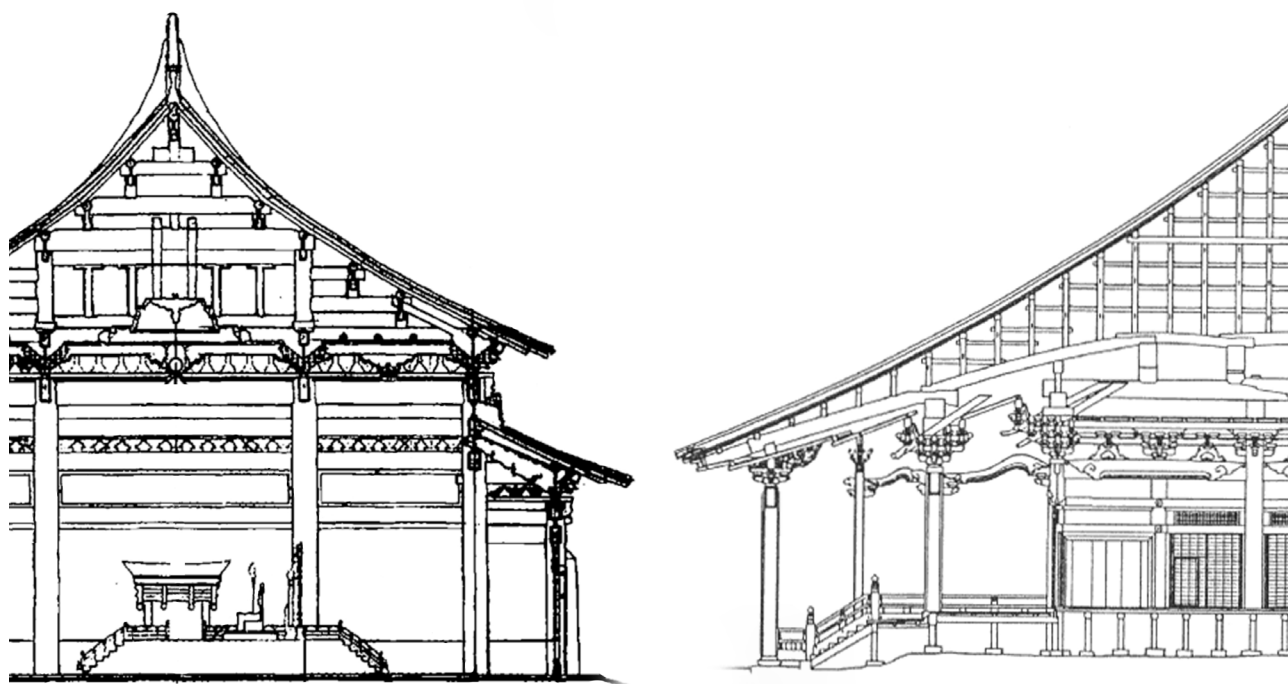


TRADICIÓN EN DIÁLOGO

IDENTIDAD DE UNA CULTURA HEREDADA



Autor: Junling Xu

Tutor: José Ramón Gámez Guardiola

Aula TFG 3
Otoño 2024-2025

Escuela Técnica Superior de la Arquitectura
Universidad Politécnica de Madrid

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

Junling Xu

**TRADICIÓN EN DIÁLOGO
IDENTIDAD DE UNA CULTURA HEREDADA**

TRADICIÓN EN DIÁLOGO

IDENTIDAD DE UNA CULTURA HEREDADA

ESTUDIANTE

XU, JUNLING

TUTOR

JOSÉ RAMÓN GÁMEZ GUARDIOLA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA ARQUITECTÓNICA

AULA TFG 3

COORDINADORA: CANOSA BENÍTEZ, SILVIA

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS

ADJUNTA: DE CÁRDENAS MAESTRE, ISABEL

DEPARTAMENTO DE COMPOSICIÓN ARQUITECTÓNICA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE MADRID

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ÍNDICE

Resumen	3
Motivación	7
Introducción	9
Transformaciones de la herencia cultural china en la arquitectura japonesa	12
Sistemas estructurales de arquitectura tradicional china y japonesa	19
Similitudes y diferencias de las estructuras de entramado de madera en las cubiertas	
Pares	23
Hanegi	27
Similitudes y diferencias de los capiteles de apoyo (Dougong)	29
Dougong	
Proporción de los componentes del Dougong	32
Brazo de soporte de alero o canecillo (“Ang”)	37
Evolución del diseño hacia su simplificación	40
Conclusiones	42
Bibliografía	45
Procedencia de las ilustraciones	48

