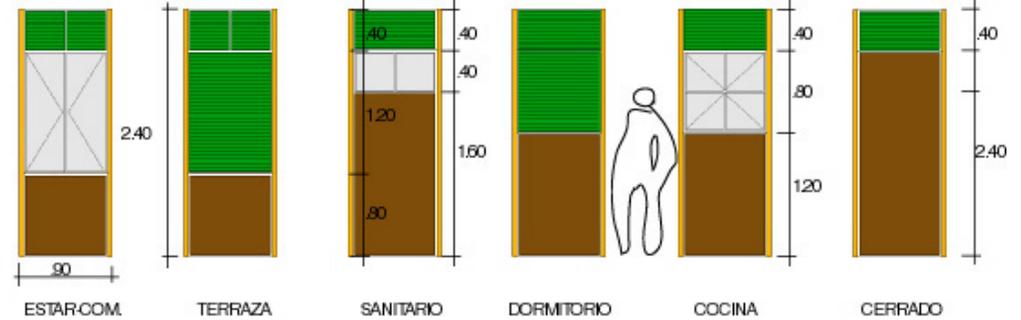
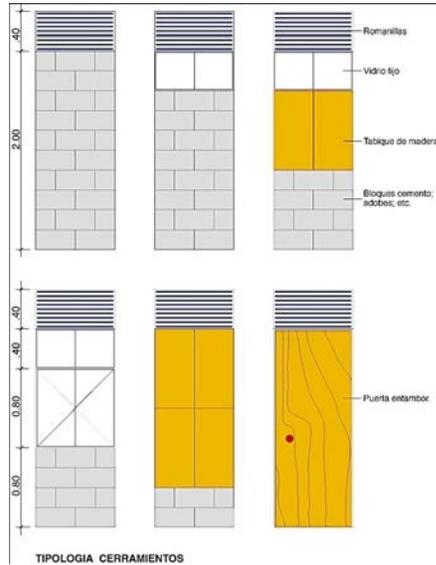
- Unidad espacial: 360x360xh=240 cm (3Mx3Mx2M).
- Retícula de formación: 360x360x240 cm (3Mx3Mx2M).

Coordinación modular



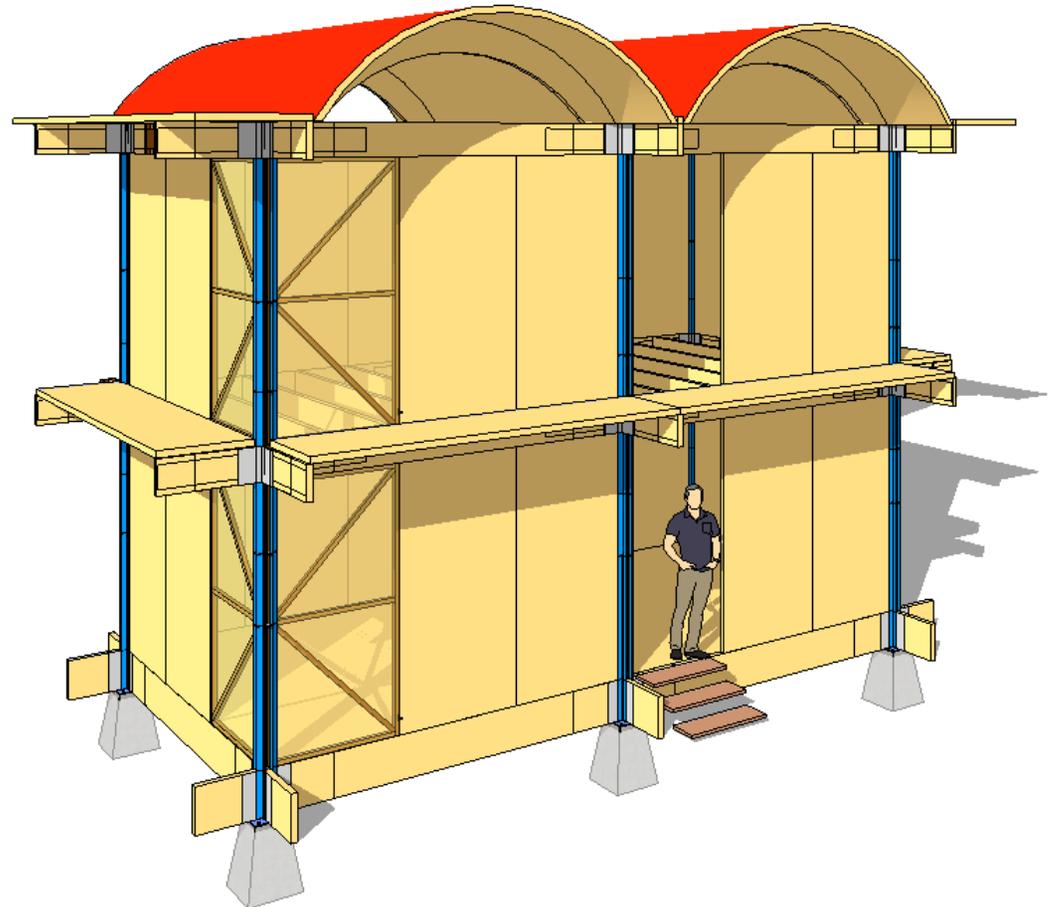
Unidad espacial - Módulo estructural 360x360xh=240 cm (3Mx3Mx2M)

Tipología cerramientos

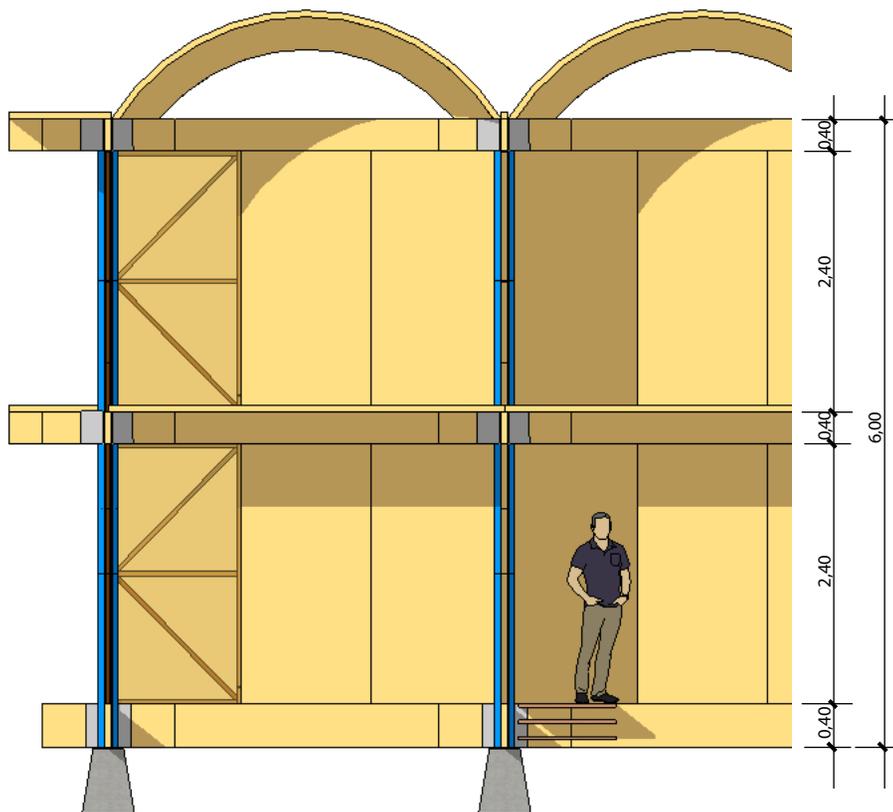


La propuesta

- Viviendas hasta dos pisos
- Dos módulos estructurales
- Descripción componentes

