

LA ARQUITECTURA DE LA MADERA EN LA CULTURA ORIENTAL

TRADICIÓN Y MODERNIDAD

Realizado por
María Mateo Carmona

Tutorizado por
M^a Angeles Álvarez González

Curso 2018 | 2019
Trabajo final de Grado

Universitat Politècnica de València
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Grado en Fundamentos de Arquitectura
Dpto. de Construcciones Arquitectónicas



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

"You could say that my aim is 'to recover the place'. The place is a result of nature and time; this is the most important aspect. I think architecture is some kind of frame of nature. With it, we can experience nature more deeply and more intimately. Transparency is a characteristic of Japanese architecture; I try to use light and natural materials to get a new kind of transparency"

Kengo Kuma

ABSTRACT

Traditionally oriental culture has been characterized by the use of wood for the resolution of construction systems. The architecture is materialized through prefabricated and modulated elements assembled exhaustively with each other. Thanks to the amount of constructive solutions, there are multiple answers to the creation of spaces. This tradition has greatly influenced in the work of contemporary architects, such as Kengo Kuma and Tiantian Xu, and many of its characteristics are still useful nowadays.

The study of thought, assembly methods and construction strategies both traditional and modern in oriental countries, especially in China and Japan, allow us to appreciate the obvious influence of the traditional use of wood nowadays. Thus, we will understand how the architecture of today is a reflection and heritage of a past architecture.

Key words: Wood, Oriental, Japan, China, Joints, Construction, Tradition, Modernity.

RESUMEN

Tradicionalmente la cultura oriental se ha caracterizado por el uso de la madera para la resolución de sistemas constructivos. Esta arquitectura se materializa por medio de elementos prefabricados y modulados, ensamblados exhaustivamente entre sí y que, gracias a su flexibilidad en cuanto a soluciones, ofrecen múltiples respuestas para la creación de espacios. Dicha tradición ha influido notoriamente en la obra de arquitectos contemporáneos, como Kengo Kuma o Tiantian Xu, y muchas de sus características se mantienen vigentes a día de hoy.

El estudio del pensamiento, de los métodos de ensamblaje y de las estrategias constructivas tanto tradicionales como modernas en países orientales y, especialmente, en China y Japón, nos permitirá apreciar el evidente influjo del uso tradicional de la madera en la actualidad. Comprenderemos así cómo, la arquitectura de hoy día, es reflejo y herencia de una arquitectura pasada.

Palabras clave: Madera, Oriental, Japón, China, Juntas, Construcción, Tradición, Modernidad.

RESUM

Tradicionalment la cultura oriental s'ha caracteritzat per l'ús de la fusta per a la resolució de sistemes constructius. Esta arquitectura es materialitza per mitjà d'elements prefabricats i modulats, acoblats exhaustivament entre si i que, gràcies a la seua flexibilitat en quant a solucions, oferixen múltiples respostes per a la creació d'espais. Dita tradició ha influït notòriament en l'obra d'arquitectes contemporanis, com Kengo Kuma o Tiantian Xu, mantenint-se vingents hui en dia moltes de les seues característiques.

L'estudi del pensament, dels diferents mètodes d'acoblament y de les estratègies constructives tradicionals així com aquelles més modernes en països orientals i, especialment, en China i Japó, ens permetiran apreciar l'evident influx de l'ús tradicional de la fusta en l'actualitat. Comprendrem així com, l'arquitectura de hui és relfex i herencia d'una arquitectura pasada,

Paraules clau: Fusta, Oriental, Japó, China, Juntes, Construcció, Tradició, Modernitat.

ÍNDICE

1. Objetivos y metodología	03
2. La arquitectura oriental	07
2.1. Introducción	08
2.2. Características	09
2.3. La madera	10
3. Tradición en la arquitectura japonesa	13
3.1. Contexto histórico	14
3.2. La madera en la cultura japonesa	15
3.3. Los sistemas de medida	15
3.4. Las uniones	16
3.5. Caso de estudio. La Pagoda de Horyuji	18
4. Modernidad en la arquitectura japonesa	23
4.1. Introducción	24
4.2. Kengo Kuma	25
4.3. Caso de estudio. Museo y puente de madera en Yusuhara	26
4.4. Comparación con la arquitectura tradicional	32
5. Tradición en la arquitectura china	35
5.1. Contexto histórico	36
5.2. La madera como material principal de construcción	37
5.3. Métodos de construcción con madera	39
5.4. Las uniones	40
5.5. Caso de estudio. La Pagoda de Yingxian	42
6. Modernidad en la arquitectura china	47
6.1. Introducción	49
6.2. Tiantian Xu	49
6.3. Caso de estudio. Centro de Agricultura Pingtian	50
6.4. Comparación con la arquitectura tradicional	56
7. Conclusiones	59
8. Bibliografía	63

1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

OBJETIVOS

Mediante el desarrollo de este trabajo se pretende:

- Dar a conocer las posibilidades y ventajas que ofrece la madera como material estructural.
- Comprender la evolución que ha sufrido la madera como material de construcción en ciertos países orientales.
- Ofrecer una visión global de las técnicas que se han empleado tradicionalmente para construir en madera en países orientales y la influencia de estas en la arquitectura moderna.
- Presentar y explicar una serie de proyectos tanto tradicionales como actuales de cada una de las culturas -china y japonesa- para facilitar la comprensión de las técnicas de construcción correspondientes.

METODOLOGÍA

El presente trabajo se ha desarrollado realizando un análisis de las construcciones en madera en determinados países orientales. Para facilitar la comprensión global de la evolución de las técnicas empleadas se ha aportado información tanto escrita como gráfica.

Inicialmente se ha llevado a cabo un breve estudio de la arquitectura de la madera en oriente, para dar paso a un análisis más detallado de los dos países que tienen una tradición más extensa en el empleo de este material, China y Japón. Para comprender mejor dicha evolución, se han presentado cuatro casos de estudio de edificios tradicionales y contemporáneos de cada uno de los países, pudiendo servir cada uno de ellos como representación o guía de la arquitectura de su época y contexto.

La información se ha adquirido principalmente de documentos escritos de la Biblioteca Central y del Centro de Información Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Valencia y del soporte digital de la misma (Riuntet).

2. LA ARQUITECTURA ORIENTAL

2.1. INTRODUCCIÓN

El término arquitectura oriental puede resultar confuso, tradicionalmente se ha empleado para englobar la arquitectura local de la zona geográfica que comprende la India, Indochina, Indonesia, China y Japón; regiones que se encuentran dentro del Lejano Oriente y Oriente Medio. Estos países han dejado en herencia un amplio legado artístico y cultural, difícilmente abarcable en un solo conjunto. El estudio y conocimiento de la arquitectura de oriente implica el enriquecimiento de nuestra visión estética e histórica.

Ejemplos arquitectónicos como las estupas de la India, las pagodas de Extremo Oriente, la Gran Muralla China o los grandes templos, tanto de Japón como de China, o los del Sudeste asiático evocan en nosotros un sentimiento de maravilla, emoción y misticismo. Tanto estas como otras innumerables obras arquitectónicas e incluso artísticas, son reflejo de la estructura económica, social e histórica de un mundo inmenso. Su creación cuenta con infinidad de tipologías distintas a las occidentales, que a menudo responden a necesidades exclusivas de la zona.

La arquitectura oriental no puede ser valorada como un simple conjunto homogéneo, sino que es fruto de la continua oscilación de la escala de valores de las distintas culturas que la conforman, y de la transmisión de estos entre las diferentes regiones. Durante siglos y debido a su ubicación geográfica unas culturas se han nutrido de otras, existiendo coincidencias entre ellas.

2.2. CARACTERÍSTICAS

Es difícil hablar de una arquitectura oriental como grupo uniforme, sus culturas artísticas presentan enormes diferencias entre sí y son fruto de distintos fenómenos culturales y sociales. En cualquier caso, la estructura artística y cultural del mundo asiático, aún estando fraccionada, obedece a una serie de preferencias comunes:

Arquitectura en segundo plano

En ninguna de las culturas orientales se considera la arquitectura como una de las artes mayores. Esta queda en segundo plano, siendo más relevantes en el mundo del arte la caligrafía, la pintura [Fig. 01], la poesía o la música. No obstante, es innegable que la propia arquitectura se encuentra ligada al resto de disciplinas y se contagia de ellas.

Arquitectura religiosa y simbolismo

Es lógico que en un mundo profundamente invadido por una rica religiosidad, la voluntad de arte se centre en las obras religiosas, influyendo notoriamente en la arquitectura. El componente religioso no es homogéneo, presenta variaciones incluso dentro de una misma corriente, esto origina una amplia variedad de estilos. Derivado de este sentimiento religioso, las obras artísticas de la zona oriental se han encontrado, a lo largo de los siglos, bañadas de un fuerte simbolismo y de constantes referencias religiosas.



Fig. 01 | Hideyori, K. (1557) *Los espectadores del arco*
Fuente: <http://cort.as/-LqH7>



Fig. 02 | *Estupa de Sanchi, India*
Fuente: <http://cort.as/-LqEe>

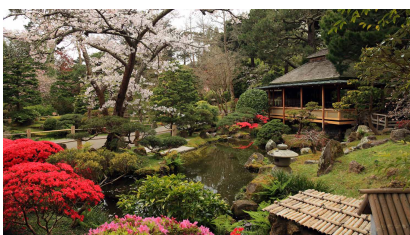


Fig. 03 | *Jardín japonés*
Fuente: <http://cort.as/-LqG5>

India es el país más rico en cuanto a fuentes de inspiración simbólica, además de tener formas diversas de simbolismo, cuenta con distintas fuentes que se entrecruzan con los gustos locales, dando lugar a fenómenos de adaptación y de choque. Los motivos del centro del universo y del eje del mundo son también muy comunes en las creaciones arquitectónicas de otras regiones orientales, modulándose de forma diversa según la época y la corriente religiosa. Con todo, sigue siendo dominante la fuente simbólica india [Fig. 02].

Búsqueda de la armonía

Es un recurso habitual el empleo del módulo como expresión de armonía y estabilidad, conceptos que buscan ser representación de lo divino en las construcciones orientales.

Contacto con la naturaleza

El mundo extremo-oriental tiene la capacidad de insertar las formas arquitectónicas en el mundo natural. Existe un fuerte vínculo entre el hombre y la naturaleza. Un ejemplo de ellos es el jardín japonés, que constituye una parte esencial de las casas privadas e incluso de las capillas sintoístas y de los templos budistas [Fig. 03].

2.3. LA MADERA

En los primeros siglos y durante décadas en oriente se han utilizado como materiales principales de construcción la piedra, la madera y el ladrillo. Además, se ha desarrollado en la zona arquitectura labrada en la roca, la cual se desarrolló principalmente en cavernas. La madera conserva un puesto dominante en regiones como Asia Central, China o Japón; no obstante ocupa un puesto secundario, detrás del ladrillo y la piedra, en lugares como India.

Como es conocido, la arquitectura en madera fue predominante en el Extremo Oriente [Fig. 04], sin embargo, tuvo también otras zonas de difusión, como algunas regiones centroasiáticas donde palacios enteros estaban contruidos en madera. Además, durante el periodo más antiguo de la arquitectura india, existe una derivación inequívoca de la arquitectura en madera. Así, las juntas en piedra funcionan de la misma forma que los ensamblajes en madera, e igualmente ocurre con los motivos ornamentales de las cuñas de fijación o de los clavos metálicos. Usualmente se tratan de motivos florales y rosetones, pero a veces aparecen también bajorrelieves. La tradición de la arquitectura de la madera persiste aún hoy día.

Ejemplos de arquitectura antigua oriental en madera son las estupas indias o los templos budistas. China y Japón son sin duda los países que cuentan con una tradición de la madera más extensa, el Templo Horyuji de Nara es el templo de madera más antiguo del mundo aún conservado [Fig. 05]. Es por ello que el análisis se centrará en estas regiones.

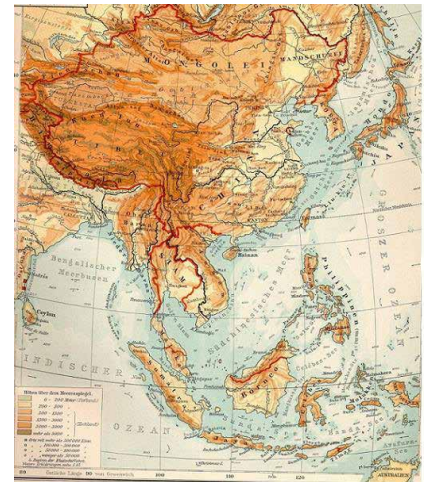


Fig. 04 | Región considerada tradicionalmente Extremo Oriente (1903)

Fuente: <http://cort.as/-Mji->



Fig. 05 | Templo Horyuji, Nara, Japón
Fuente: <http://cort.as/-MAV>

PROPIEDADES DE LA MADERA

- Existe una amplia gama de especies con propiedades distintas que las hace adecuadas o no para diferentes fines, tanto constructivos como estéticos. Es capaz de servir como estructura principal, revestimiento, aislamiento, etc.
- La madera es un material muy durable, hoy día aún se conservan construcciones de 1.200 años atrás [Fig. 05].
- Permite realizar uniones en seco y de forma rápida, acelerando el proceso constructivo. Este hecho, unido con su fácil trabajabilidad ha permitido que las técnicas en juntas y uniones en madera avancen de forma muy rápida, especialmente en regiones orientales como China y Japón.
- Constituye un buen aislante térmico, ya que cuenta con una conductividad térmica mucho menor que otros materiales convencionales del sector de la construcción, esto lo hace un material idóneo para climas extremos. Además conlleva un considerable ahorro energético.
- Cuenta con buenas propiedades acústicas; es por esto que se usa de forma habitual en auditorios u otros espacios donde el sonido tiene un papel fundamental.
- Se trata de un material ligero y con una elevada resistencia a flexión, lo cual permite construir espacios con grandes luces.
- Es un material flexible, por lo que las estructuras de madera resisten bien los esfuerzos producidos por sismo y viento.

INCONVENIENTES DE LA MADERA

- Al ser un material inflamable presenta peor comportamiento frente al fuego que otros materiales, como, por ejemplo, la piedra.
- Se suele producir una variación de volumen debida a cambios higrotérmicos, ocasionando la contracción y el hinchamiento de esta. A largo plazo puede conllevar problemas, especialmente si se está utilizando como elemento estructural.
- Es un material susceptible de ser atacado por hongos e insectos xilófagos, que degradan la madera y afectan a sus propiedades.