RESUMEN

Resumen

La arquitectura es un producto de la sociedad y la cultura humana, que refleja el estilo de vida, el clima, la historia y la cultura de una determinada región. La arquitectura japonesa está profundamente influenciada por la arquitectura china en términos de conceptos y técnicas de construcción. Esta influencia se refleja principalmente en las formas estructurales, detalles decorativos y distribución del espacio. La arquitectura japonesa temprana, como los templos del período Nara, claramente tomó referencia de la arquitectura china de la dinastía Tang, como estructuras de capiteles, diseños de techos y sistemas de marcos de vigas. Al mismo tiempo, el énfasis de la arquitectura china en el orden jerárquico y la estética también tuvo un profundo impacto en la arquitectura japonesa, como el diseño de los aleros, la decoración pintada y la solemnidad del espacio arquitectónico. Sin embargo, mientras absorbía estas influencias, Japón combinó con su propio entorno natural, estética cultural y necesidades de vida para formar gradualmente un estilo arquitectónico único que es más simple y ligero y se centra en la integración de la naturaleza y el espacio. Este artículo pretende comparar las estructuras arquitectónicas de China y Japón y explorar las diferencias en las estructuras de capiteles y sistemas de marcos de vigas entre China y Japón bajo la influencia de diferentes culturas nacionales.

Palabras claves: Arquitectura, China, Japón, Estructura, Tradicional

MOTIVACIÓN

Esta investigación se originó a partir de la exploración de la herencia cultural. Como todos sabemos, la arquitectura tradicional china y japonesa, como representantes de la cultura oriental de Asia, no sólo encarna la artesanía y las búsquedas estéticas de sus respectivos países, sino que también conlleva la adaptación al medio natural y expresión de conceptos culturales de los dos países.

La arquitectura tradicional japonesa ha estado muy influenciada por la arquitectura china, especialmente durante el período Nara, con una gran cantidad de referencias desde materiales, técnicas hasta estilos. Sin embargo, con el tiempo, Japón desarrolló gradualmente su propio sistema arquitectónico único.

Debido al amplio ámbito de la herencia cultural china en Japón, este trabajo solo centrarse en estudiar las similitudes y diferencias en las estructuras en las arquitecturas tradicionales de los dos países, lo que puede ayudar a aclarar la herencia y la innovación en los intercambios culturales, y puede ayudarnos a distinguir entre la arquitectura tradicional china y la arquitectura tradicional japonesa.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, los intercambios culturales entre China y Japón tienen una larga historia y la relación entre ellos es compleja. A pesar de la separación geográfica entre Japón y china por el mar, la profunda herencia de la civilización china ha afectado a todos los aspectos de Japón a través de diferentes medios. Japón ha introducido una gran cantidad de elementos culturales de China y los ha transformado para formar una cultura propia única. Desde la introducción de los caracteres chinos hasta la herencia del confucianismo, junto con la profunda integración de la religión, el arte, la artesanía y otros campos, el aprendizaje cultural mutuo entre China y Japón incluye no sólo el aprendizaje y la absorción, sino que también se mezcla inevitablemente con la imitación e incluso rastro de “plagio”. Especialmente durante las dinastías Sui y Tang, cuando China era fuerte, los gobernantes de Japón recuperaron un gran número de logros culturales avanzados de China a través de misiones diplomáticas, y absorbieron el sistema ideológico y las costumbres culturales de China a gran escala, que se convirtió en la base de su rápido desarrollo.