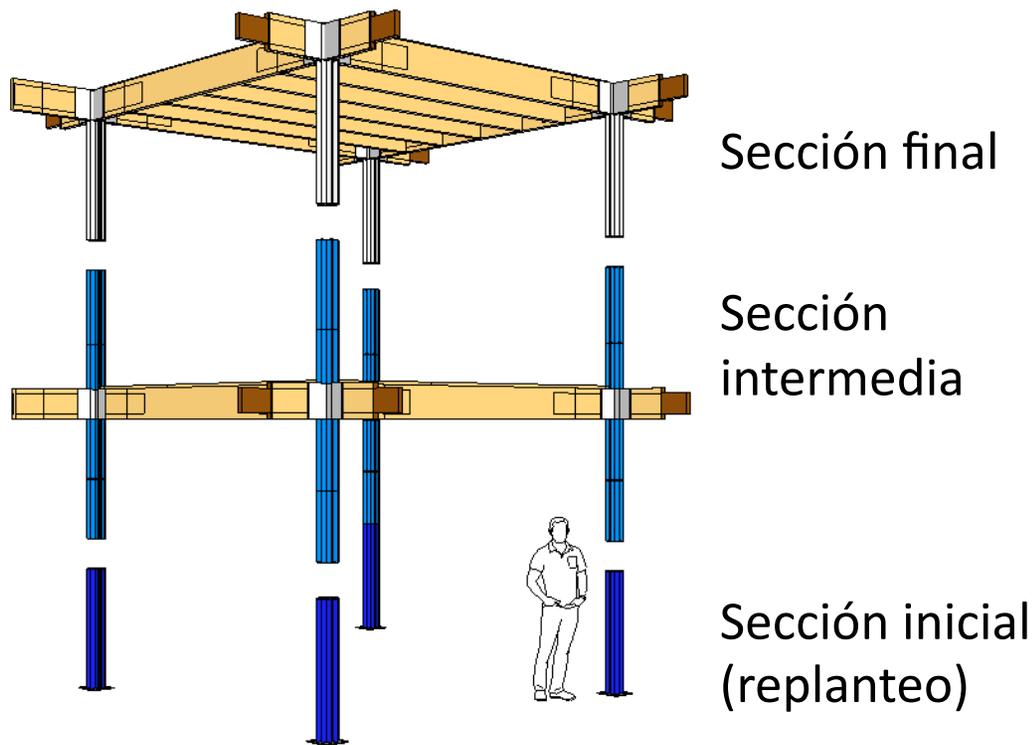


Columnas: alternativa para dos pisos

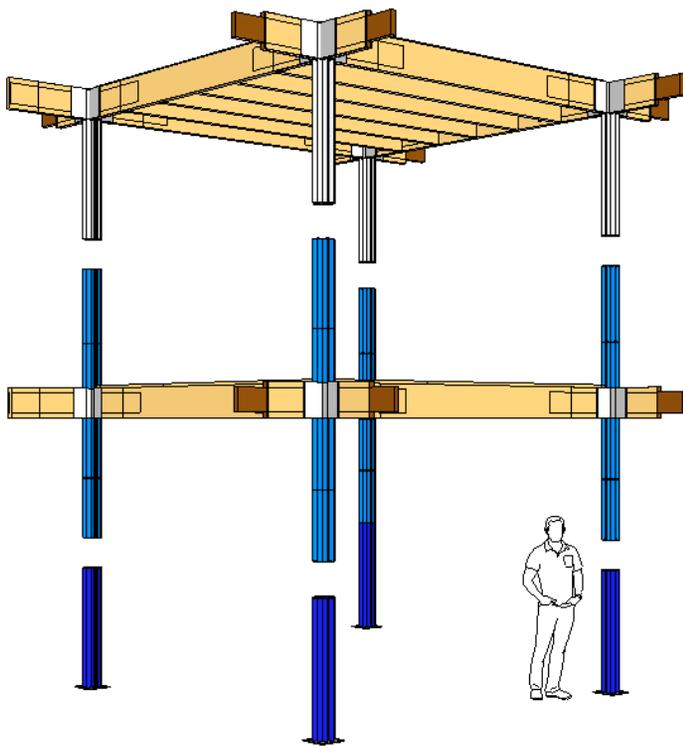


- Sección compuesta por 4 angulares.
- Longitud total 6,00 m
- Altern. 1: una pieza.
- Alt. 2: tres secciones.
- En ambas:
CERO DESPERDICIOS

Columnas: alternativa para hasta cinco pisos



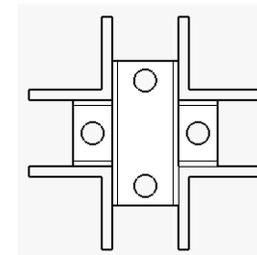
Columnas: alternativa para hasta cinco pisos



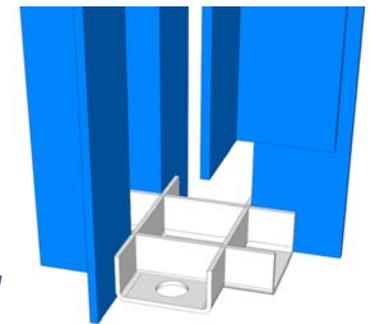
Sección final

Sección intermedia

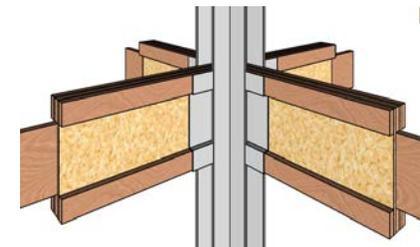
Sección inicial (replanteo)