3. TRADICIÓN EN LA ARQUITECTURA JAPONESA

3.1. CONTEXTO HISTÓRICO

La arquitectura japonesa posee una tradición muy extensa. Se caracteriza por el empleo de materiales ligeros y porosos, por la elegancia de sus formas y por la flexibilidad y modulación, lo cual permite crear espacios cambiantes. Sin embargo, gran parte de esta arquitectura no es nativa del propio país, sino que fue importada de China y otras culturas asiáticas siglos atrás.

A lo largo del tiempo, el país nipón ha pasado por diferentes periodos y etapas. El Imperio japonés fue fundado en el siglo VII a.C. durante el Periodo Jomon por el Emperador Jinmu Tenno.

Durante el siglo VI d.C. se introdujo en Japón el budismo, procedente de China. Este hecho juega un papel esencial en el desarrollo de la arquitectura japonesa, se comenzaron a construir templos a gran escala, usando nuevas técnicas en madera. Se podrían destacar dos tipos de construcciones: el *kondo* albergaba el objeto de culto, la pagoda era el relicario donde se guardaban las joyas, edificio característico de la religión budista [Fig. 06].

Durante el Periodo Nara (710-794), se funda la primera capital permanente bajo la influencia de las dinastías chinas Nang y Sui [Fig. 07]. Su disposición urbanística coge de referencia la de la propia capital china, con forma de tablero de ajedrez. Más tarde la capital se traslada a otras ciudades como Heian y Nagaoka, donde se vivió una época de gran esplendor cultural.

Durante el Período de Kamakura (1185-1333) y el siguiente Período de Muromaci (1336-1573), considerables avances tecnológicos solventaron problemas constructivos derivados de fenómenos naturales, como los terremotos, las fuertes lluvias o el clima cálido de verano. En este momento las diferencias con el país homólogo chino se vuelven más significativas.

Durante la Restauración Meiji de 1868, se puso en vigor la Ley de Separación de Kami y Budas, que separaba el budismo del sintoísmo y sus respectivos templos, rompiendo de esta forma la vinculación que los había unido durante más de mil años. Hasta este momento los edificios se construían exclusivamente en madera, no obstante, había comenzado un periodo de occidentalización que introdujo nuevas técnicas y materiales en el territorio.

Con todo esto y si bien es cierto que el resultado es bastante heterogéneo en cuanto a variedad de tipologías estructurales se refiere, es posible hablar de un conjunto que engloba la arquitectura tradicional japonesa, y que es resultado de esta evolución.

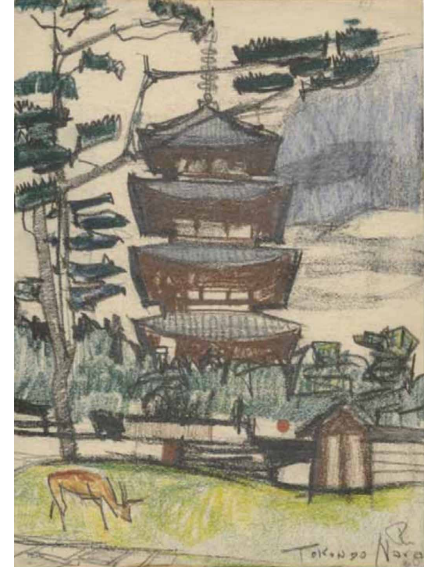


Fig. 06| Neutra, R. (1930) *Tokondo*, Nara, Japón, acuarela
Fuente: Masson, A. (2015) *Viajes de arquitectos occidentales a Japón*. Tesis doctoral. ETSAM.

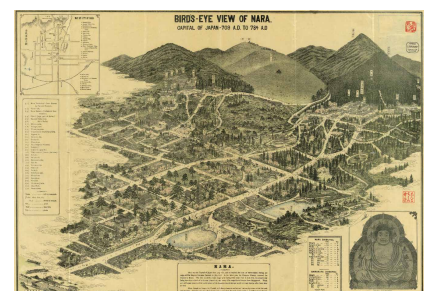


Fig. 07| Vista aérea de Nara (789)
Fuente: <http://cort.as/-MBWu>

3.2. LA MADERA EN LA CULTURA JAPONESA

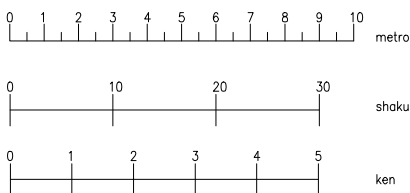


Fig. 08| Suelo de la vivienda japonesa cubierto de tatami
Fuente: <http://cort.as/-MjmS>

No es casualidad que la madera sea el material predominante en la arquitectura tradicional japonesa, aún hoy el 60% del territorio de Japón es montañoso y está cubierto de bosques. Ya en la antigüedad se practicaba la repoblación forestal, lo cual ayudó a conservar los recursos madereros y a fomentar el empleo de este material. Construcciones a base de piedra o adobe no exigen uso de herramientas de hierro, no obstante, son esenciales para la arquitectura a base de madera. Algunas de estas, como la sierra, se conocen en Japón desde el comienzo de la agricultura.

Las construcciones navales favorecieron los avances en la construcción de edificios de madera. Desde los comienzos se desarrolló una preferencia por las coníferas, especialmente por el cedro y el ciprés, a causa de la finura y rectitud de su veteado. Además, estas maderas tienen mucha resina, por eso duran mucho con sus características iniciales aún sin pintar. Bajo la influencia de la arquitectura china, hasta el siglo noveno los edificios de Japón se pintaban en azul, rojo y otros colores vivos, pero con el desarrollo de las herramientas de acero, se comenzó a dar mayor importancia al acabado de la textura de madera. Gran parte de la arquitectura tiene los pilares descubiertos, pues cubrirlos favorece la putrefacción debido al clima húmedo, y reduce la flexibilidad.

3.3. LOS SISTEMAS DE MEDIDA



1 shaku = 0,30 m
1 ken = 1,81 m

Fig. 09| Comparación entre los distintos sistemas de medidas
Fuente: Elaboración propia

Todos los elementos del espacio deben hacerse a medida del hombre; el hecho de cubrir el suelo de la estancia con *tatami* [Fig. 08], o la incorporación de biombos en la misma estructura del edificio, exigía que estos elementos se hicieran con medidas estandarizadas al hombre. Esto dio lugar a la aparición del *ken*. Es el sistema de medidas tradicional japonés, y está basado en la distancia que hay entre dos soportes de cualquier estructura de madera. En el ideograma chino, *ken* significa "distancia" o "intervalo". Las dimensiones de todo el edificio se determinaba en forma de múltiplo del grueso de los pilares, esto suponía que el tamaño de cada *tatami* podía ser diferente en función de las habitaciones que debía cubrir. El *ken* fue incorporado con sistema de medidas oficial en Japón, debido a su estrecha relación con la escala humana.

Aunque es cierto que desde 1891, con la Restauración Meiji, Japón ha utilizado el sistema métrico decimal, en el ámbito residencial se sigue usando el sistema tradicional de medida nipón, denominado *shaku*, muy similar al pie inglés [Fig. 09].

3.4. LAS UNIONES

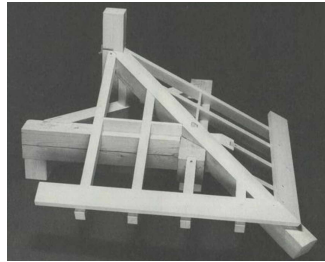
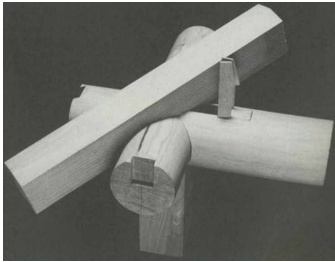
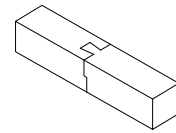
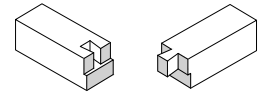
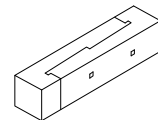
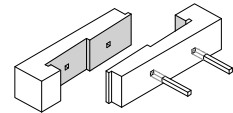


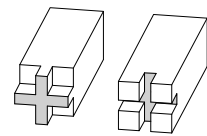
Fig. 10 | *Sistemas constructivos de cubierta*
 Fuente: Sumiyoshi, S. Matsui, G. (1990) *Wood joints in classical Japanese architecture*, 2nd ed. Japan: Kajima Institute Publishing



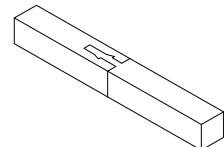
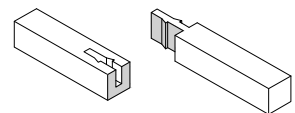
Stepped dovetailed splice



Rabbeted oblique scarf splice



Cross shaped splice



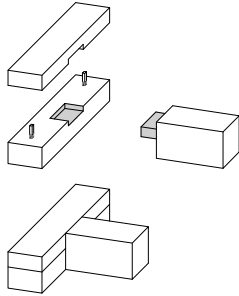
Housed splices

El rápido desarrollo de técnicas en ensamblaje es resultado de la enorme disponibilidad en madera. Los carpinteros japoneses no hacían uso de terceros elementos para unir las dos partes, sino que todas las uniones y empalmes se conseguían dando forma a la propia madera. Las conexiones debían ser suficientemente fuertes como para transmitir fuerzas de torsión y corte, además de tener en cuenta la apariencia y la contracción del material.

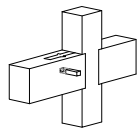
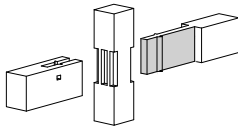
El uso de estas técnicas permitió absorber fuerzas laterales producidas por sismo con pilares muy delgados. Esta sustitución de pilares gruesos por otros más esbeltos llevó al desarrollo de una arquitectura más sutil, característica desde el periodo medieval. La complejidad de la estructura interna de las juntas se encuentra escondida por su aparente simplicidad, varias formas se conectan entre sí con facilidad.

Como mostraron Sumiyoshi y Matsui (1990), la armonía de la creación recae sobre la complejidad del ensamblaje, teniendo todos los elementos importancia sobre el resultado final. Los autores llevaron a cabo una clasificación de las distintas juntas japonesas que permitieron dar forma a múltiples sistemas constructivos [Fig. 10], aparecen aquí explicadas algunas de ellas [Fig. 11 y 12].

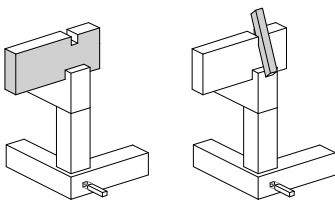
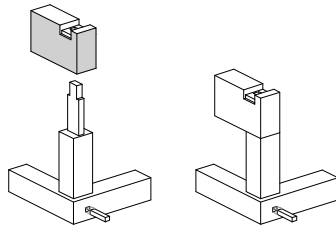
Fig. 11 | *Tipos de juntas japonesas*
 Fuente: Elaboración propia, a partir de la obra de Sumiyoshi y Matsui (1990)



Blind wedging joint



Double plug



Sistema Oriku

“Stepped dovetailed splice” (*koshikake aritsugi*)

Este tipo de unión se utiliza principalmente para cimentaciones. Para crear la unión las zonas de empalme se tallan a media profundidad y la pieza hembra se estrecha y luego aumenta su sección para asegurar la unión. Aunque este tipo de empalme tiene por objetivo resistir tensiones en la estructura, su fuerza de tracción efectiva no es muy elevada.

“Rabbetted oblique scarf splice” (*okkake daisen tsugi*)

Esta unión se puede utilizar tanto en cimentaciones como en vigas, en ella ambas piezas son iguales. Las dos partes son fijadas por medio de pequeñas piezas de unión. Este tipo es adecuado cuando es necesario reemplazar una viga que se encuentra apoyada en soportes fijos. Existen múltiples variaciones de este tipo de unión.

“Cross shaped splice” (*Mechiire*)

Muy efectiva frente a torsión, sin embargo, no resiste bien las tensiones. La unión de las partes crea una junta limpia.

“Housed splices” (*Kakushi tsugi*)

Aunque existen variaciones del mismo, este tipo en concreto se suele utilizar para uniones de la cubierta.

“Blind wedging joint” (*Jigoku hozo*)

Este tipo de unión se suele utilizar en aleros. Es necesario asegurar las piezas mediante espigas, que quedan tapadas por la pieza superior.

“Double plug”

Este tipo de unión conecta dos vigas que se encuentran a los lados opuestos de un pilar, insertándose en el interior de este y quedando conectadas. Para asegurar la unión se coloca una espiga que pasa de lado a lado de la pieza hembra.

Sistema Oriku

Este sistema se utiliza para los encuentros en cubiertas, utilizando algunas de las uniones mencionadas anteriormente. Las vigas de amarre apoyan directamente en la parte superior del pilar.

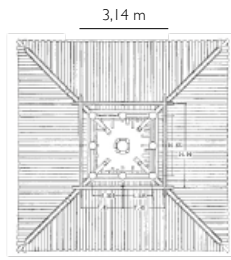
Estas son solo algunas de las uniones que, durante siglos, se han ido desarrollando en el país nipón, no obstante, existen múltiples variaciones, cada una de las cuales dan solución a problemas distintos. La combinación de ellos permiten crear distintos sistemas estructurales, que dan forma a las construcciones características de la arquitectura tradicional japonesa.

Fig. 12 | Tipos de juntas japonesas
Fuente: Elaboración propia, a partir de la obra de Sumiyoshi y Matsui (1990)

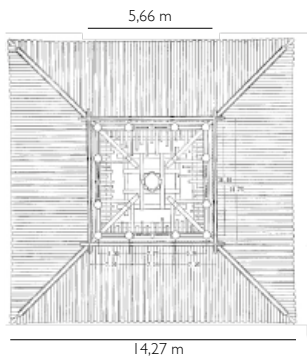


Fig. 13| Pagoda de Horyuji
Fuente: <http://cort.as/-LqRp>

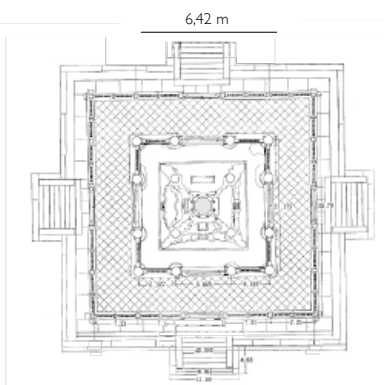
3.5. CASO DE ESTUDIO. LA PAGODA DE HORYUJI



planta última



planta primera



planta baja

La arquitectura de Japón casi siempre construye a base de componentes horizontales y verticales, con única excepción de la sección triangular de los techos. En este caso se utilizaba madera del ciprés, que es más blanda y menos susceptible a roturas producidas por fuerzas laterales causadas por terremotos y vientos (una estructura flexible absorbe mejor las fuerzas).