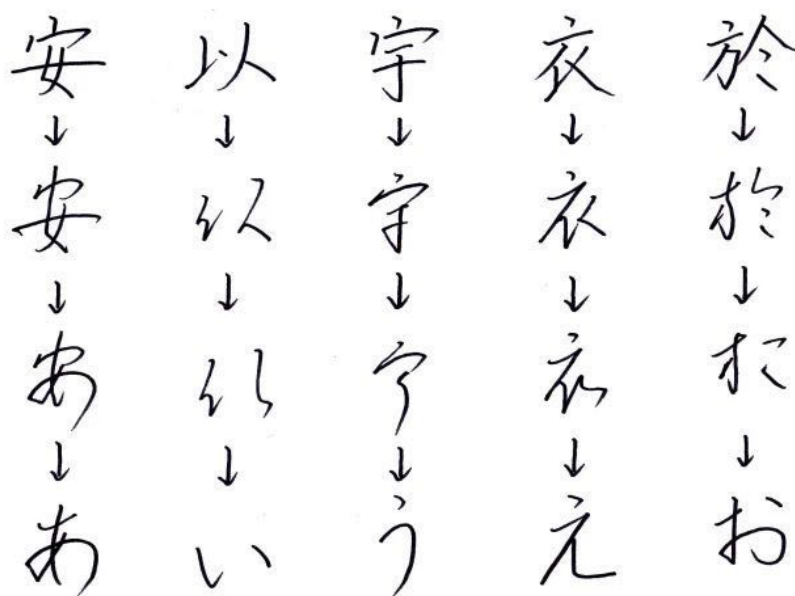


Figura 1: Evolución gráfica de kana japonés

La introducción de la escritura fue uno de los factores importantes para el inicio de los intercambios culturales entre China y Japón. El sistema de escritura japonés fue trasplantado casi directamente de los caracteres chinos y se adaptó para desarrollar hiragana y katakana únicos. En el siglo V d.C., Japón introdujo indirectamente el sistema de caracteres chinos a través de la península de Corea. Posteriormente, bajo el estudio y la promoción a gran escala de los enviados chinos durante la dinastía Tang, los japoneses adoptaron los caracteres chinos como una herramienta importante para registrar sus pensamientos, ideas y difundir la cultura. Los caracteres chinos influyeron el establecimiento del sistema de escritura japonés y tuvieron un impacto en el sistema social, sistema legal y la expresión literaria. Una gran cantidad

de obras clásicas chinas fueron traducidas e introducidas en Japón, mientras que los textos clásicos budistas se convirtieron en el interés de los eruditos japoneses. El confucianismo se extendió gradualmente en Japón. Se convirtió en la base de la filosofía de gobierno del país e influyó en el sistema político y el paisaje cultural de Japón. Actualmente, todavía se pueden encontrar rastros del confucianismo en la cultura japonesa.

Al mismo tiempo, en el ámbito artístico, el sistema estético japonés también está profundamente influenciado por China. La caligrafía, la pintura, la música y otras formas culturales y artísticas de la dinastía Tang han sido admiradas por Japón por sus exquisitas habilidades y profundas connotaciones ideológicas. Después de que los enviados japoneses de la dinastía Tang regresaron a su país, comenzaron a imitar una gran cantidad de formas y estilos de poesía china, e incluso tradujeron y citaron directamente poesía china, formando gradualmente la literatura waka exclusiva de Japón. Este tipo de préstamo cultural no se consideraba “plagio” en ese momento, sino como una forma de aprendizaje y herencia cultural. Sin embargo, con el tiempo, esta profunda referencia cultural evolucionó gradualmente en un tema de discusión sobre la singularidad y la innovación de la cultura japonesa.