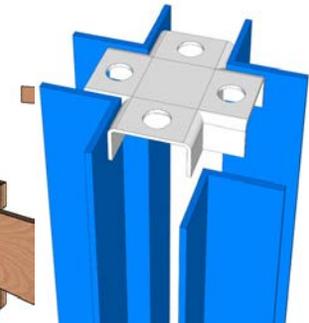
Sección transversal



Presilla

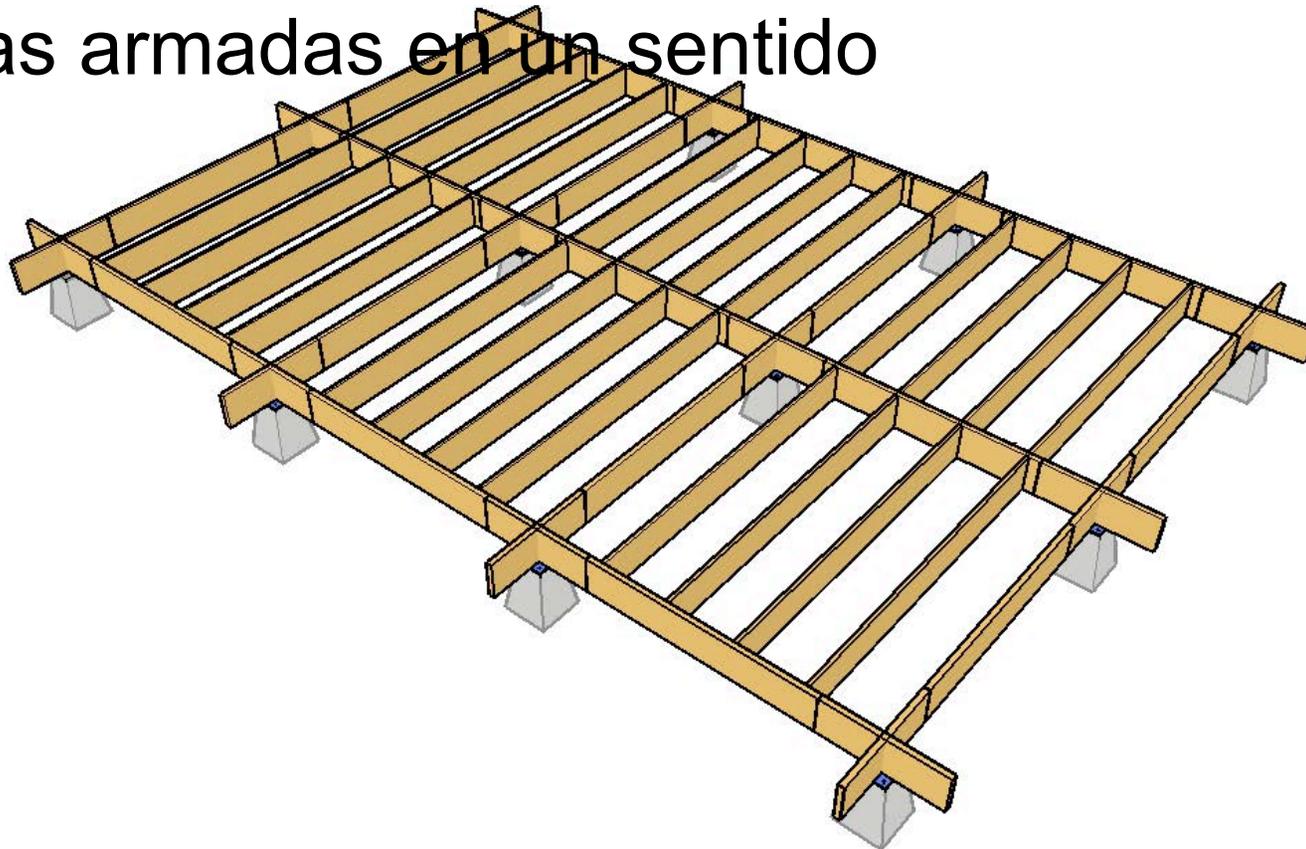


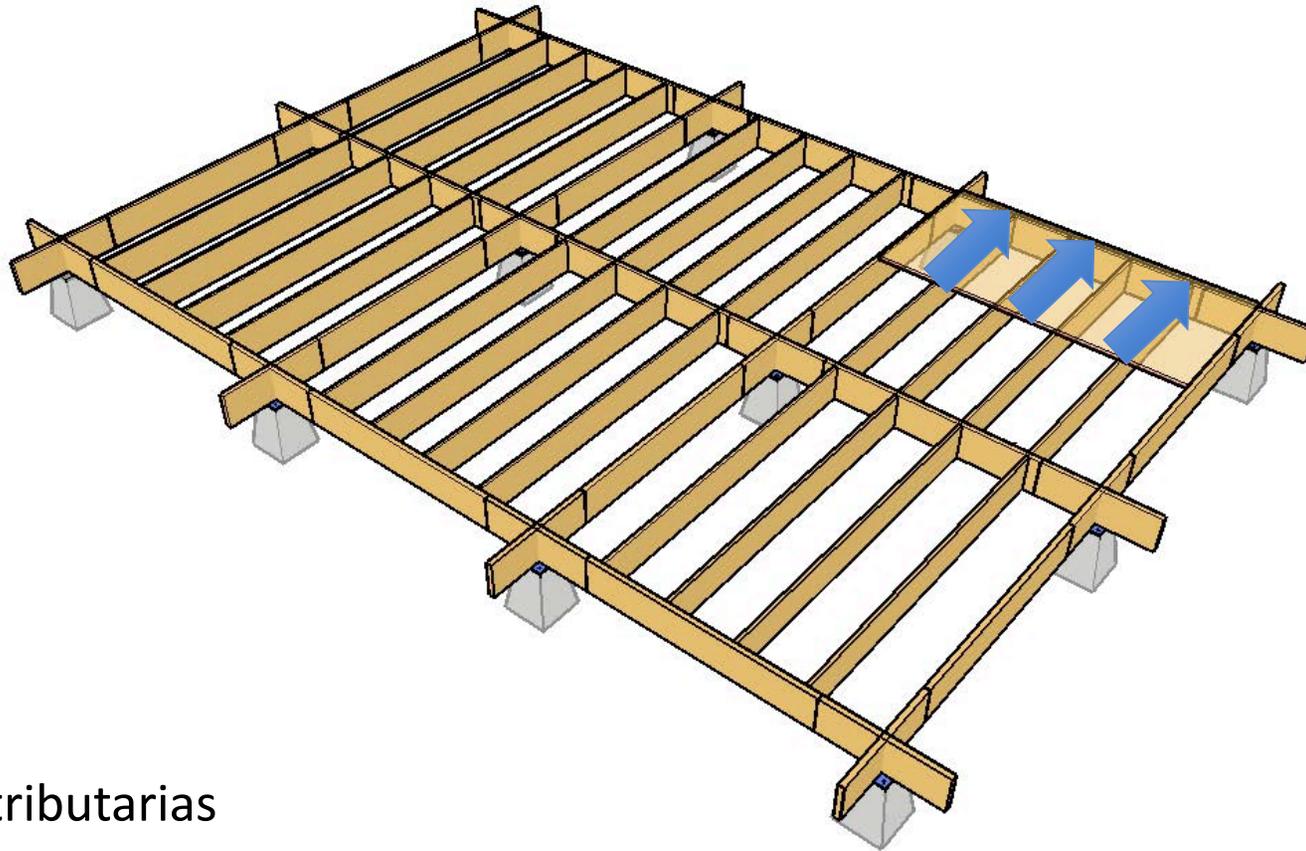
Nodo



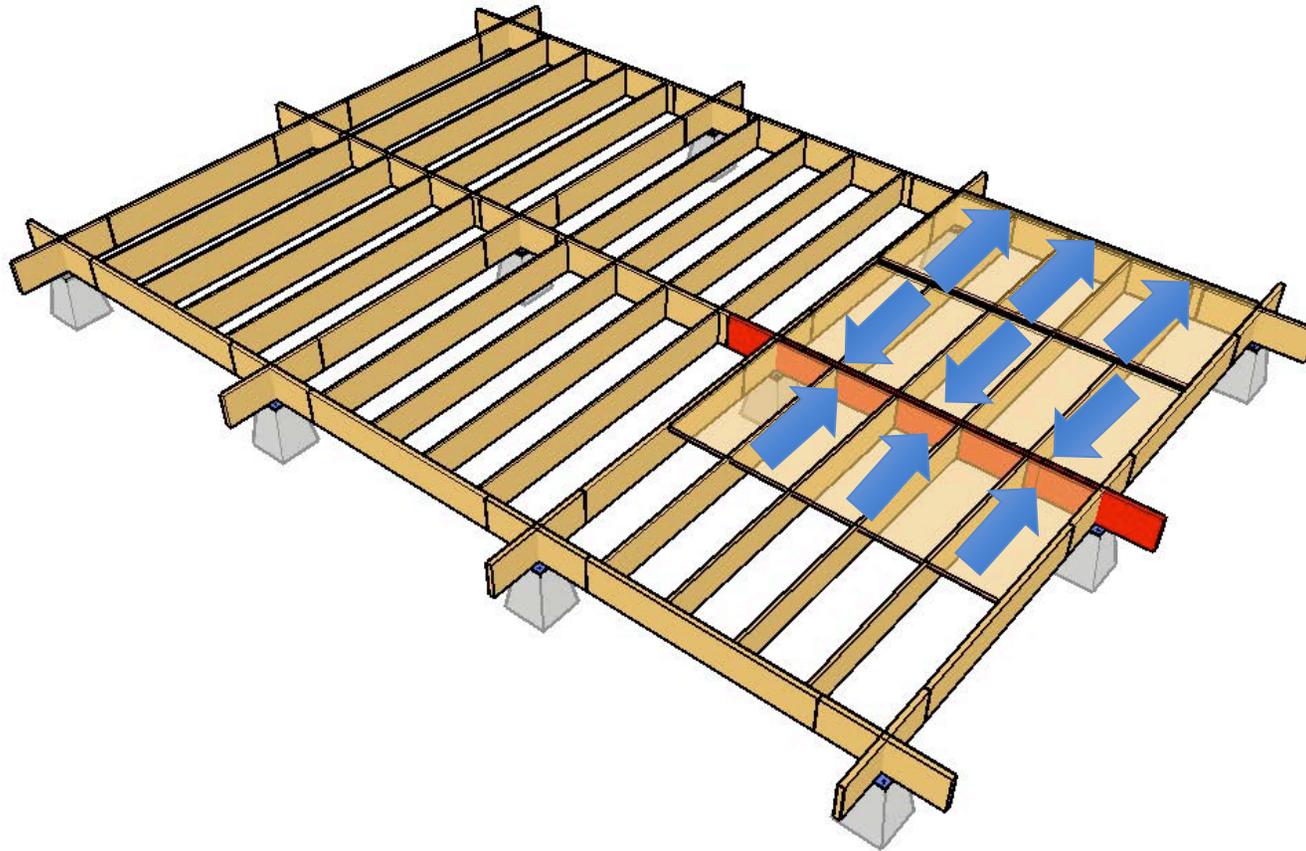
Sección compuesta

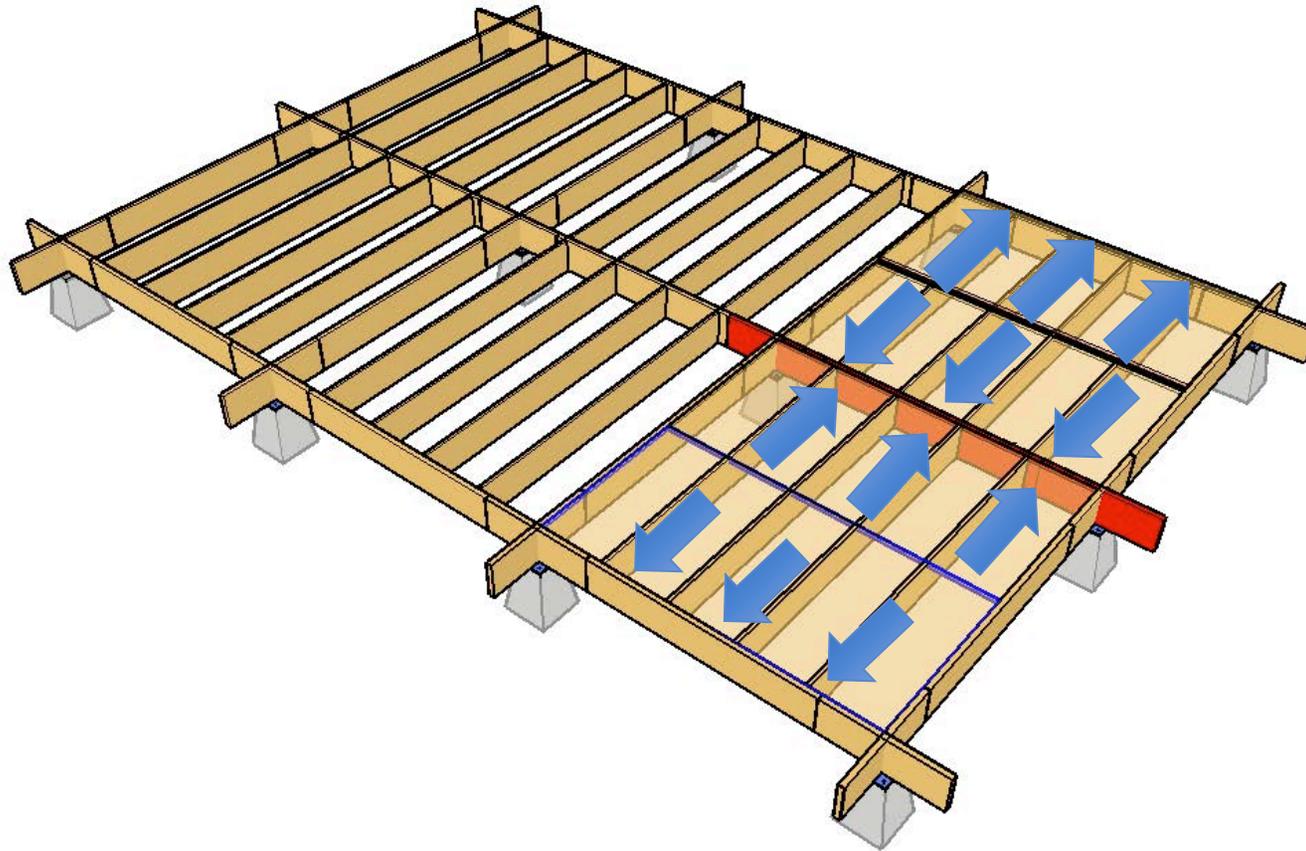
Losas armadas en un sentido