Como se ha comentado anteriormente, los modelos de templos budistas llegaron a Japón en el siglo VI d.C. desde China. Inicialmente sus modelos fueron aceptados ampliamente pero, como es natural, las características del país y la propia arquitectura japonesa hicieron que estos templos adquirieran características propias, separándose de las del país vecino.

El arte budista comenzó a incorporarse rápidamente al estilo japonés. La pagoda budista está construida en madera y cuenta con cinco pisos, con sus aleros correspondientes. Su planta es cuadrada y en su centro un pilar atraviesa todo el conjunto, hasta llegar a la parte más alta.

CONSTRUCCIÓN DE LA PAGODA

En el año 607, la Emperatriz Suiko y el Príncipe Shotoku Taishi fundaron el Templo de Horyuji, en las proximidades de Nara, uno de los más importantes del budismo japonés. Varios edificios y espacios dan forma al Monasterio de Nara: un gran claustro cuadrangular con un pórtico principal de entrada situado al sur, rodeado por un amplio espacio en el que se eleva la pagoda mencionada y el bajo pabellón. La pagoda es el edificio más simbólico dentro del conjunto. En los templos budistas este edificio es símbolo de Buda, por ello ocupa el centro del monasterio; en especial en los inicios, luego pasó a segundo plano.

La pagoda de Horyuji [Fig. 13 y 14], que cuenta con una altura total de 32.55m, es considerada la pagoda de madera más antigua de Japón y fue reconstruida en el año 711, antes de que la original se perdiera debido a un incendio.

Fig. 14 | Plantas de la Pagoda de Horyuji
Fuente: <http://cort.as/-Mjq>

SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL

Los elementos estructurales principales de la pagoda están hechos de madera. Esta cuenta con una columna central de madera maciza denominada Shin-Bashira, la cual sostiene la ornamentación de la parte superior; inicialmente se encontraba enterrada en el suelo, pero en la actualidad se sitúa sobre una base de piedra.

La estructura auxiliar del conjunto está conformada por cinco plantas, estructuralmente independientes entre sí y montadas unas sobre otras. Los cinco aleros de dichas plantas van disminuyendo su tamaño de forma continua, de la primera planta a la última. La combinación de las distintas estructuras es capaz de disipar los movimientos oscilatorios provocados por los sismos.

Las características de esta pagoda han permitido que resista durante siglos a terremotos. La columna central actúa como un perno que sujeta toda la estructura, y agrega un efecto de restricción de las deformaciones por cizallamiento. Además, los distintos elementos de madera están unidos entre sí mediante complejas uniones, las cuales tienen un papel fundamental para la amortiguación de los terremotos [Fig. 15].

El sistema es característico de la arquitectura tradicional monumental japonesa, aplicable a otras construcciones de esta cultura.

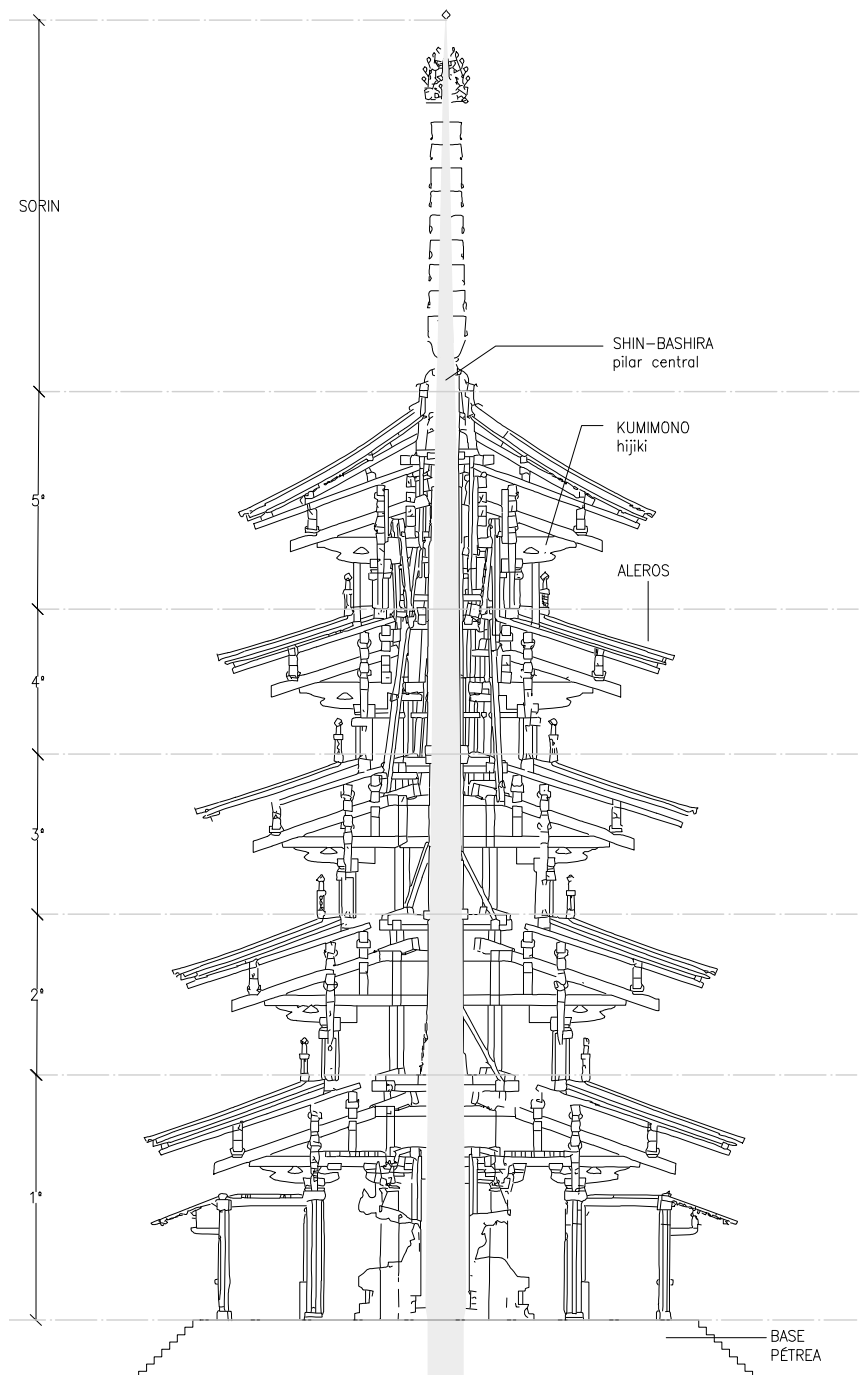


Fig. 15 | Sección de la Pagoda de Horyuji
Fuente: Elaboración propia

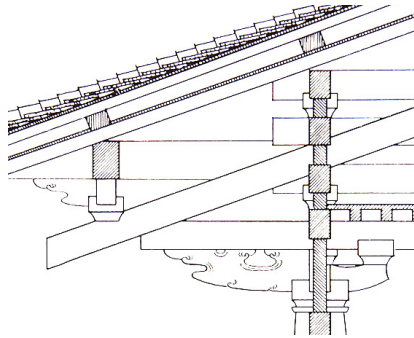


Fig. 16| Detalle del hijiki de las plantas superiores
Fuente: <http://cort.as/-ME94>

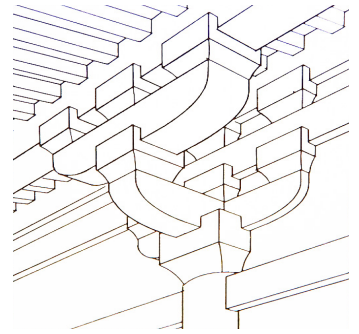


Fig. 17| Detalle del hijiki de la planta baja
Fuente: <http://cort.as/-ME94>

UNIONES



Fig. 18| Detalle del hijiki de las plantas superiores
Fuente: <http://cort.as/-ME9J>

La influencia de la arquitectura tradicional china y la relación entre las dos culturas hizo posible que el dougong llegara a Japón y se convirtiera un elemento más de su arquitectura. La pieza permitió a los arquitectos japoneses construir grandes voladizos utilizando simplemente madera, en Japón recibe el nombre de *hijiki*.

El sistema ha ido evolucionando a lo largo de los siglos, permitiendo aumentar el vuelo de los aleros, y finalmente pasando a formar parte de la decoración propia de la arquitectura. La pagoda de Horyuji cuenta con, al menos, dos tipos. El buen funcionamiento del *hijiki* es posible gracias al empleo de distintos tipos de uniones, como "cross shaped" o "housed splice" [Fig. 11].



Fig. 19| Detalle del hijiki de la planta inferior
Fuente: <http://cort.as/-ME9J>

Aleros superiores y esquinas

A partir de la planta segunda todos los aleros apoyan sobre este tipo de *hijiki* [Fig. 16 y 18]. El sistema, aparentemente sencillo, es el más utilizado en la Pagoda de Horyuji; se trata de una simplificación del dougong chino.

Aleros de la planta baja

El sistema varía solamente en la planta baja [Fig. 17 y 19], deriva de la combinación de varios dougong. Las uniones entre las distintas piezas crean juntas limpias, dando armonía al conjunto.

4. MODERNIDAD EN LA ARQUITECTURA JAPONESA

4.1. INTRODUCCIÓN

La sociedad japonesa contemporánea se encuentra en el camino entre el desarrollo de los avances tecnológicos más punteros y un profundo respeto por las tradiciones.

El uso de nuevos materiales y sistemas constructivos ha dado paso a una nueva arquitectura. La combinación de estos materiales con los tradicionales, como la madera, permite crear soluciones mucho más inteligentes y que dan solución a problemas que vienen preocupando a los arquitectos desde hace siglos, como pueden ser los climas extremos o los sismos. Numerosos arquitectos contemporáneos japoneses han sabido combinar lo tradicional con estos avances técnicos y culturales, dando lugar a obras con una naturaleza particular, pero manteniendo el carácter doméstico.

El empleo de grandes vigas de madera vista que recuerdan a los antiguos templos, la construcción de sistemas en voladizo sostenidos por una estructura de pilotes, la creación de distribuciones interiores libres de obstáculos o el evidente dominio de los sistemas de iluminación y ventilación son algunos de los ejemplos que nos recuerdan y demuestran que la arquitectura japonesa de hoy se encuentra fuertemente influenciada por la arquitectura tradicional nipona.

Arquitectos japoneses como Kengo Kuma, Tadao Ando, Shigeru Ban o Toyō Itō, han conseguido dominar las técnicas anteriormente mencionadas, encontrado soluciones en madera que reinterpretan y recuerdan a su cultura y tradición.

El Edificio de Oficinas Tamedia [Fig. 20], de Shigeru Ban Architects, es un buen ejemplo de ello. La innovación más significativa del proyecto es su sistema estructural de madera; el hecho de que todos los encuentros estén completamente a la vista otorga a la obra un carácter especial.

El Templo Komyo-Ji [Fig. 21], de Tadao Ando and Associates, constituye una reconstrucción de un antiguo templo, en la cual se da especial importancia a los ensamblajes en madera. Se trata de una única estructura formada por multitud de piezas. En la creación de la obra, el arquitecto aceptó la memoria del lugar y el emplazamiento, haciendo del edificio una parte más del entorno.

Estos son sólo algunos ejemplos de obras contemporáneas construidas en madera, que equilibran la balanza con los materiales más modernos y representativos de la cultura industrial, como son el acero y el hormigón.

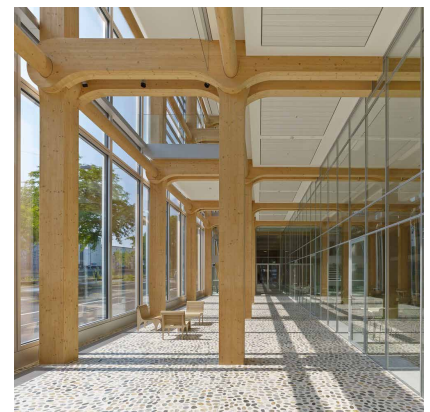


Fig. 20| Edificio de Oficinas Tamedia, Shigeru Ban

Fuente: <http://cort.as/-MAMz>



Fig. 21| Templo Komyo-Ji, Tadao Ando

Fuente: <http://cort.as/-MANY>

4.2. KENGO KUMA

Kengo Kuma es considerado uno de los arquitectos japoneses contemporáneos más importantes, siendo esencial su aportación a la arquitectura de su país. El propósito declarado por el arquitecto es recuperar las tradiciones de los edificios japoneses y reinterpretarlas en este siglo XXI. Distintos aspectos preocupan al arquitecto:

El entorno

Como explica el propio Kengo Kuma en una de sus entrevistas, la arquitectura es aquello que se encuentra entre el propio cuerpo y el entorno, la parte más importante de la arquitectura es la relación con nuestro propio cuerpo. Es esencial estudiar el lugar en el cual se va a construir, e integrar así el proyecto en su contexto de la forma más respetuosa. Un ejemplo es el Museo y Puente de Madera Tusuhara o el Centro de Información Turística de Cultura Asakusa, en Tokio [Fig. 22].

La tradición

Aunque el sistema japonés para iluminar los espacios y su característica efimeridad se manifiesta en la mayoría de los proyectos de Kengo Kuma de una u otra manera, en algunos de sus obras la alusión a la arquitectura tradicional está más presente. Por ejemplo el "Noh Stage in the Forest" [Fig.23] o el Centro Comunitario de Takayanagi, son versiones modificadas del tradicional teatro Noh y de la casa de campo tradicional (minka), respectivamente. En ambos casos, materiales tradicionales como la madera, paja o papel de arroz se utilizan junto con otros contemporáneos: hormigón, asfalto, acero, vidrio, etc. Esta apropiación de los materiales en una parte del modo de diseño de Kengo Kuma.

La madera

El hormigón y el acero son materiales propios del siglo XXI, los podemos ver constantemente en las grandes ciudades, tanto orientales como occidentales. Estos han permitido crear nuevas sensaciones, dando a los espacios cierta impresión de inmensidad y de frío. Pero aún en los pequeños pueblos japoneses, e incluso de otras regiones más próximas a nosotros, se puede sentir la sensación de calidez propia del espacio doméstico. La principal razón de este hecho es la presencia de la madera.

El hormigón, el bambú y la madera son algunos de los materiales que Kengo Kuma ha trabajado en sus obras; no se trata de elecciones arbitrarias, considera que la arquitectura es una especie de conversación con el material. De todos ellos el que más transcendencia tiene, según su propio juicio, es la madera, que le ha permitido conservar y reinterpretar técnicas de naturaleza pasada.



Fig. 22| Centro de Información Turística de Cultura Asakusa, Kengo Kuma
Fuente: <http://cort.as/-MAqR>



Fig. 23| Noh Stage in the Forest, Kengo Kuma
Fuente: <http://cort.as/-MApz>



Fig. 24 | *Museo y Puente de Madera de Yusuhara*
Fuente: Tectónica Blog. Disponible en: <http://cort.as/-NZT>

4.3. CASO DE ESTUDIO. MUSEO Y PUENTE DE MADERA DE YUSUHARA

Ubicado en la prefectura de Kochi, el puente se comenzó a construir en 2009 y se finalizó en 2011. Se levantó para unir dos edificios públicos preexistentes: un hotel situado en la montaña y unos baños termales que se encontraban en la parte baja. El puente-museo funciona también como residencia y taller para artistas, además de como sala de exposiciones.

La particularidad del proyecto reside en el dominio de las técnicas en madera. El arquitecto crea una estructura tridimensional de madera laminada mediante ensamblajes que quedan escondidos en el interior de las juntas, lo que le da al proyecto sensación de limpieza y delicadeza [Fig. 24].

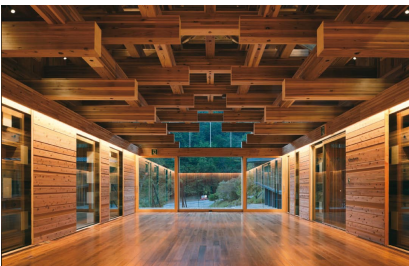


Fig. 25| Sala taller del museo
Fuente: Tectónica Blog. Disponible en: <http://cort.as/-Nzt>

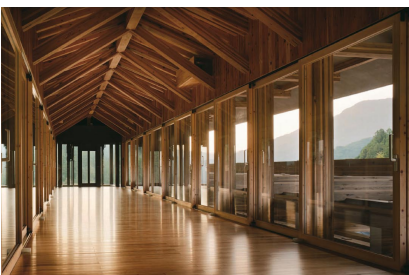


Fig. 26| Galería interior del puente
Fuente: Tectónica Blog. Disponible en: <http://cort.as/-Nzt>

Implantación en el entorno

Como ya se ha mencionado anteriormente, Kengo Kuma considera que la implantación en el entorno es una parte esencial de la arquitectura. La elección de los materiales, principalmente de la madera, ayuda al conjunto a mimetizarse armónicamente con el bosque y la montaña. Además, el lenguaje de la nueva estructura dialoga perfectamente con la preexistencia, convirtiéndose ambos en un conjunto.

Arquitectura local

El edificio está construido en madera laminada de cedro japonés. Los listones debían ser de la menor sección posible; estas pequeñas piezas solamente podían ser fabricadas en pequeñas fábricas locales, pues la fabricación industrializada no lo permitía. De este modo la construcción del puente favorecía la economía local y el empleo de materiales autóctonos.

EL PUENTE

El conjunto tiene dos partes principales: el puente y el museo. El puente [Fig. 27], que tiene una longitud total de 49m, posee un sistema constructivo moderno inspirado en técnicas tradicionales. Está formado por pequeñas piezas que crean un entramado. Este tiene como referencia la estructura en voladizo tradicionalmente desarrollada tanto en la arquitectura china como en la japonesa.

Está formado por una estructura tridimensional de vigas de cedro laminado japonés. Las vigas están colocadas en ángulo recto entre sí y disminuyen en cantidad hacia abajo, generando un triángulo invertido [Fig. 28]. La estructura de vigas perpendiculares parece apoyar simplemente sobre un pilar central, dando sensación de equilibrio, sin embargo, cuenta en sus extremos con dos estructuras de acero que se mimetizan con el entorno, además de servir como apoyo. Una de estas estructuras contiene el ascensor que da acceso a la galería del puente.

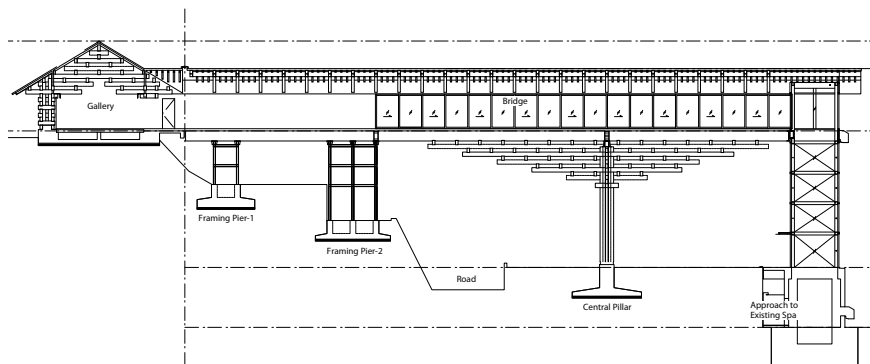


Fig. 27] Sección longitudinal del Museo Y Puente de Madera
Fuente: Tectónica Blog. Disponible en: <http://cort.as/-NZT>

LA CUBIERTA

La estructura de madera de la cubierta tiene forma opuesta al puente. Está compuesta por pórticos unidos entre sí por medio de una viga cumbrera central, vigas de amarre y diagonales de rigidización [Fig. 29].

La protección de la madera es esencial para el buen mantenimiento de la misma, esto se consigue por medio de la cubierta. Inspirado en la estructura del Puente Saruhashi, uno de los tres grandes puentes de Japón.

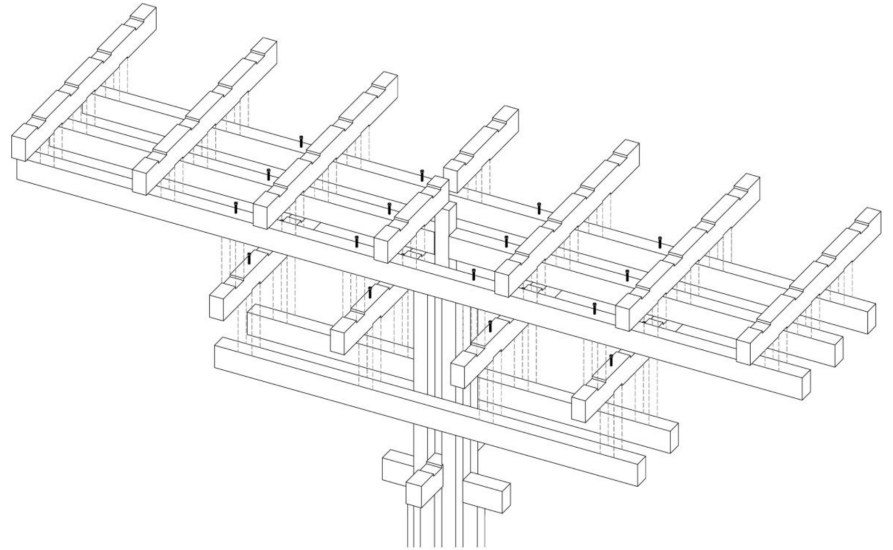


Fig. 28] Sistema de ensamblaje entre las vigas del puente
Fuente: <http://cort.as/-M7jo>

[Fig. 28]

1. La estructura general apoya sobre un pilar central de acero el cual está recubierto con madera

2. Listones puestos sobre los ejes X e Y, cada 80cm, conectan con el núcleo central de acero

3. La sección de los listones es de 30x18cm. Estos se colocan unos sobre otros escondiendo las juntas

4. Las piezas tienen un labrado de 3x18cm en el cual encaja el listón superior.

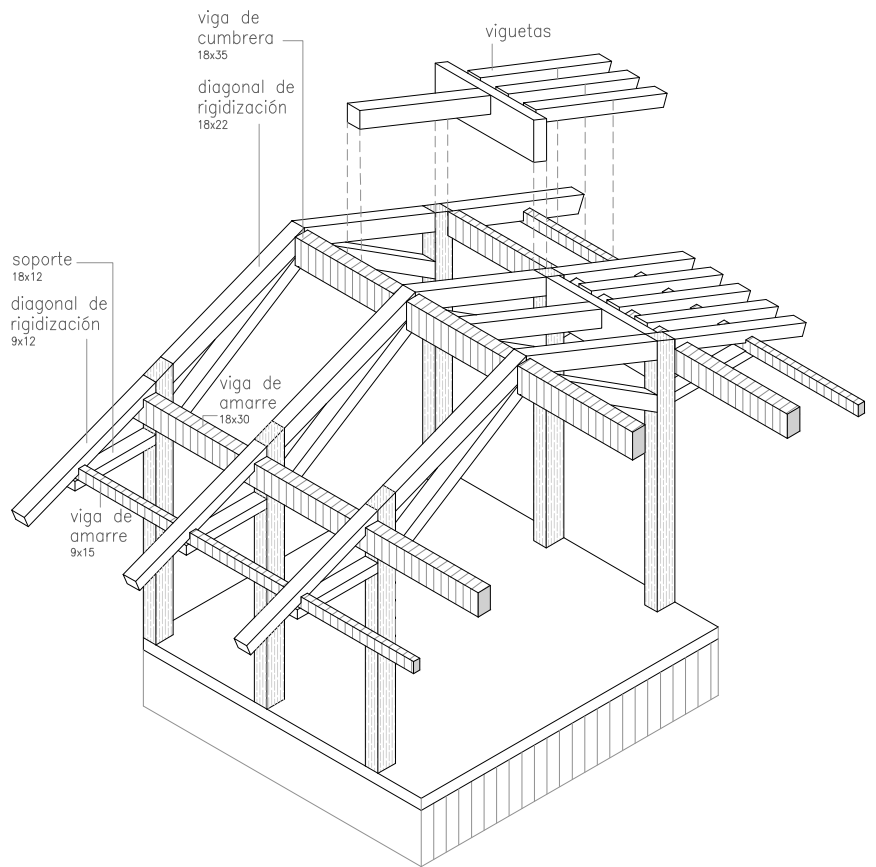


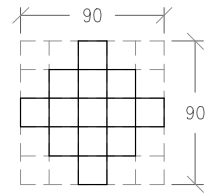
Fig. 29 | Sistema estructural de la galería
Fuente: Elaboración propia

LAS UNIONES

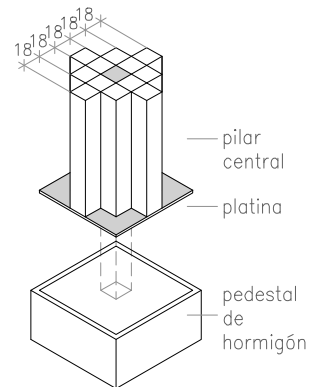
El arquitecto resuelve las uniones mediante tornillos ocultos dentro del labrado, de esta forma, se crea una visual limpia del sistema y crea la sensación de que las vigas simplemente apoyan unas sobre otras. En la arquitectura tradicional japonesa las uniones se hacían sin ningún elemento extra, creando una unión lo más limpia posible.

Cada unión se resuelve de forma distinta [Fig. 30 y 31]:

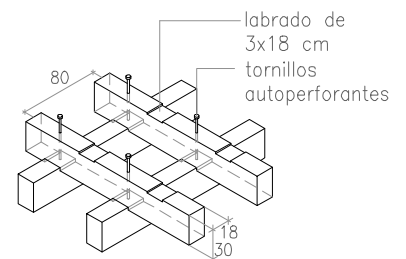
- a) Unión del **pedestal de hormigón con el núcleo de acero** por medio de una platina anclada mediante pernos.
- b) Unión de las **vigas de cedro laminado con el núcleo metálico**, mediante platinas soldadas al núcleo y aseguradas con pernos de anclaje.
- c) Unión de las **vigas de madera perpendiculares entre sí**, por medio de cajas de 3cm de profundidad que ajustan las dos piezas, y se aseguran entre sí mediante tornillos autoperforantes. De esta forma la junta queda totalmente oculta.
- d) Unión de **vigas de madera con el armado de piso del puente** mediante platinas de acero ancladas al acabado, en las cuales se apoyan las vigas de madera.
- e) La unión entre los **pórticos y las diagonales de rigidización** esta hecha de forma que la platina quede oculta tras un panel de madera.