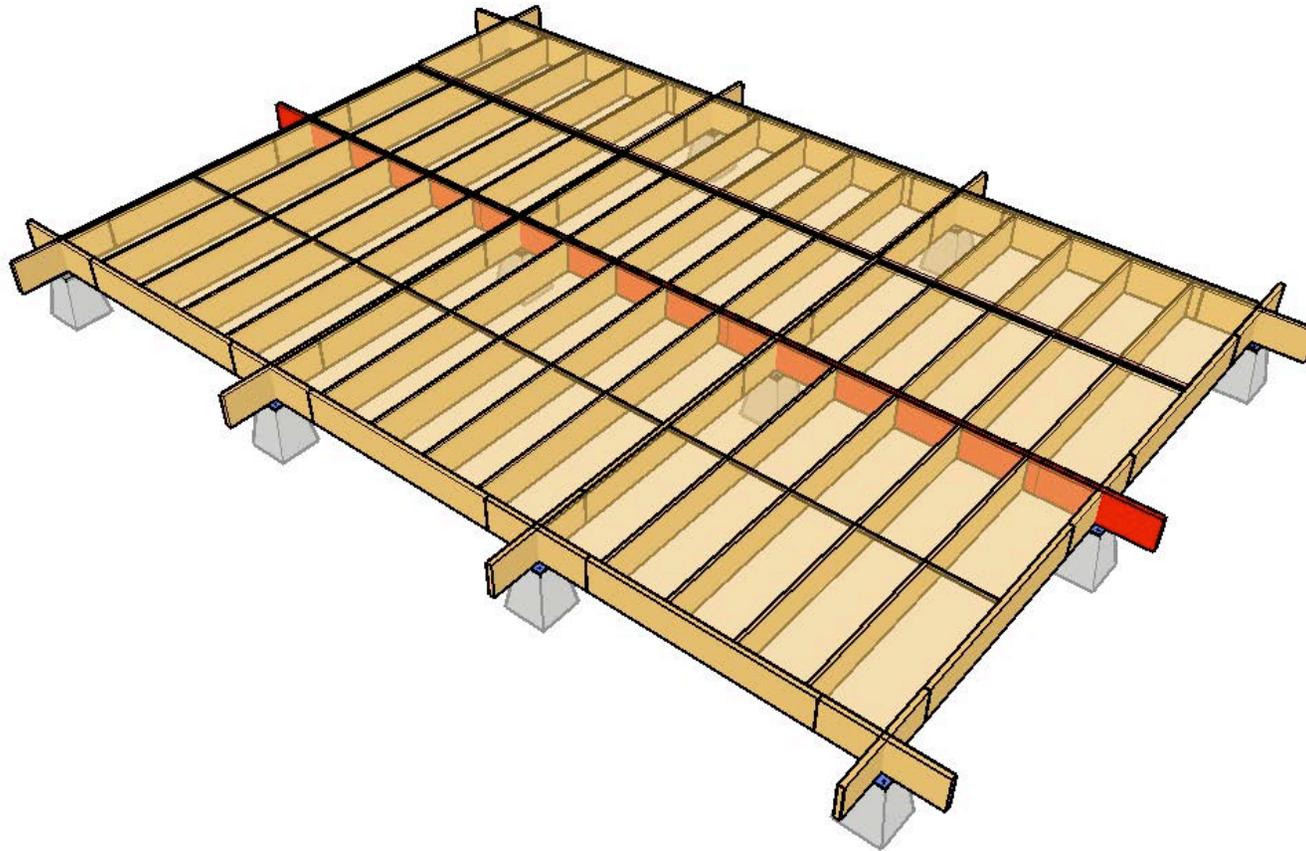


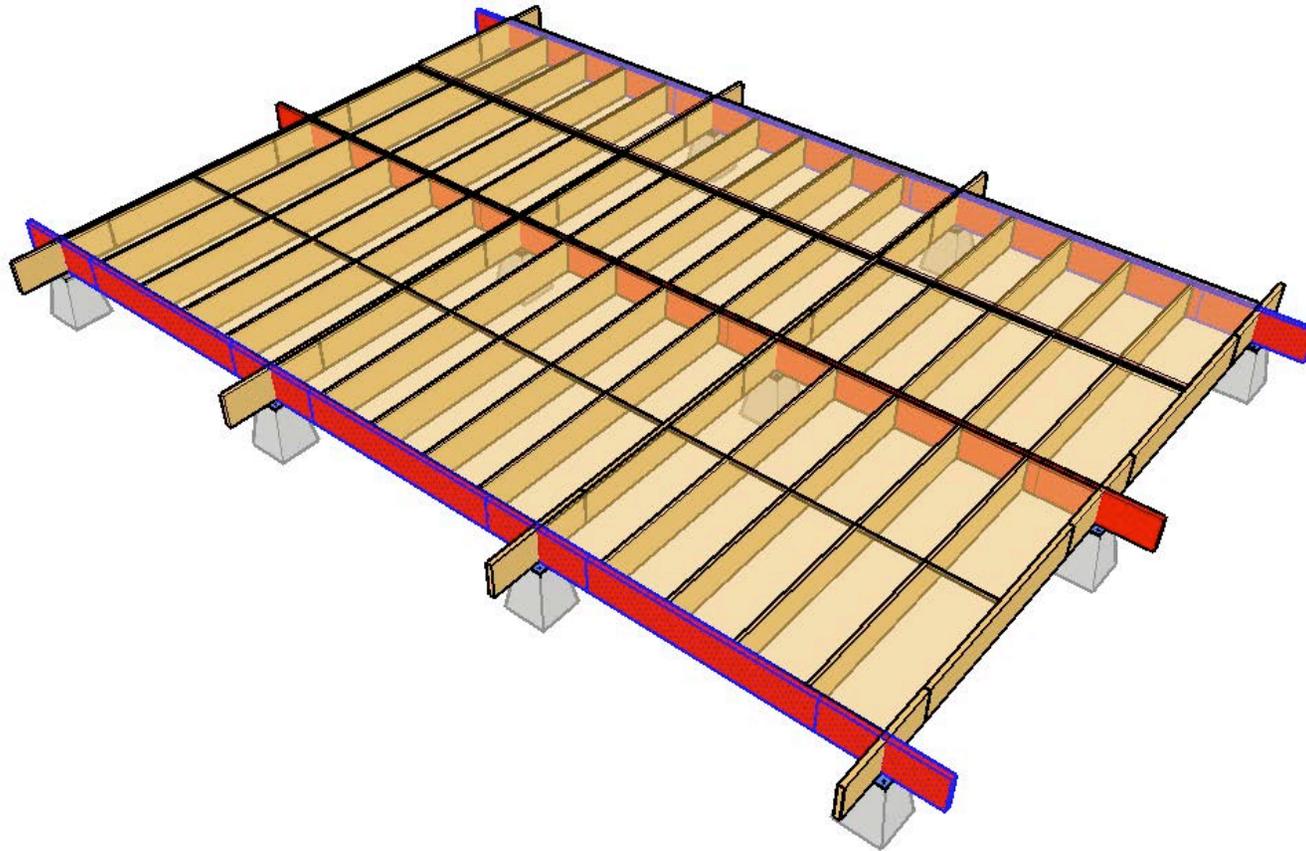


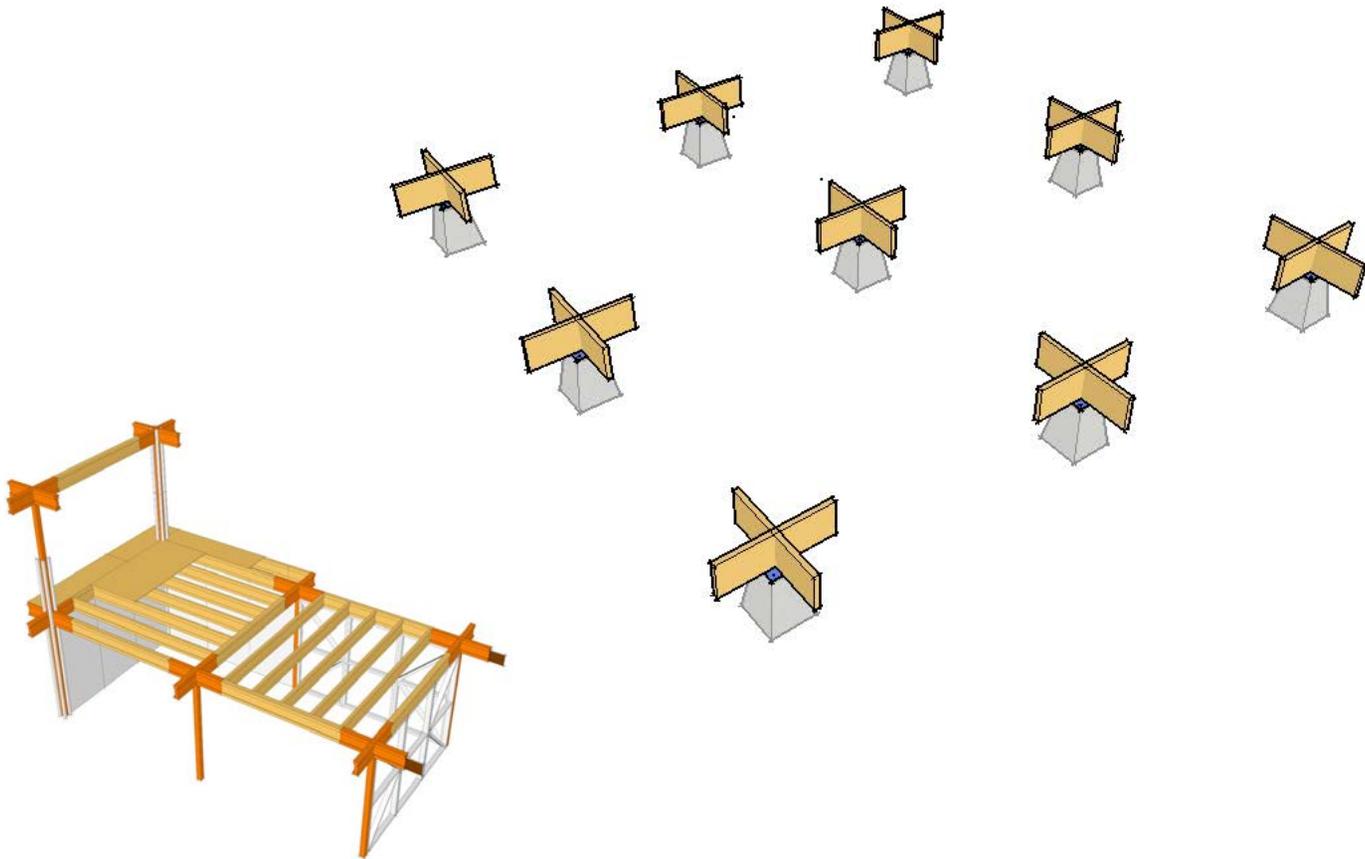
Áreas tributarias

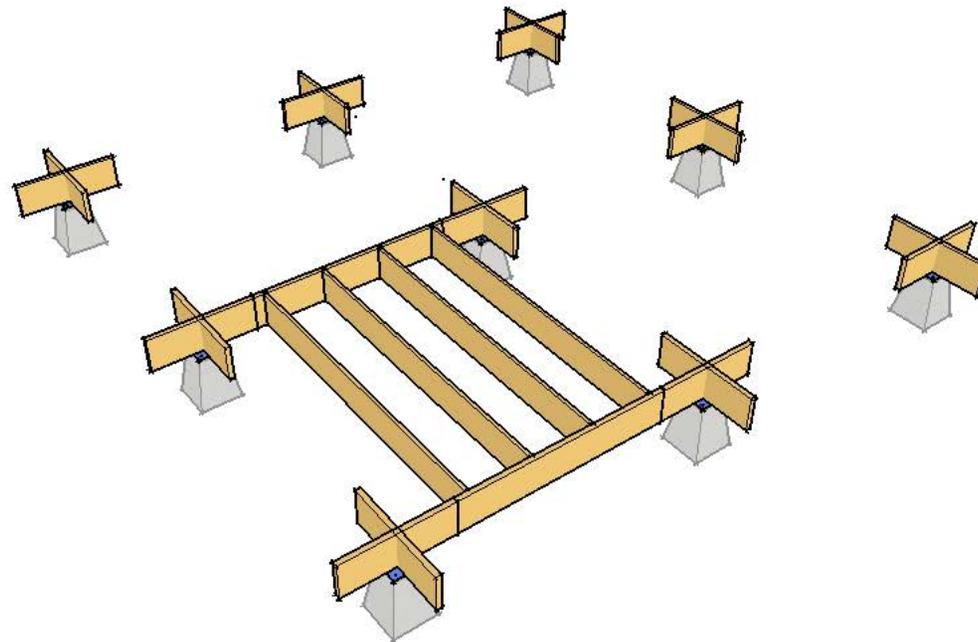


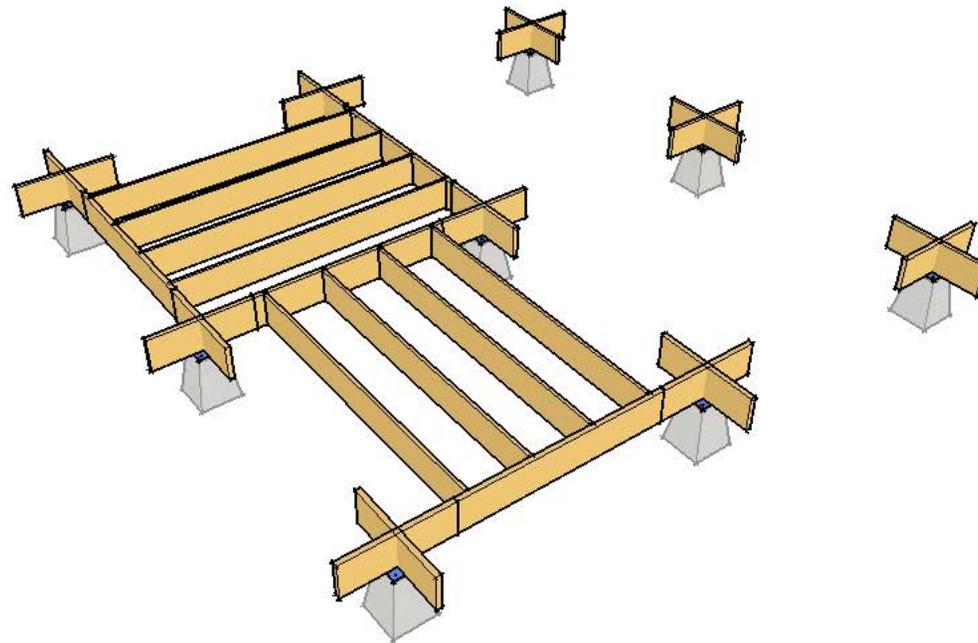


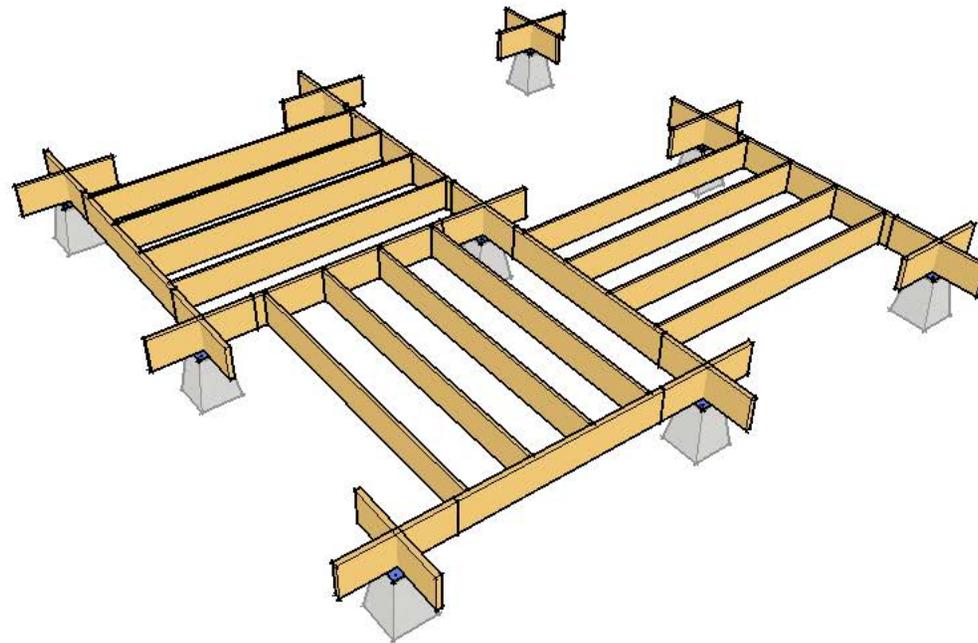


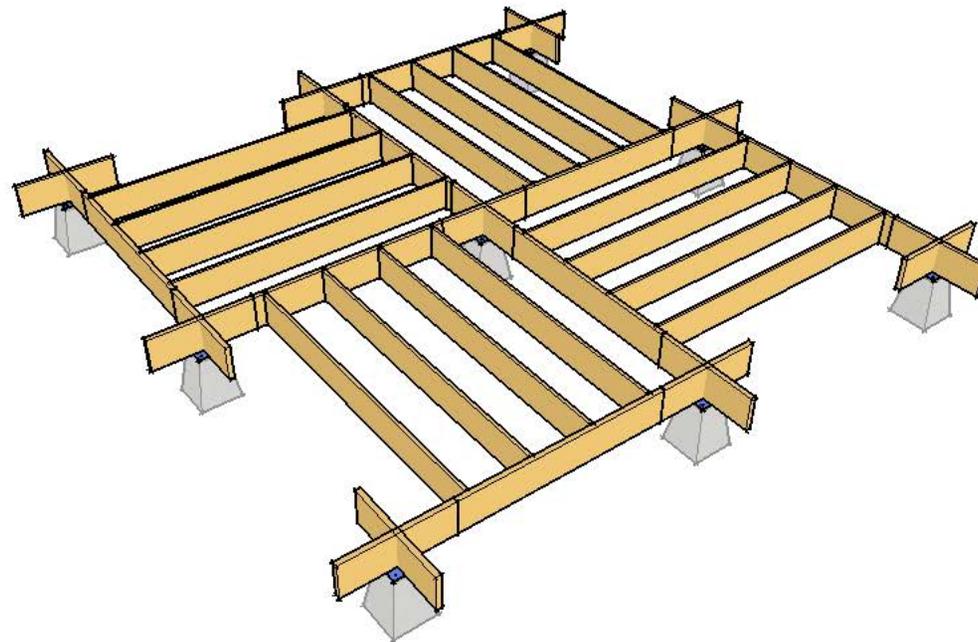