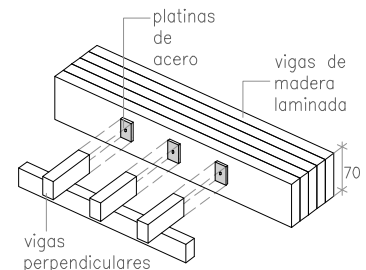
Sistema modulado del pilar central



Unión pedestal - pilar central



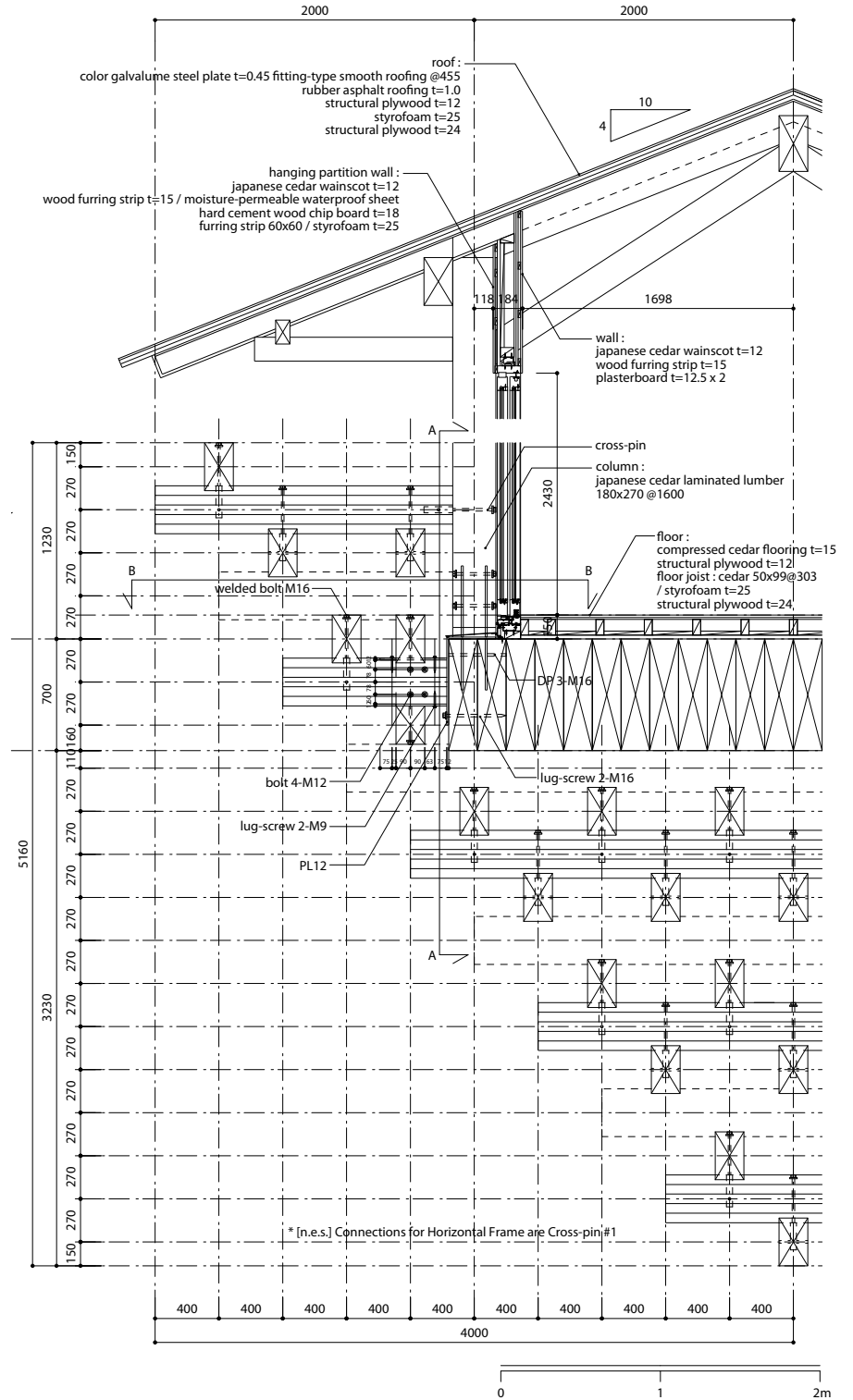
Unión de las vigas perpendiculares entre sí



Unión de las vigas con el armado del puente

Fig. 30| Esquemas explicativos de los sistemas de uniones

Fuente: Elaboración propia



[Fig. 31] Listones de madera laminada de distintas medidas conforman la estructura general.

El arquitecto presta especial atención a los encuentros entre las piezas, que quedan resueltos gracias al uso de platinas de acero y tornillos autoperforantes, siempre escondidos en el interior de la junta.

Fig. 31| Detalle constructivo del puente
 Fuente: Tectónica Blog. Disponible en: <http://cort.as/-Nzt>



Fig. 32| Interior del Castillo de Himeji tras su restauración, Japón
Fuente: http://cort.as/-MIL_

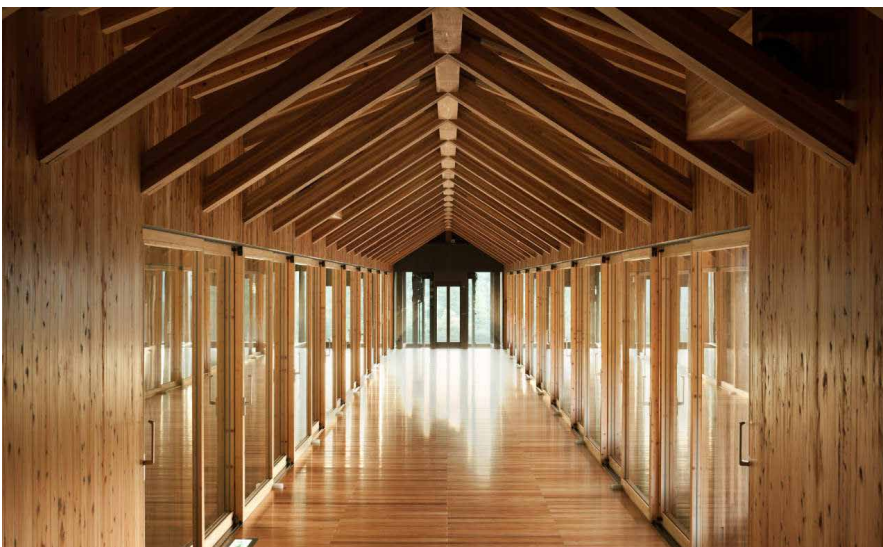


Fig. 33| Interior del Museo y Puente de Madera de Yusuhara
Fuente: <http://cort.as/-MIHr>

4.4. COMPARACIÓN CON LA ARQUITECTURA TRADICIONAL

La solución estructural general del proyecto y, en detalle, de las uniones, muestra un intento de crear una nueva arquitectura. Esta supera numerosos problemas, incluido el rejuvenecimiento de la cultura regional, la incorporación de la nueva tecnología, el diseño urbano, la elección de los materiales adecuados y la expresión de lo tradicional.

La obra conserva la esencia de lo tradicional mediante el empleo de técnicas de esta arquitectura. La vinculación entre ambas épocas se consigue gracias a distintos mecanismos:

Despiece

La exactitud en el ensamblaje de las piezas crea una estructura tridimensional que recuerda a la composición del *hijiki* japonés.

Repetición y modulación

El arquitecto consigue evocar la arquitectura tradicional gracias al sistema general empleado, que consiste en la repetición de piezas en ambas direcciones, que se ensamblan entre ellas según un módulo constante.

Limpieza de la junta

Aunque con nuevas técnicas y mejoras, Kengo Kuma consigue esconder los empalmes, dando sensación de limpieza en todo el conjunto.

El pilar central

El Shinbashira es el pilar central que constituye el elemento principal de la estructura en las pagodas budistas japonesas, así sucede en la Pagoda de Horyuji. De la misma forma, el Museo y Puente de Madera parece estar sujeto por ese único pilar central de acero revestido en madera.

Mediante estos mecanismos, Kengo Kuma consigue crear espacios que recuerdan a la tradición japonesa. Sus interiores conforman ambientes cálidos y típicos gracias al uso de la madera y al dominio de las técnicas [Fig. 32 y 33]. El arquitecto funde tradición y modernidad, aprovechando las virtudes de cada una de ellas.

5. TRADICIÓN EN LA ARQUITECTURA CHINA

5.1. CONTEXTO HISTÓRICO

Desde la sociedad primitiva hasta la Dinastía Han, las técnicas para la construcción de edificios en madera en China se ha ido perfeccionando gradualmente. Pero, a diferencia de la arquitectura tradicional japonesa, la arquitectura china emplea numerosos materiales de construcción, como el ladrillo o el bambú.

En el desarrollo de la arquitectura china se han producido continuas innovaciones, renacimientos y cambios de estilo. Historiadores concluyen que esta evolución se puede dividir en etapas, coincidentes con las dinastías más importantes en la historia del territorio chino.

1. Periodo arcaico: Dinastías Shang y Chou (S. XVII-III a.C.)
2. Época clásica: Dinastía Han (206 a.C. - 220 d.C.)
3. Época Medieval: las 6 Dinastías (220-590 d.C.)

Según las fuentes más antiguas, la civilización china se iniciaría con una serie de emperadores que introdujeron en el país la agricultura, la regulación del curso de los ríos y la escritura. No obstante, no existen hallazgos arqueológicos que lo documenten. Es por eso que se podrían considerar que la historia de China comienza con la Dinastía Shan, época en la cual existen restos arqueológicos de viviendas a base de piedra y madera. Más tarde, durante la Dinastía Chou, se produjeron cambios políticos que influyeron notablemente en la arquitectura del país.

La extensión de la Dinastía Han por el continente asiático, desde Corea hasta la península indochina, incluso por Asia Central, tuvo como resultado la difusión de la arquitectura china en nuevos territorios. Durante este periodo se produjo una cierta tendencia hacia el verticalismo, existiendo varios tipos de construcciones; un ejemplo de estas son los *lou*, torres exentas en madera, y que tal vez constituyen el arquetipo de las pagodas budistas [Fig. 34]. Las innovaciones técnicas de la época hicieron posible la construcción monumental, un claro ejemplo de ello es el sistema mensular, el cual aparece aplicado tanto a la arquitectura en madera como en piedra. Tal sistema permitió elevar techumbres de teja mucho más amplias y pesadas.

La arquitectura china tradicional se caracteriza por la búsqueda de la estabilidad en la ligereza, empleando un sistema constructivo cuyos elementos estructurales no delimitan el espacio. Cabe destacar la rapidez en la construcción de sus estructuras, que recae en el material elegido y en el uso de este. La madera era, como ya se ha mencionado, el material más empleado; su uso fue haciéndose más complejo con el paso de las dinastías.

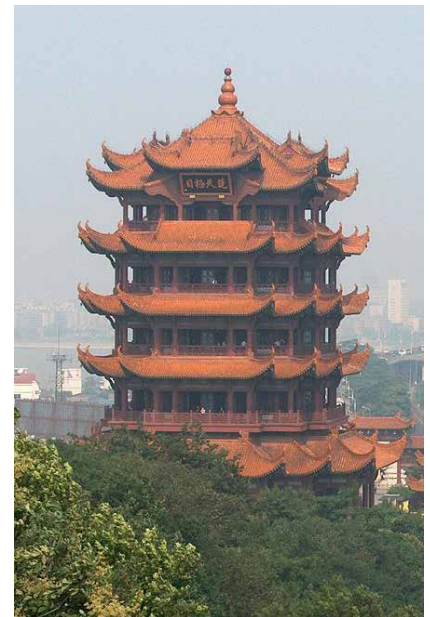


Fig. 34| Torre lou de la Grulla Amarilla, 223 d.C.

Fuente: <http://cort.as/-MEEe>

5.2. LA MADERA COMO MATERIAL PRINCIPAL DE CONSTRUCCIÓN

A diferencia de lo que ocurre en Japón, las construcciones chinas hicieron uso de numerosos materiales, dependiendo estos de la disponibilidad local. Ya comenzaron a construir edificios hechos de piedra hace miles de años con gran destreza técnica. Sin embargo, el material predominante ha sido, a lo largo de los siglos, la madera.

Dos requisitos fundamentales influyeron en el desarrollo de la construcción en madera: la abundancia de densos bosques de coníferas y el clima principalmente seco. Esta arquitectura se desarrolló en regiones con climas muy fríos, y donde era necesario contener el calor. Además, este material ofrecía ventajas que otros no tenían, como su flexibilidad, que permitía a las estructuras resistir elevadas fuerzas producidas por terremotos.

Hay dos aspectos que fueron de gran importancia para conservar la estructura de madera: la incorporación de aberturas de ventilación y el diseño y elaboración de las juntas de madera. La humedad hace que el material se hinche y contraiga, esto puede, en ciertas circunstancias, afectar a la calidad de la junta. Los carpinteros de la época prestaron especial atención a este aspecto, e hicieron que las juntas de secado no fueran visibles, en la medida de lo posible. Además, las juntas se cortaban biseladas en las superficies enfrentadas para evitar huecos antiestéticos como resultado de la contracción por secado. En ocasiones se usaba aceite de tung para proteger extremos de vigas, para conexiones entre vigas y columnas y para los escalones inferiores de escaleras.

TIPOS DE MADERA Y SUS USOS

Dependiendo de las cualidades del tipo de madera, esta iría destinada a un elemento concreto [Fig. 35], algunos ejemplos son:

- La teca y el pino del noreste de China se usaban principalmente para los pilares.
- El abeto chino era utilizado para las vigas y tablas, sobre las que apoyaba el barro. Además, es capaz de retrasar el proceso de podredumbre de cualquier otra madera.
- La madera de árbol de alcanfor, para vigas de esquina, puertas y ventanas.
- El ciprés se utilizaba para los elementos estructurales que se encontraban debajo de la cresta.
- El ciprés, el pino y el sauce se situaba en lugares donde la madera debía estar en contacto con la tierra.



Fig. 35| Interior de cubierta, uso de distintos tipos de madera
Fuente: Zwerger, K., Olgiatei, V. (2012)
Wood and Wood Joints : Building Traditions of Europe, Japan and China

MÉTODOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA MADERA

Los grandes edificios chinos, como los templos y palacios, tienen una clara zonificación horizontal. El conjunto de columnas se coloca sobre una plataforma, generalmente de tierra pisada, y a su vez sostienen el gran techo. Tanto la plataforma como el techo son producto de la necesidad de proteger la construcción en madera.

Plataforma elevada

Al no apoyar los pilares directamente en el suelo, se protegen de los efectos del agua. La durabilidad de la construcción de madera depende, en parte, de la calidad de la plataforma sobre la que apoya, los hallazgos arqueológicos revelan la búsqueda en curso de los trabajadores por mejorar esta estructura [Fig. 36].

Aleros

Tradicionalmente la cubierta de las grandes construcciones chinas estaba constituida por una curva cóncava, un conjunto de aleros y, en ocasiones, una cresta que se eleva hacia arriba en sus extremos [Fig. 37]. El origen de esta forma se encuentra en la necesidad de proteger la madera y de iluminar el espacio de forma correcta. Los constructores de la época tuvieron que encontrar una solución que asegurara la dispersión del agua de lluvia desde los techos mientras que permitiera que luz suficiente iluminara el interior. La solución se basa en el uso de vigas cortas que van de viga a viga. La superficie curva del techo no solo redujo la altura total de la edificación, sino que redujo las cargas laterales.

En el caso de edificios de varios pisos, como las pagodas, no fue posible aplicar este método, es por eso por lo que no siempre en ocasiones se colocan techos o balcones adicionales, no correspondiendo el número de plantas con el número de techos que se aprecia desde el exterior.

Paredes y pilares se encontraban protegidos contra la humedad excesiva gracias a estos techos. Los techos inclinados a cuatro aguas se reservaban para la nobleza, como resultado, la mayoría de las viviendas domésticas contaban con techos a dos aguas, los aleros alrededor del perímetro abrigan la pared de debajo.