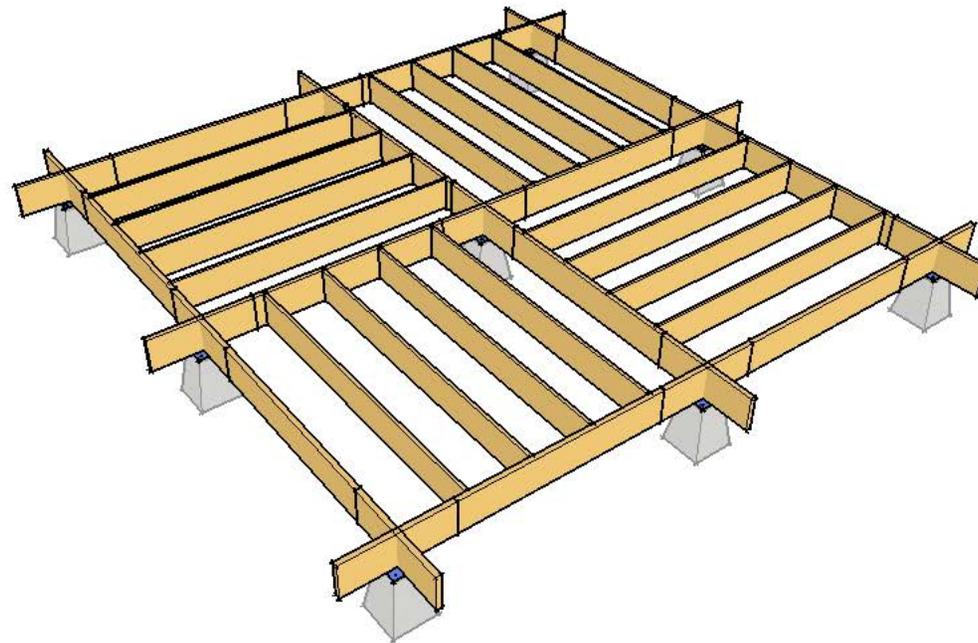


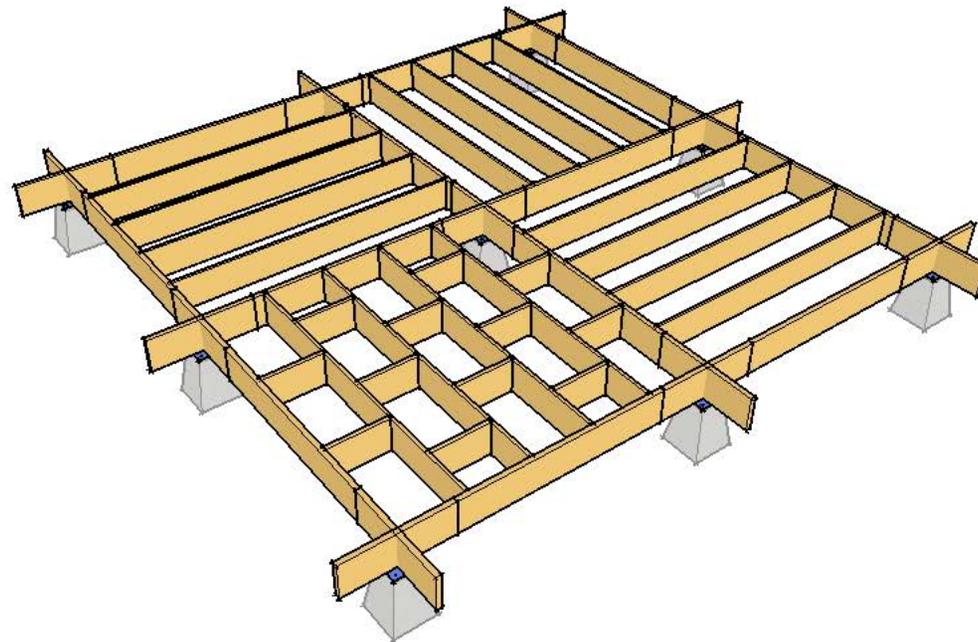




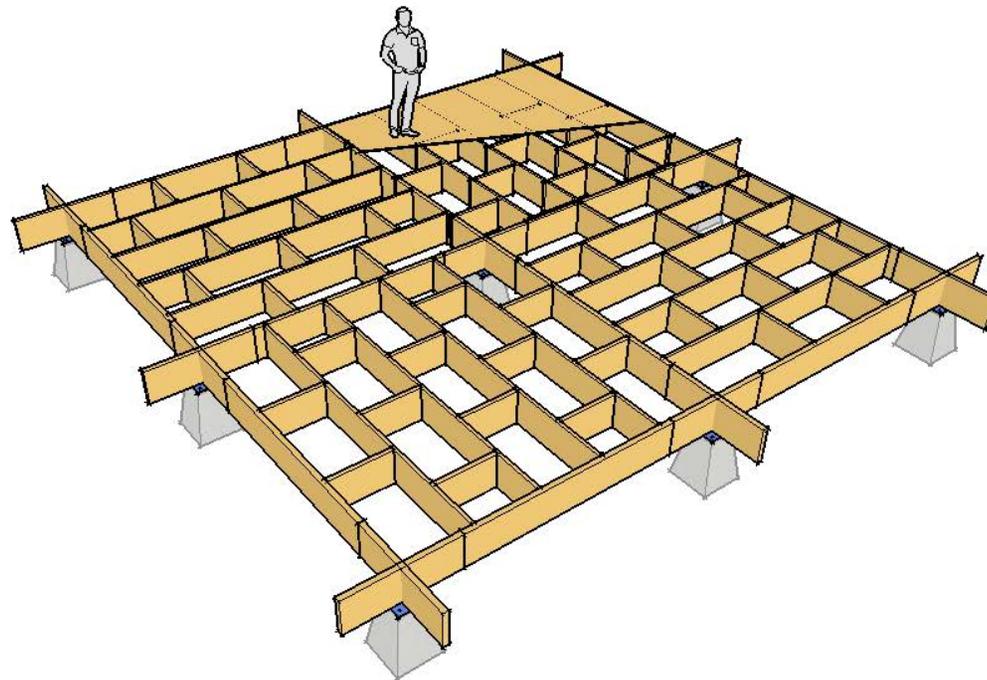


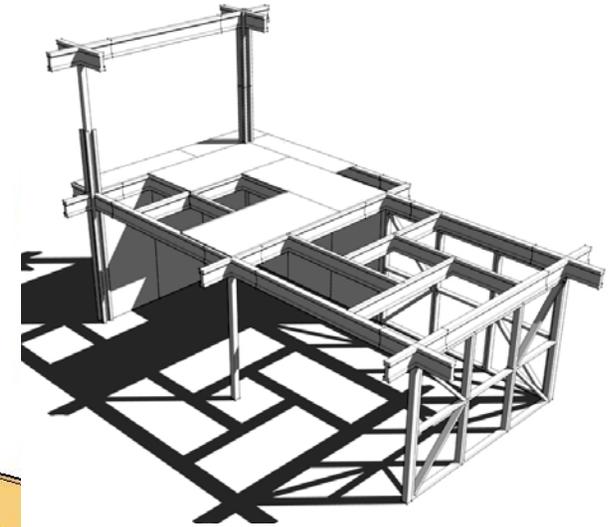
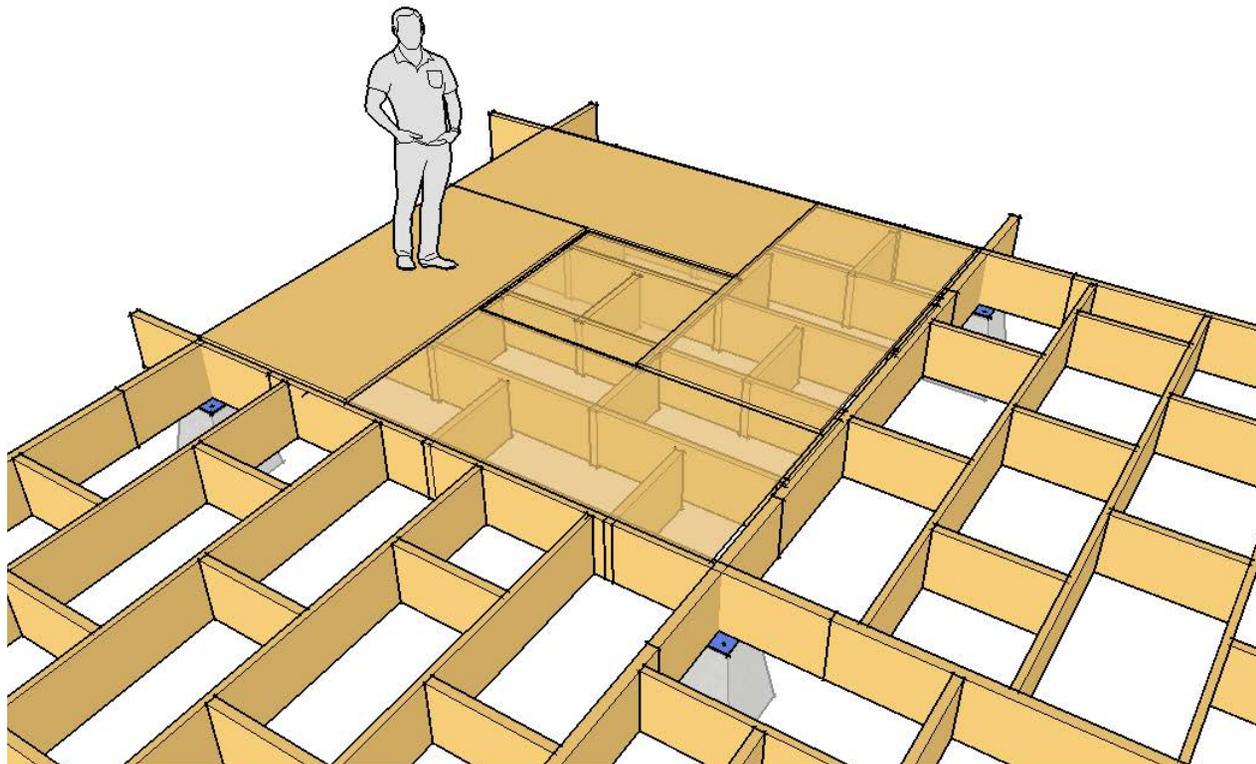






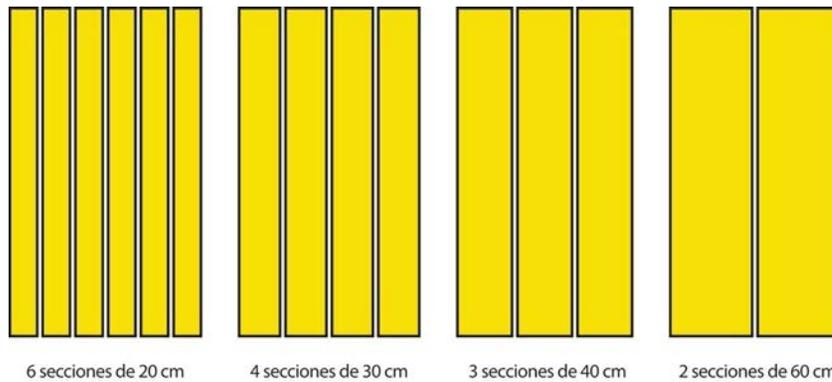
Confinamiento de las vigas





- **Cero desperdicios**

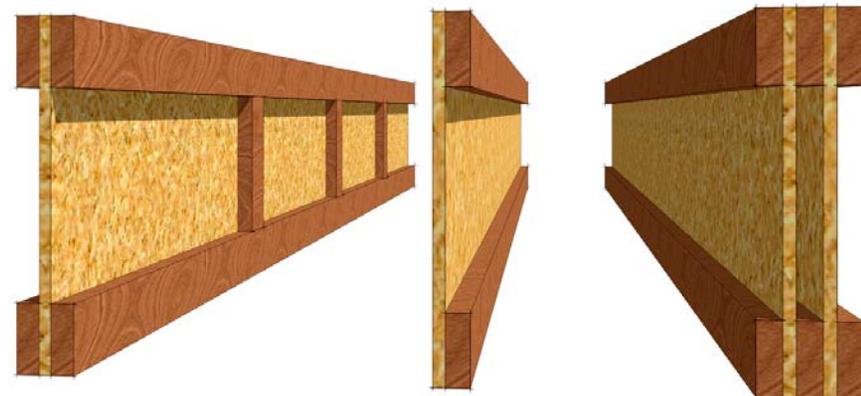
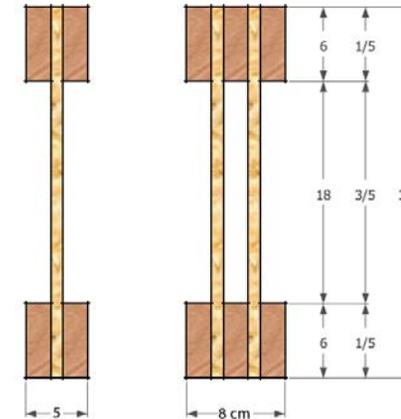
Vigas principales y secundarias



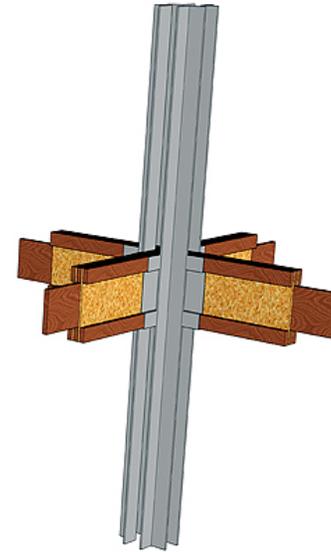
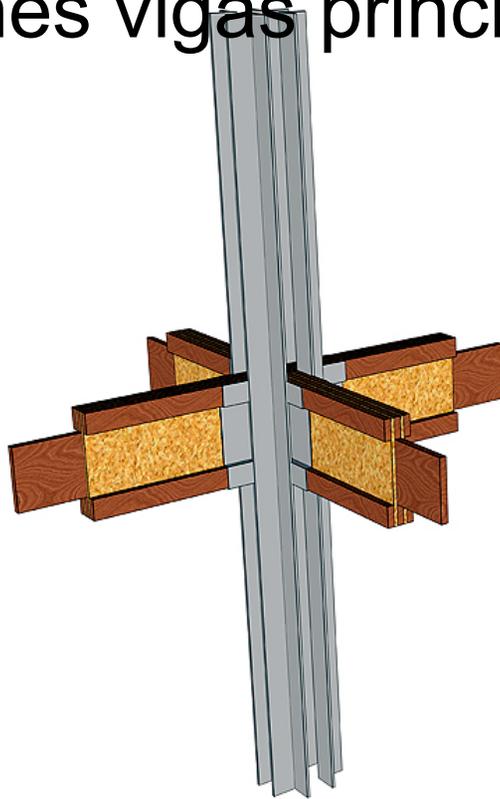
-Oriented Strand Board (OSB) 4'x8' (122x244 cm)

-Secciones de tablas de Pino Caribe.