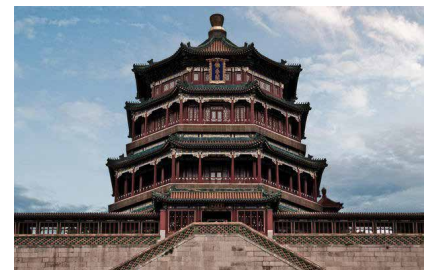


Fig. 36| Pagoda sobre plataforma elevada. Palacio de verano, Pekin, China
Fuente: <http://cort.as/-MlrD>



Fig. 37| Aleros de la torre de la Grulla Amarilla, Hubei, China
Fuente: <http://cort.as/-MIsN>

5.3. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN CON MADERA

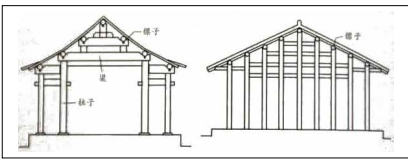


Fig. 38| Izquierda, método tailiang;
derecha, método chuandou
Fuente: <http://cort.as/-MEvI>



Fig. 39| Estructura en construcción,
método chuandou
Fuente: Zwerger, K., Olgiate, V. (2012)
*Wood and Wood Joints : Building
Traditions of Europe, Japan and China*



Fig. 40| Interior construcción, método
tailiang
Fuente: Zwerger, K., Olgiate, V. (2012)
*Wood and Wood Joints : Building
Traditions of Europe, Japan and China*

La forma dominante es la construcción en la arquitectura tradicional china es mediante pilares y vigas de madera. Existen dos métodos de construcción: *chuandou* y *tailiang*.

La construcción **chuandou** es de tipo articulado, en ella los elementos verticales, juegan un papel visualmente dominante [Fig. 38 y 39]. Las columnas se conectan entre sí a través de vigas, las cuales atraviesan todas las columnas de lado a lado. Esta construcción se caracteriza por emplear elementos de madera con una sección transversal muy delgada. Es el método más extendido en la Cuenca Chang Jiang y en las regiones sur del río.

La construcción **tailiang** hace referencia a un tipo de estructura que emplea la viga elevada [Fig. 38 y 40]. Postes se anclan con espigas a la viga, los cuales, a su vez, soportan una segunda viga horizontal. Este patrón continúa hasta que solamente queda una viga en el centro para soportar la cresta. La longitud de las vigas determina la inclinación del techo. En comparación con el método chuandou, este permite cubrir grandes luces de forma ininterrumpida, pero las dimensiones de vigas y pilares son mayores. Esta construcción prevaleció en el norte del Chang Jiang, y se usaba principalmente en edificios importantes, permitiendo dejar libres los pasillos de los templos y creando una vista ininterrumpida de Buda.

Es importante tener en cuenta que muchas de las construcciones no siempre pueden atribuirse claramente a uno u otro sistema, con el tiempo han aparecido edificios que emplean ambos.

5.4. LAS UNIONES

El Yingzao Fashi es el primer tratado de estandarización de la arquitectura china, fue escrito en el S. XI, y es el más antiguo que se conserva. Existe un tratado anterior llamado Mujing, pero solo se conoce de su existencia por alusiones en otros textos. El Yingzao Fashi cuenta con un glosario de términos y de sistemas de construcción, además de con ilustraciones detalladas de técnicas arquitectónicas. La unidad básica utilizada es el *fen*, unidad de medida que varía en función del ancho de la pieza, y equivale a un décimo de esta, es por ello que no tiene equivalencia en centímetros.

El tratado contiene ilustraciones de algunas de las técnicas en madera empleadas en la tradición china, incluso anteriores a la publicación de este [Fig. 41 y 42]. Algunos ejemplos son:

Unión básica

Este tipo de unión se utiliza para el cruce de dos piezas ortogonales. La pieza en el eje de fachada cuenta con una hendidura de 12 *fen* y la perpendicular de 4 *fen*.

Tenon and Mortice

Utilizado para el encuentro de vigas con pilares, la unión queda asegurada gracias a una espiga.

Unión tipo 2

Se realiza para el encuentro de una pieza perpendicular al eje de fachada con una paralela. Se emplea un machiembrado para añadir estabilidad.

Unión tipo 3

Se trata de un encuentro machiembrado, utilizado en las piezas de correa de cubierta.

Unión tipo 4

También se realiza de forma machiembrada, pero en ese caso en viguetas.

Unión tipo 5

Este tipo de unión se realiza por gancho, queda asegurada por una pequeña pieza en forma de espiga.

Estas son solamente algunas de las uniones que están ilustradas en el tratado, existen sin embargo múltiples variantes de estas. Su combinación ha dado lugar a soluciones constructivas muy inteligentes y que han permitido que hoy día aún sigan en pie muchas de los edificios de la arquitectura tradicional china.

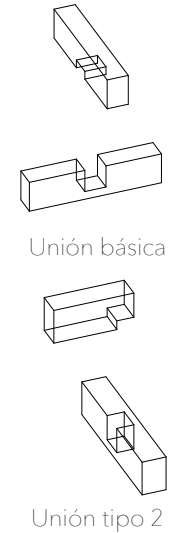


Fig. 41| Unión básica, unión tipo 2
Fuente: San Vicente, G. (2016) Pagoda de Yingxian. TFG

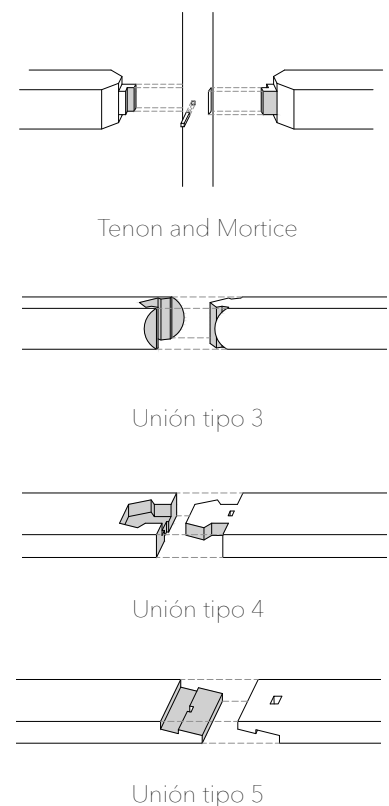


Fig. 42| Ejemplos de tipos de uniones
Fuente: Elaboración propia

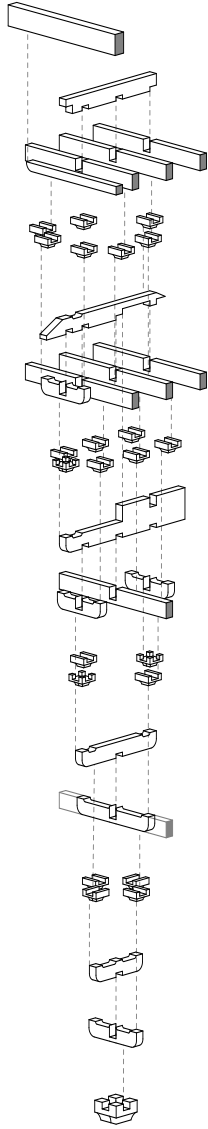


Fig. 43| Despiece de un dougong
Fuente: San Vicente, G. (2016) *Pagoda de Yingxian*. TFG

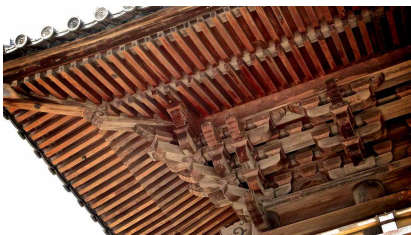


Fig. 44| Ejemplo de dougong
Fuente: <http://cort.as/-MluW>

EL DOUGONG

El *dougong* es uno de los elementos más característicos de la arquitectura tradicional china. Este surge de la intersección de ménsulas de madera [Fig. 43 y 44]. Considerado como un símbolo de estatus, su uso estaba restringido a edificios para la familia imperial, edificios oficiales, grandes templos y residencias oficiales de alto rango.

La evidencia más temprana del *dougong*, existe en los objetos de entierro del periodo Han del Este. Edificios de varios pisos hechos con cerámica cocida cuentan con aleros y balcones sostenidos por vigas que sobresalen de la pared. Para distribuir mejor la carga, los bloques de madera (*dou*) que apoyan sobre los extremos exteriores de las vigas salientes, cuentan con viguetas cortas (*gong*) dispuestas paralelas a los aleros, es decir, perpendiculares a las vigas principales. La ventaja que ofrecen estos elementos es que aumentan la superficie de apoyo de la viga, distribuyendo la carga de manera más efectiva, además de servir como ornamentación.

Como el resto de los elementos, el *dougong* pasó por distintas fases, dependientes de las dinastías. Si el *dougong* es la mitad del pilar, nos encontramos ante un edificio de la dinastía Tang, si es un cuarto o un quinto del pilar, nos encontramos ante un edificio de la dinastía Song o Liao, si el *dougong* es menos de un sexto se trata de un edificio de la dinastías Ming - Qing (siglo XIII - siglo XX).

El tratado *Yingzao Fashi* incluye en sus páginas algunos de los dougong más utilizados en la arquitectura tradicional china, y que utilizan algunas de las uniones descritas anteriormente para conseguir las múltiples soluciones constructivas.



Fig. 45| Pagoda de Yingxian
Fuente: <http://cort.as/-MF11>

5.5. CASO DE ESTUDIO. LA PAGODA DE YINGXIAN

El origen de la pagoda es la estupa india, llega a China a través de la Ruta de la Seda, junto con el budismo. En el territorio chino la pagoda se puede encontrar en dos tipos principales: de piedra y de madera, la segunda consiguió un desarrollo más avanzado y extendido. La pagoda de madera fue aumentando su número de plantas de forma progresiva, y destaca por sus decoraciones y tallas. Con este desarrollo la arquitectura china ha logrado que una estructura fundamentalmente extranjera, como es la estupa india, adquiriera una calidad local.

CONSTRUCCIÓN DE LA PAGODA

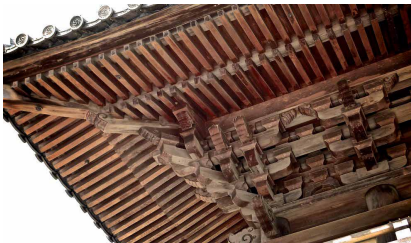


Fig. 46| Detalle de la Pagoda de Yingxian

Fuente: <http://cort.as/-MF71>

También llamada Pagoda Sakyamuni [Fig. 45, 46 y 47], la pagoda de madera se encuentra en Yingxian, provincia de Shanxi, y fue construida en 1056 durante la Dinastía Liao. Es la pagoda de madera más antigua de China y la más alta del mundo. Su altura total es de 67m y su diámetro de 30m.

Desde el exterior la pagoda parece contar con cinco plantas, aunque realmente tiene nueve. El módulo, de aproximadamente 8.4m, ordena toda la estructura, siendo la altura total ocho veces ese módulo. Lo más característico de esta pagoda es que cuenta con 54 tipos de *dougong*, la más numerosa dentro de la Dinastía Liao. Para mantener estable la estructura de la pagoda, han sido necesarias considerables restauraciones debido a su antigüedad.

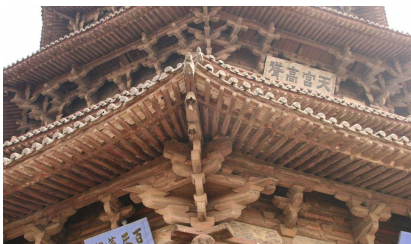


Fig. 47| Detalle de la Pagoda de Yingxian

Fuente: <http://cort.as/-MF4x>

El análisis de esta construcción sirve de ejemplo y permite comprender el funcionamiento de otras pagodas e, incluso, de otros edificios monumentales de la arquitectura tradicional china. La multitud de detalles, aparentemente sencillos, que tiene la pagoda son fruto de siglos de evolución e investigación; al igual que su estructura que, aunque se aproxima más al sistema *tailiang*, no se podría posicionar en ninguno de los tipos estudiados, cuenta con características de ambos.

SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL

La pagoda cuenta con un sistema estructural de pisos independiente similar al de las pagodas japonesas, pero omite el Shin-bashira, o pilar central [Fig. 48 y 49].

La estructura de la pagoda se caracteriza porque puede ser dividida en cinco capas, cada una se construye de forma independiente del resto. El cuerpo total de madera, de 63m de altura, está constituido por una superposición de capas desde la base hasta la cubierta final. Este tipo de construcción es típica en la arquitectura tradicional china y permite crear estructuras con una gran flexibilidad y estabilidad.

Se encuentra sobre una base pétrea de 4m. Aunque no tiene el pilar central para soportar las fuerzas producidas por sismo, gracias a que la diferencia de peso entre los 4m de base de piedra y los 63m de madera hacen que el centro de gravedad del edificio baje. De esta forma el edificio es más estable frente a las sacudidas sísmicas. En este proceso colabora también la flexibilidad de la madera.