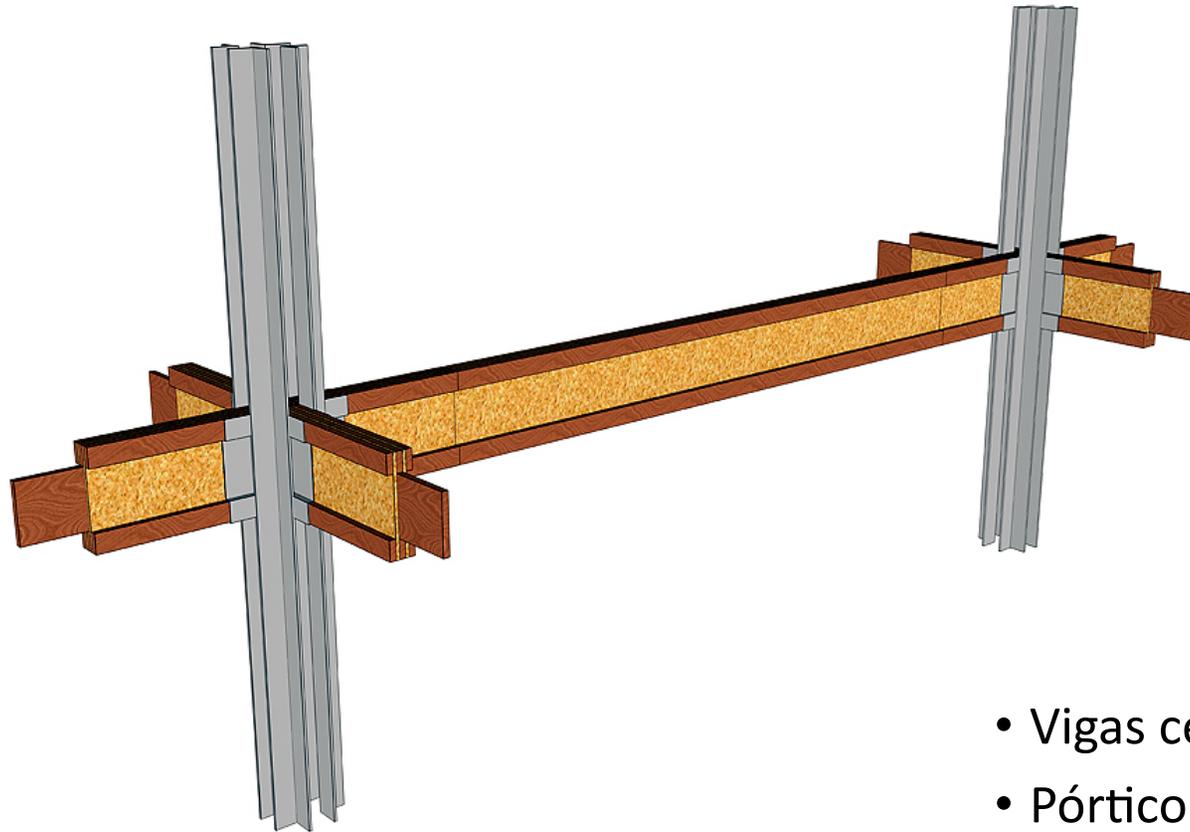
- Esbeltez.
- Momento de inercia.
- Confinadas para evitar torción y pandeo.



Uniones vigas principales

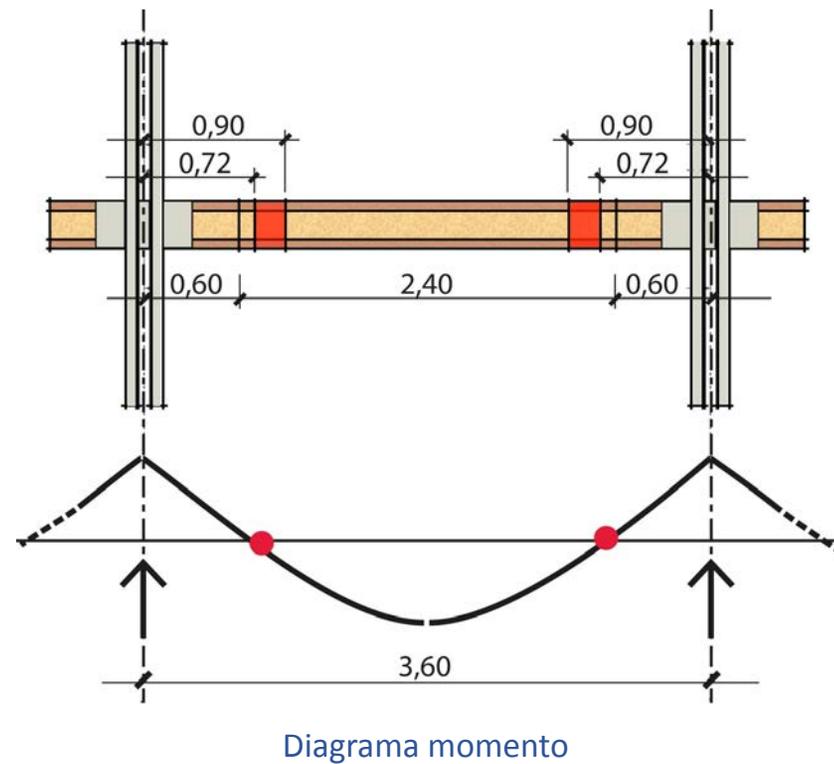
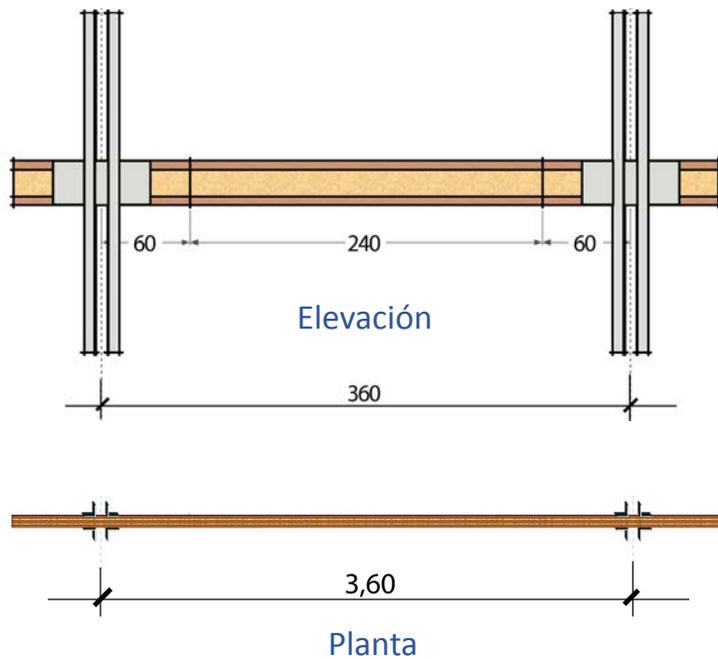