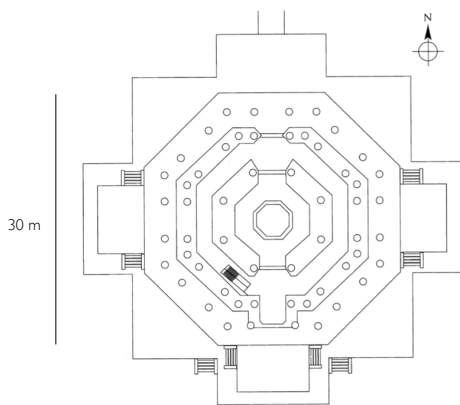


Fig.48| Planta de la Pagoda de Yingxian
Fuente: <http://cort.as/-Mm0k>

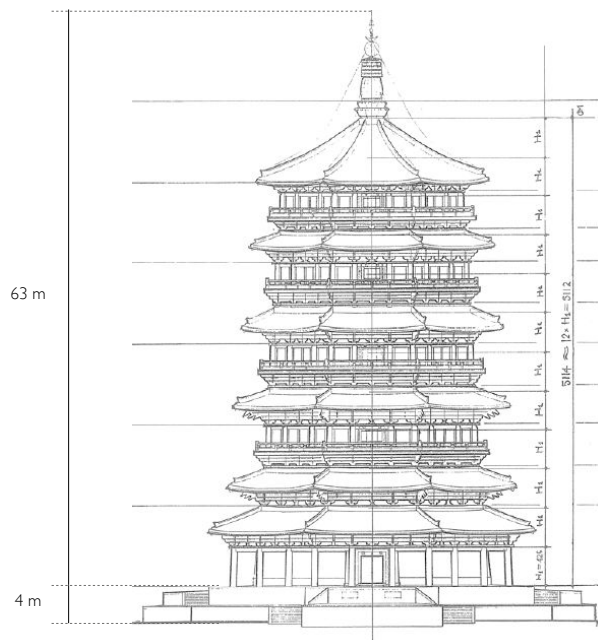
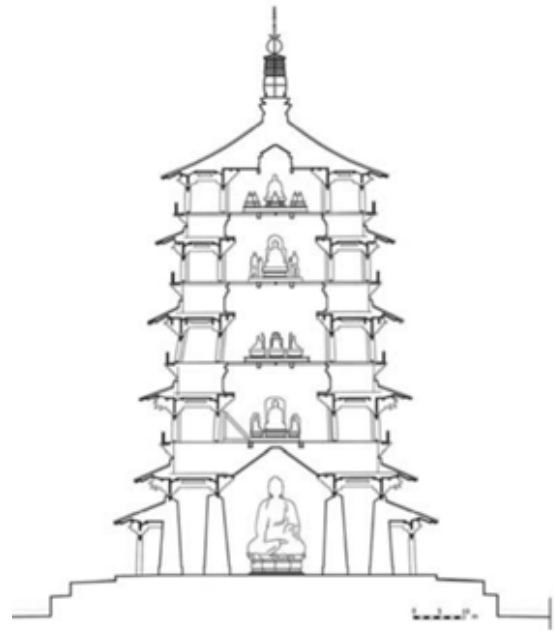
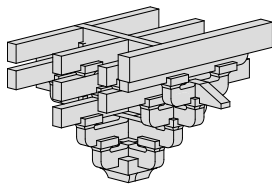


Fig.49| Alzado y sección de la Pagoda de Yingxian
Fuente: <http://cort.as/-Mm0k>

UNIONES MEDIANTE DOUGONG

Como se ha mencionado anteriormente, la pagoda Sakyamuni cuenta en total con 54 tipos diferentes de *dougongs*, esto la hace destacar sobre otras pagodas convencionales, que tienen del orden de 5 a 10 tipos. Están formados por piezas estandarizadas que se pueden agrupar en tres categorías: dou, gong, ang. La variación recae en la posición que ocupen estas piezas y la consecuente relación entre ellas.

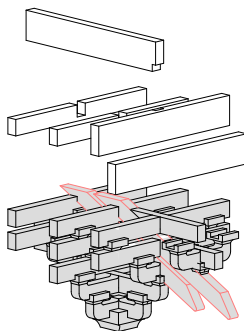


Dougong ortogonal

El Yingzao Fashi fue escrito 50 años después de la construcción de la pagoda de Yingxian, por ello, es posible comprar las uniones y dougong de ambos. Como explica Cobeta (n.d.), es posible agruparlos en varias familias [Fig. 50]:

Dougong ortogonal

Este tipo es el que más tiene en común con los del Yingzao Fashi. Las soluciones de esta familia son pequeñas variaciones de las explicadas en el apartado anterior.



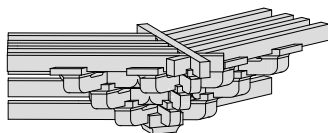
Dougong ortogonal, modificado

Dougong ortogonal, modificado

La modificación es producida por la inserción de un par de piezas rotadas, lo que hace que el resto de unidades tengan que adaptarse a estas uniones irregulares. Estas piezas ocupan siempre posiciones interiores.

Dougong en esquina

En el tratado solo se proponen piezas en esquina en ángulo recto y la planta de nuestro caso de estudio es octogonal, por lo que difieren completamente y se modifican las dimensiones. La diferencia principal reside en los acabados de las piezas [Fig. 47].



Dougong en esquina

Dougong de basa interior

Este tipo se sale de lo común ya que no tienen los mismos tipos de piezas, por lo que no es posible compararlas con las del Yingzao Fashi.

Cada una de estas familias contiene pequeñas variaciones del sistema original. Estas utilizan distintos tipos de uniones, principalmente las mencionadas como unión básica y unión tipo 2, gracias a las cuales es posible aumentar la longitud de los aleros.

Fig. 50| Tipos de dougong
Fuente: San Vicente, G. (2016) Pagoda de Yingxian. TFG

6. MODERNIDAD EN LA ARQUITECTURA CHINA

6.1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura china contemporánea ha introducido en sus construcciones técnicas extranjeras, la combinación de estas técnicas con la propia arquitectura local ha dado lugar a nuevos estilos. Las obras modernas han supuesto una auténtica revolución estética, si bien es cierto que muchos de éstas han sido diseñadas por arquitectos extranjeros, existe también un amplio número de arquitectos locales que han colaborado en dicho desarrollo.

La arquitectura china contemporánea no cuenta con un conjunto tan amplio de obras construidas en madera como lo hace la arquitectura japonesa. Aún así, se pueden encontrar varios estudios que toman la arquitectura tradicional como inspiración, combinándola con técnicas actuales para crear las mejores soluciones. Algunos ejemplos son One Plus Partnerships, Tang & Yang Architects o Studio Pei Zhu; tienen por objetivo encontrar soluciones innovadoras que, al mismo tiempo, vuelvan a conectar las modernas urbes chinas con sus tradiciones por medio de un proceso de reinterpretación.

6.2. TIAN TIAN XU



Fig. 51| *Pabellón de los Pinos, Tiantian Xu*

Fuente: <http://cort.as/-M47h>

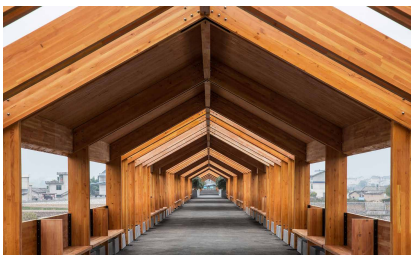


Fig. 52| *Puente Shimen, Tiantian Xu*

Fuente: <http://cort.as/-M47k>

Tiantian Xu, arquitecta china, ha logrado en su país una enorme reputación por la ejecución de proyectos educativos y culturales, especialmente en área rurales.

Según sus propias palabras: “la arquitectura debería conectar el pasado con el futuro”. Considera que los edificios deben revelar la cultura y el patrimonio de cada pueblo, ya que pueden tener un impacto evidente sobre los habitantes del lugar. Cuando trabaja en aldeas rurales, prioriza la integración del programa con la historia de la aldea y las necesidades actuales; en este proceso se produce una adaptación de las técnicas de construcción tradicionales del lugar a la actualidad, dentro de un contexto determinado.

La arquitecta está muy familiarizada con las técnicas en madera y piedra, típicas de la arquitectura tradicional china. Ha realizado numerosas obras en las cuales prima el uso de la madera, ya que favorece la correcta integración del proyecto, algunos ejemplos son el Pabellón de los Pinos [Fig. 51] o el Puente Shimen [Fig. 52].



Fig. 53 | Sala de Exposiciones, Centro de Agricultura de Pingtian
Fuente: <http://cort.as/-LqRp>

6.3. CASO DE ESTUDIO. CENTRO DE AGRICULTURA DE PINGTIAN



Fig. 54| Sala Taller
Fuente: <http://cort.as/-M4BK>

El pueblo de Pingtian se sitúa en la provincia de Zhejiang, rodeada de montañas por tres lados, el antiguo pueblo cuenta con varios cursos de aguas naturales y está formado gracias al agrupamiento de viviendas de dos plantas, en su mayoría. Las estructuras tradicionales de la aldea consisten en muros tierra apisonada con el interior construido en madera de la forma tradicional china.

En el año 2015 se proyecta el centro de agricultura y artesanía a la entrada del pueblo, juega un papel fundamental en el desarrollo de la actividad pública del mismo. Pretende ser representación de la cultura agrícola del lugar, usándose también como taller de artesanía y lugar de intercambio cultural.

Proyecto de rehabilitación

No se trata de una edificación de nueva obra, sino que los arquitectos aprovecharon edificios ya existentes que se encontraban abandonados y que consideraron parte crucial del tejido de la aldea. Para dar solución al programa, se propuso rehabilitar y organizar algunos de estos. En la propuesta final se combinan las construcciones tradicionales de la aldea con nuevas técnicas.



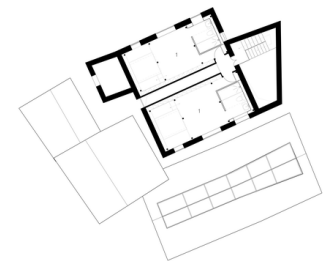
Fig. 55| Espacio intermedio entre las habitaciones
Fuente: <http://cort.as/-M4BK>

El conjunto está formado por dos edificios, ambos de dos plantas y conectados entre ellos. El edificio en forma de L constituye la sala de exposiciones [Fig. 53], el contiguo cuenta en su planta baja con un espacio de taller [Fig. 54] y en la superior con habitaciones.

Arquitectura local

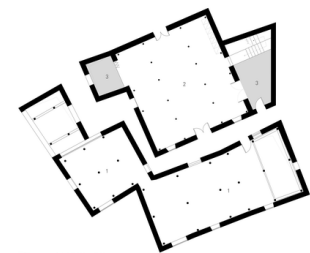
Lo característico de este proyecto es que el programa queda resuelto respetando totalmente el estilo arquitectónico del edificio preexistente y su entorno. La arquitecta consigue crear un ambiente cálido y equilibrado, en el que los vecinos pueden sentirse como en un espacio más de su aldea. Esto es debido al uso de la madera y de las técnicas tradicionales, demostrando que, aún siendo sistemas de construcción antiguos, pueden adaptarse sin ningún problema a la arquitectura más moderna, creando espacios actuales.

La intervención, que se realizó con un presupuesto modesto, favorece la economía local utilizando técnicas y materiales del lugar.



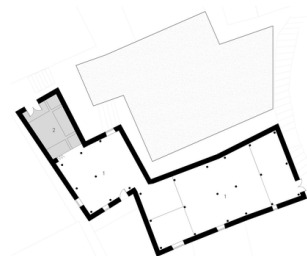
1. Habitaciones

Planta segunda



1. Sala de exposiciones
2. Taller
3. Jardín

Planta primera



1. Sala de exposiciones
2. Jardín

Planta baja

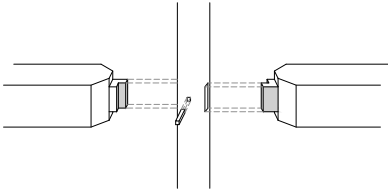
LA ESTRUCTURA

Para preservar la tradición del lugar y que el conjunto se encontrara integrado con su entorno, se utilizaron sistemas constructivos locales, siempre combinados con técnicas modernas. Parte de la antigua estructura de madera estaba dañada, por lo que fue necesario un estudio para determinar qué parte había que reemplazar. Finalmente solo se mantuvo la cubierta y estructura de las habitaciones, el resto fueron reconstruidas.

En la nueva solución de cubierta se pretende conseguir la mayor semejanza estética, tanto en color como en forma, por ello se vuelve a construir en madera. Además, se consigue mejorar funcionalmente añadiendo una lámina impermeabilizante, de esta forma está protegida y es más duradera. Sobre las distintas capas de madera se coloca la teja, igual que en la preexistente.

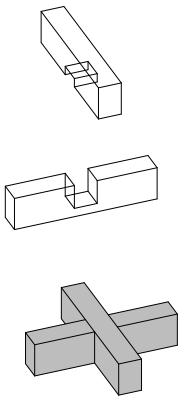
En el proceso de rehabilitación, se eliminaron algunos tabiques, de esta forma tanto la sala de exposiciones como el espacio taller tienen una circulación libre [Fig. 56], característica también de los grandes edificios de la antigua arquitectura china.

Fig. 56| Plantas del Centro de Agric.
Fuente: <http://cort.as/-M4BK>

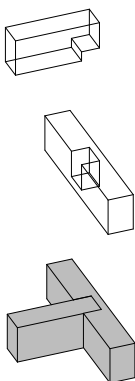


Tenon and Mortice

Fig. 57| *Tenon and Mortice*
Fuente: Elaboración propia



Unión básica



Unión tipo 2

Fig. 58| *Unión básica y unión tipo 2*
Fuente: San Vicente, G. (2016) *Pagoda de Yingxian*. TFG

LAS UNIONES

Para la construcción tanto de la cubierta como de la estructura de pilares se emplearon sistemas tradicionales y se evitó el uso de nuevos materiales, conservando así el carácter local de la construcción. Tras el análisis de la estructura y la posterior determinación de las vigas que debían ser reemplazadas, se decidió utilizar el sistema constructivo chino "Tenon and Mortice", este permite un fácil reemplazo y rápido reensamblaje de las piezas. El proceso fue llevado a cabo por los trabajadores de la aldea, que conocían las técnicas en madera. La mayor parte de la estructura de madera está construida mediante este sistema, en el cual una espiga del mismo material une cada una de las vigas con el pilar correspondiente.

Las uniones se podrían clasificar en tres tipos, utilizados tradicionalmente en la arquitectura china [Fig. 57 y 58]:

Tenon and Mortice

Sistema utilizado en todos los encuentros en los que hay dos piezas horizontales, o vigas, y una vertical, el pilar. Las tres partes quedan unidas gracias a una espiga del mismo material.

Unión básica

Aparece, por ejemplo, en la parte intermedia de la cubierta, cuando dos piezas se encuentran creando un ángulo recto.

Unión tipo 2

Utilizada en los forjados, en la intersección de dos piezas perpendiculares.

Aunque en esta obra y, generalmente, en la arquitectura moderna china se evita el uso del *dougong*, el tipo de uniones empleadas en los encuentros sí corresponden con las tradicionales. Esto, junto con el uso de la madera como material principal, le da al lugar cierto carácter popular.