- Vigas 120 cm
- Espigas uniones

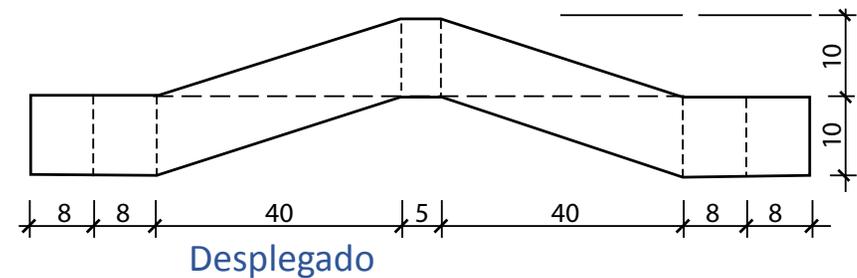
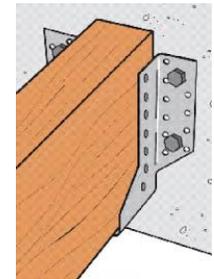
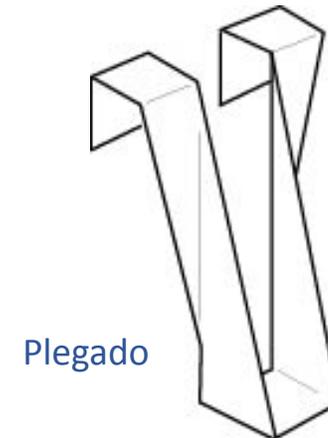
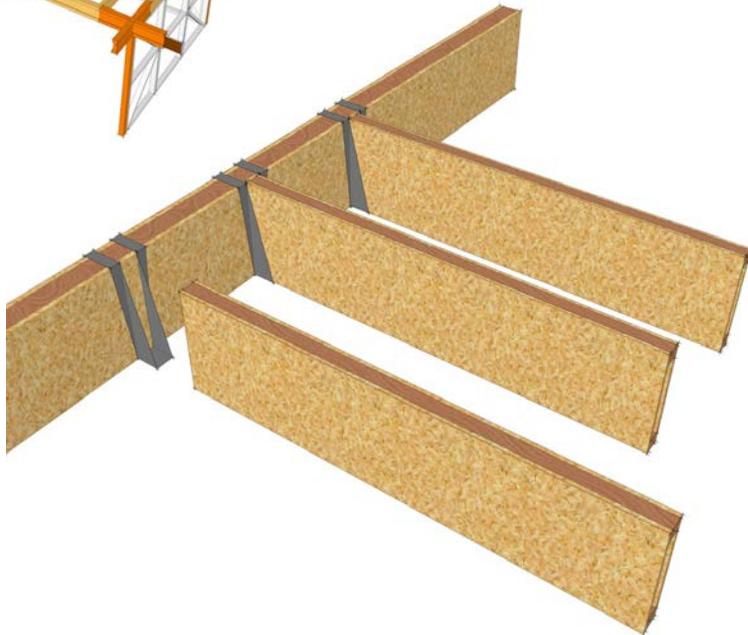
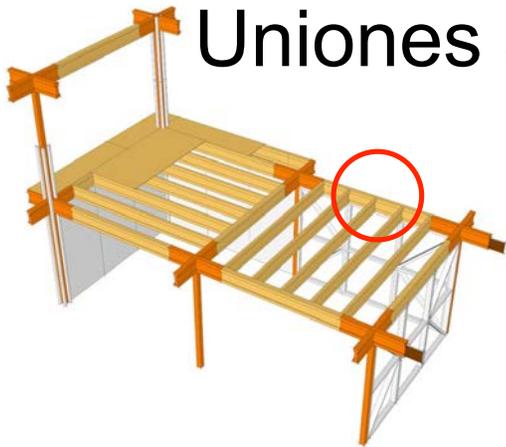


- Vigas central 240 cm
- Pórtico 360 cm

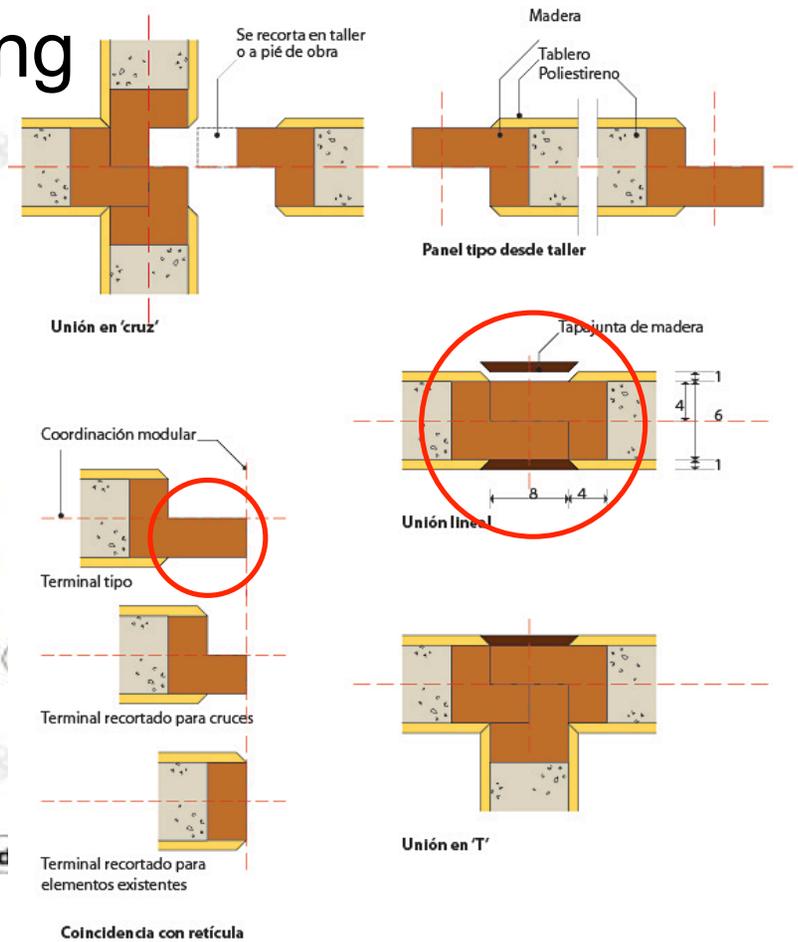
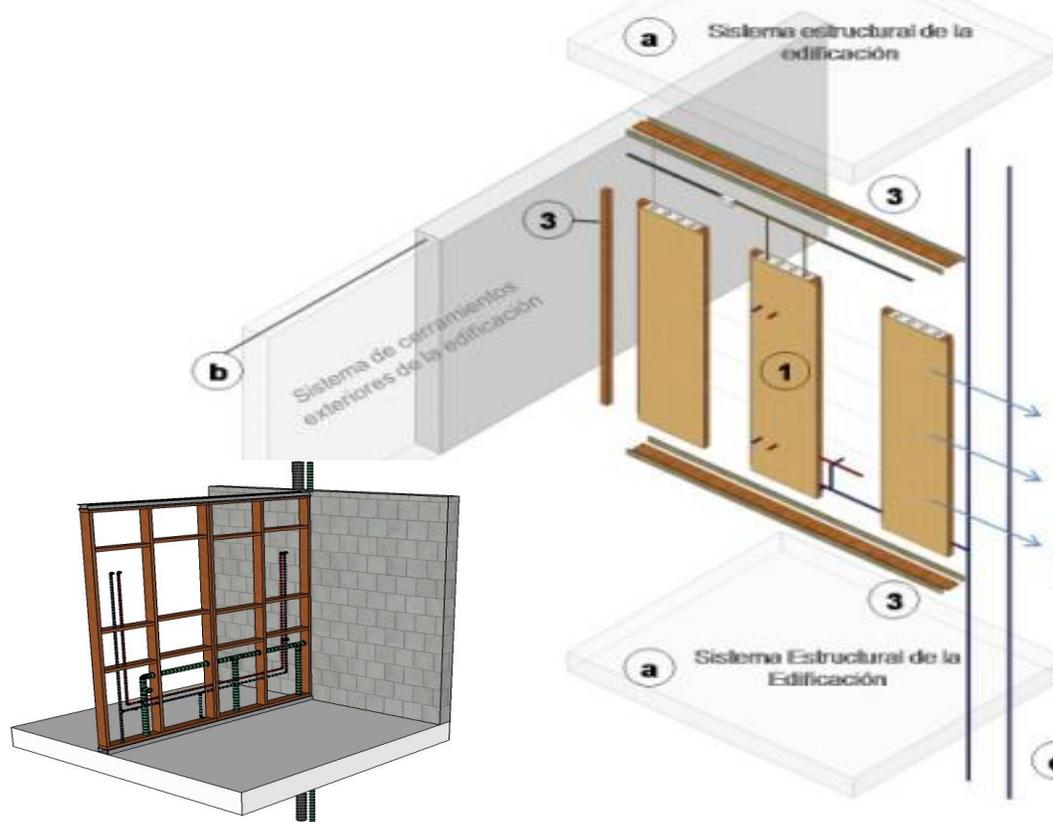
Puntos de inflexión



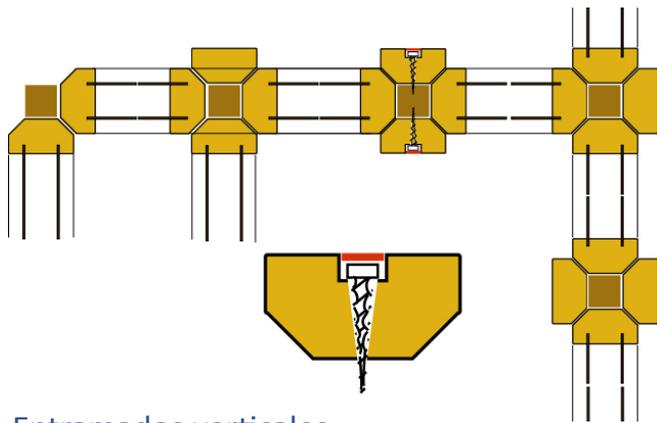
Uniones a tope vigas secundarias con principal Accesorio metálico



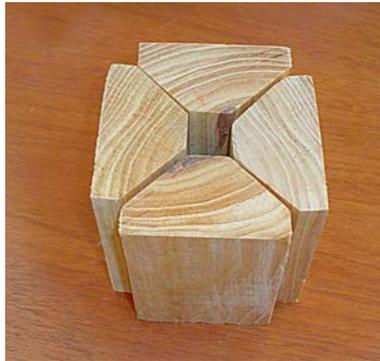
Cerramientos Arq. S. Methling



Alternativa Arq. A. Conti



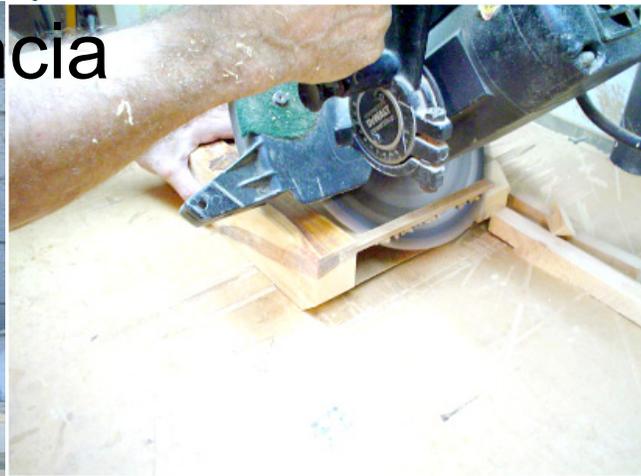
Entramados verticales



Entramados verticales

Talleres de transferencia

Mano de obra local no especializada y capacitada



Maquinaria semi-industriales y herramientas básicas

XXXVI Jornadas de Investigación IDEC 2, 3 y 4 de julio de 2018



IDEIC
INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL
DE LA CONSTRUCCIÓN





¿Preguntas?

acontib@icloud.com

Julio 2018