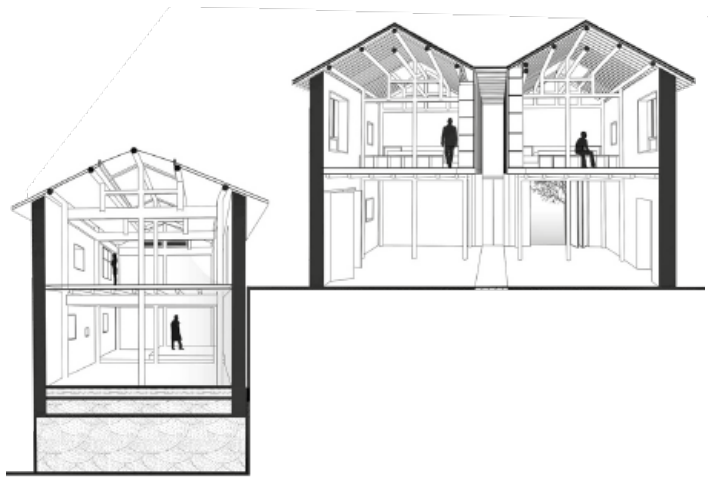


Fig. 59| Sección transversal del Centro de Agricultura
Fuente: <http://cort.as/-M4BK>

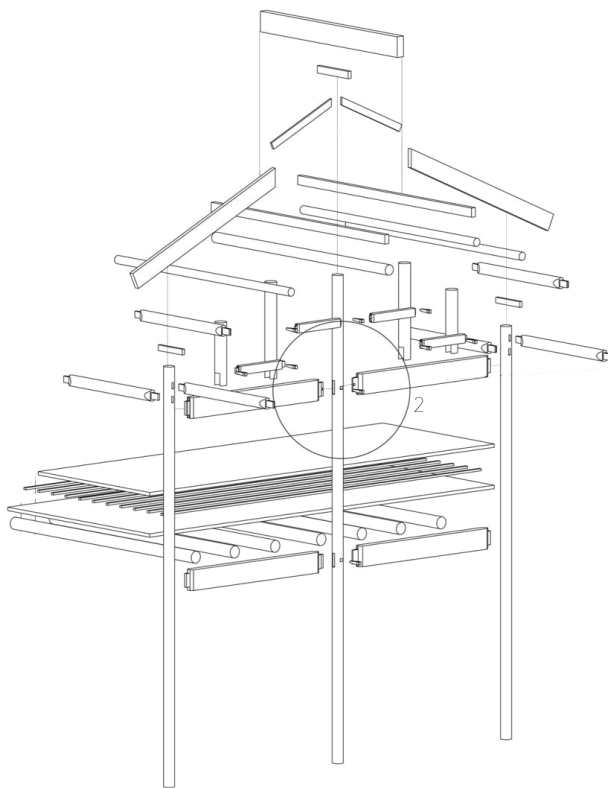
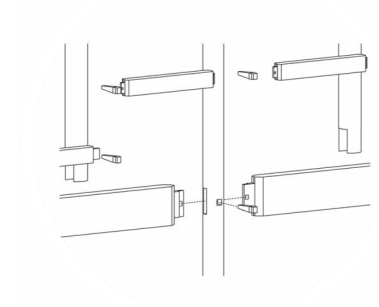


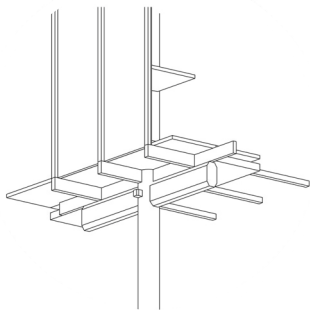
Fig. 60| Sistema constructivo de la galería y respectivo esquema
Fuente: <http://cort.as/-M4BK>

1. [Fig. 59] A la izquierda, la sala de exposiciones en ambas plantas; a la derecha, el taller en planta baja y las dos habitaciones en la planta primera



2. [Fig. 60] Las uniones tipo pilar-vigas se resuelven siempre mediante el sistema "Tenon and Mortice".

Este sistema permite el fácil reemplazamiento y ensamblaje de las vigas por parte de los trabajadores locales



3. [Fig. 61] En los forjados, el sistema de vigas se crea por medio de uniones básicas

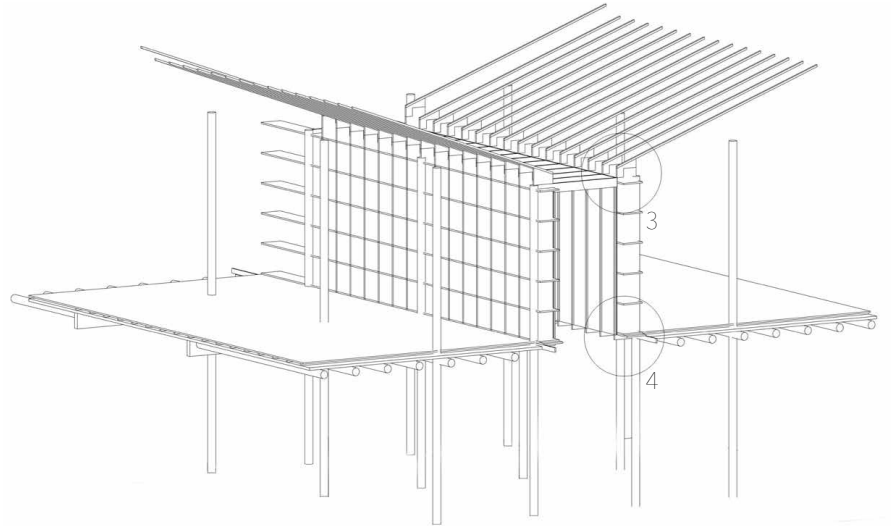
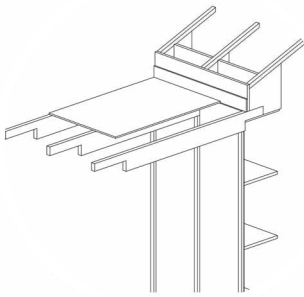
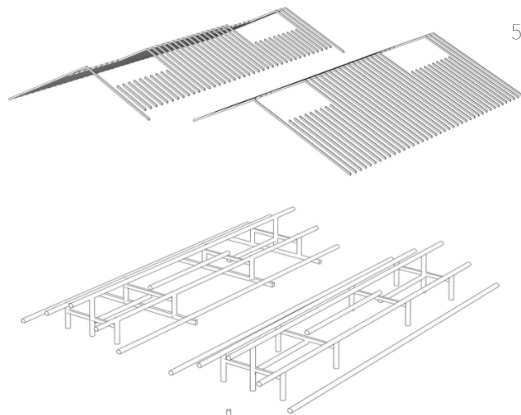


Fig. 61] Sistema constructivo del taller y respectivos esquemas
Fuente: <http://cort.as/-M4BK>



4. [Fig. 61] Las viguetas inclinadas de la cubierta se encuentran con la pieza horizontal mediante uniones de tipo 2



5. [Fig. 62] La estructura principal del taller está formada por vigas y pilares de madera, ensambladas entre sí con técnicas tradicionales.

A esta estructura base se añaden otros materiales, como los muros de barro, que ya se utilizaron en la preexistencia, o la impermeabilización de la cubierta, que se constituye con técnicas contemporáneas

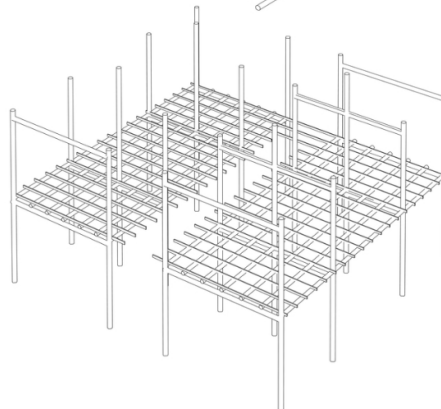


Fig. 62] Sistema constructivo del taller
Fuente: <http://cort.as/-PKJs>

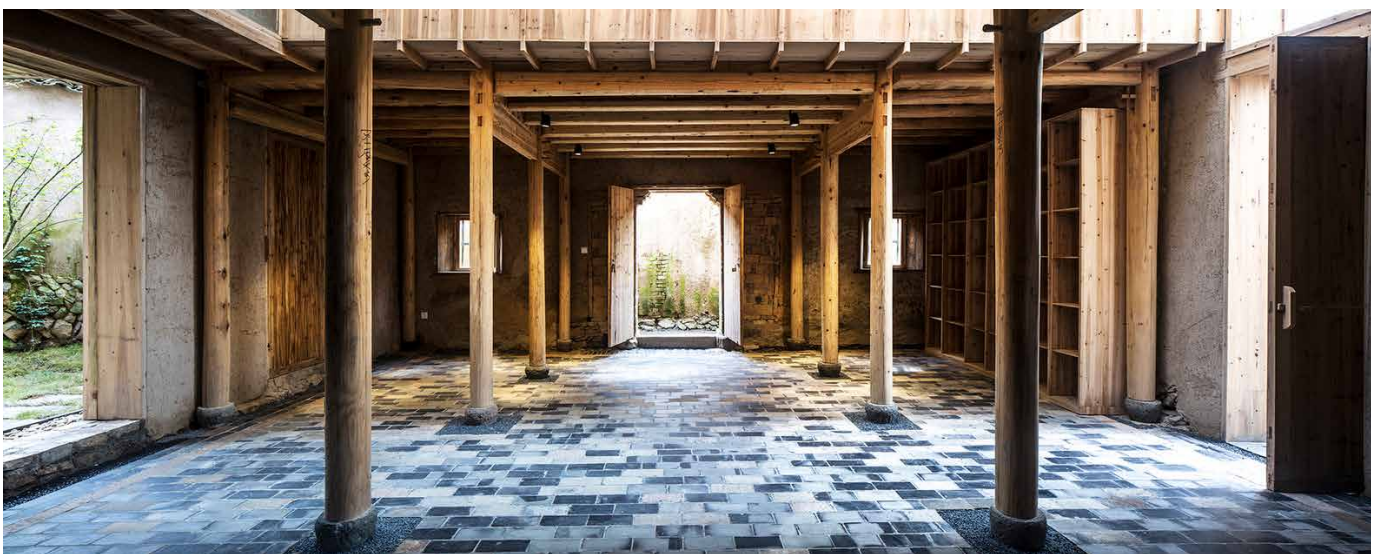


Fig. 63| Sala Taller del Centro de Agricultura
Fuente:<http://cort.as/-MntC>

6.4. COMPARACIÓN CON LA ARQUITECTURA TRADICIONAL

Con este proyecto la arquitecta pretende conservar el vínculo con la cultura antigua. Aunque no se trata de una obra de carácter monumental, sino que se enmarca en un ámbito más doméstico, sirve de ejemplo de intervención cuyo objetivo principal es la conservación de la memoria tradicional, siendo posible compararla con esta. Distintos factores han permitido alcanzar dicho objetivo:

Madera vista

De la misma forma que ocurre en la arquitectura tradicional doméstica, el proyecto mantiene las estructuras de madera sin revestir. Esto favorece la creación de ambientes rústicos y el empleo de técnicas artesanales, en oposición a los sistemas de producción industrializados actuales.

Uniones

Las juntas tienen un papel principal en el proyecto. El análisis de las técnicas empleadas en la construcción de las viviendas del pueblo permite aplicarlas al nuevo espacio, evitando introducir contrastes de estilo.

Espacios diáfanos

Tanto la sala de exposiciones como el taller están formados por una única sala diáfana en la que el espacio se expande [Fig. 63]. Los templos budistas tradicionales, y otros edificios públicos, contaban con interiores poco compartimentados, que permitían la vista de Buda y las circulaciones libres.

Estos y otros mecanismos sirven de guía para la conservación de espacios tradicionales. El proyecto combina las características de la arquitectura local de Pingtian y por consiguiente, de China, con nuevos avances, del tipo acústico o térmico, que mejoran la habitabilidad del lugar.

7. CONCLUSIONES

- La madera ofrece soluciones constructivas que resultan tan eficaces y durables como las ejecutadas en otros materiales modernos, como son el acero o el hormigón.

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EFICACES Y DURABLES

- Es posible aplicar las técnicas tradicionales orientales en madera a la arquitectura actual, consiguiendo resultados que resulten atractivos y contemporáneos.

SE PUEDEN USAR TÉCNICAS TRADICIONALES EN OBRAS ACTUALES

- Para lograr lo mencionado en el apartado anterior, es necesario un estudio muy detallado de las necesidades del proyecto y conocer a fondo las técnicas tradicionales.

NECESIDAD DE UN CONOCIMIENTO PROFUNDO DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES

- La amplia distancia que separa la arquitectura oriental de la occidental reside en las necesidades de las respectivas culturas y en la existencia de sus recursos locales.

GRAN DIFERENCIA ENTRE ARQUITECTURA ORIENTAL Y OCCIDENTAL

- Tradición y modernidad son dos conceptos que están ampliamente ligados, dependiendo el segundo del primero.

VÍNCULO ENTRE TRADICIÓN Y MODERNIDAD

- Sin embargo, la aparición de nuevos materiales y la influencia de otras culturas en la oriental está provocando que tradición y modernidad se encuentren, cada vez, menos relacionados.

INTERFERENCIAS ENTRE CULTURAS

Con todo, se concluye que la madera es un material con infinidad de posibilidades en las construcciones del mundo contemporáneo. La combinación de las técnicas tradicionales con los nuevos avances constructivos ofrece la posibilidad de utilizar este material en cualquier campo de la arquitectura.

8. BIBLIOGRAFÍA

Arnal, A. (2017) *Modulación y Espacio En La Casa Tradicional Japonesa: Aplicaciones Para El Proyecto Arquitectónico Contemporáneo*. Trabajo Final de Grado. Universidad Politécnica de Valencia

Bognar, B. (2005) *Kengo Kuma : Selected Works*. New York: Princeton Architectural Press

Bussagli, M. (1974) *Arquitectura oriental*. Madrid: Aguilar

Depetris, L. (2017) *Tipología y construcción en la casa tradicional japonesa: Aplicaciones Para El Proyecto Arquitectónico Contemporáneo*. Trabajo Final de Grado. Universidad Politécnica de Valencia

DnA (2015) *Desing and Architecture*. Disponible en: <http://cort.as/-NZSh> [Consultado 15-07-19]

Frampton, K. (2018) *Kengo Kuma : Complete Works*. 2nd ed. London: Thames & Hudson

Martínez, J. (2018) *Madera en altura*. Trabajo Final de Grado. Universidad Politécnica de Madrid

Masson, A. (2015) *Viajes de arquitectos occidentales a Japón*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Matsui, G., Sumiyoshi, T. (1990) *Wood joints in classical japanese architecture*. 2nd ed. Japan: Kajima Institute Publishing

Noboru, K. (1990) *La arquitectura de Japón*. Tokyo: International Society for Educational Information

Plataforma arquitectura (2015) *Plataforma arquitectura*. Disponible en: <http://cort.as/-NZSy> [Consultado 27-06-19]

San Vicente, G. (2016) *Pagoda de Yingxian*. Trabajo Final de Grado. (n.d.)

Tectónica (n.d.) *Tectónica Blog*. Disponible en: <http://cort.as/-NZT> [Consultado 06-07-19]

YouTube (2015) *Escuela de Arquitectura UNAV*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=VRavRUffotA&t=596s> [Consultado 15-07-19]

Zwenger, K., Olgiati, V. (2012) *Wood and Wood Joints : Building Traditions of Europe, Japan and China*. Basel/Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH