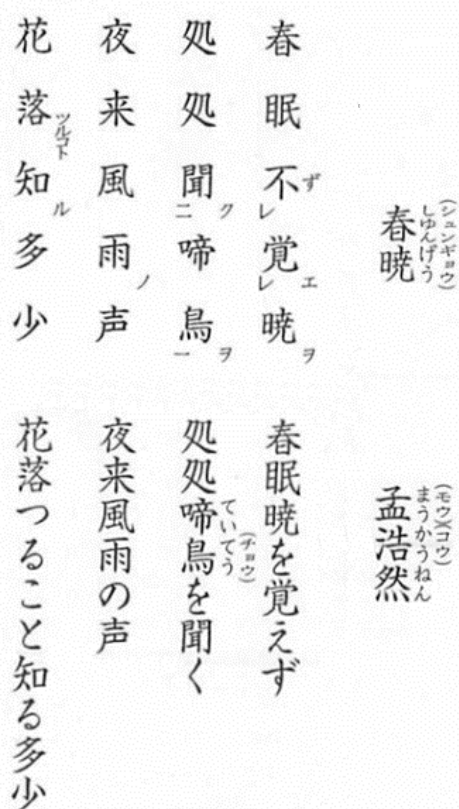


Figura 2: Poema chino traducido en japonés

La referencia y la imitación culturales no se limitan a los campos del pensamiento, la escritura o el arte. Lo más simbólico es la herencia y cambio de estilo arquitectónico. Los historiadores y estudiosos de la arquitectura han notado durante mucho tiempo las similitudes entre los estilos arquitectónicos chino y japonés, especialmente en el diseño de los antiguos palacios, templos y pagodas japoneses, la sombra de la arquitectura china se puede ver en todas partes. Cuando la arquitectura china alcanzó su apogeo en la dinastía Tang, Japón introdujo los conceptos de diseño arquitectónico de aquella época a gran escala y los mejoró de acuerdo con las necesidades locales, pero la forma

estructural central y la orientación estética todavía estaban profundamente arraigadas en la arquitectura tradicional china.

La arquitectura de la dinastía Tang marca un hito significativo en la historia de la arquitectura china. Tiene alturas incomparables en términos de tecnología, forma y expresión ideológica. Las características de la arquitectura de la dinastía Tang incluyen cornisas imponentes, ménsulas ornamentadas y formas de techo altamente estéticas. Estos diseños no solo fueron muy populares en China, sino que también tuvieron un profundo impacto en la arquitectura japonesa a través de la difusión de enviados.

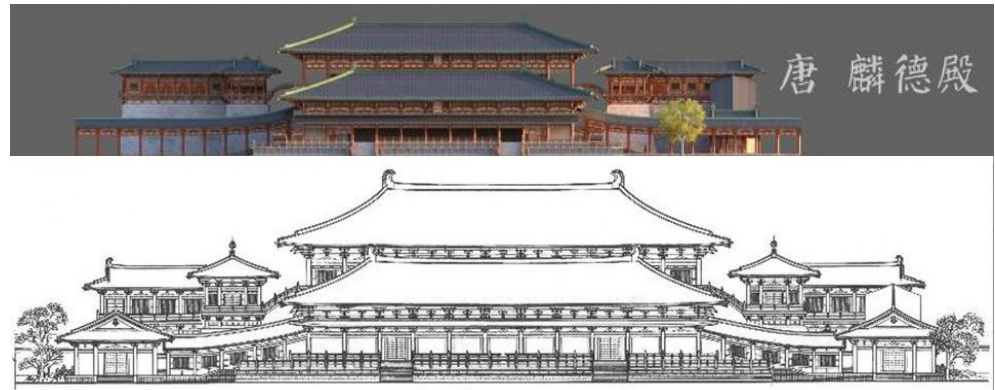


Figura 3: Palacio Linde, uno de los palacios Daming de la dinastía Tang



Figura 4: Tōdai-ji, Templo budista en Nara, Japón

Los antiguos tesoros arquitectónicos de Japón, como el templo Todaiji en Nara y el templo Kiyomizu en Kioto, muestran claramente influencias por el estilo arquitectónico de la dinastía Tang en China, tanto en la forma del techo, la disposición de las columnas como la sensación general del espacio. Como continuación de la cultura arquitectónica china, Japón absorbió una gran cantidad de elementos de diseño de la arquitectura china durante el apogeo de la dinastía Tang, e incluso copió directamente los estilos de palacios y templos de la dinastía Tang en algunos edificios. Esta referencia no sólo se refleja en una única estructura del edificio, sino también en el trazado urbanístico y palacios.

Una de las influencias más conocidas proviene del templo Foguang de la dinastía Tang de China. Dado que es una estructura de madera más antigua existente y relativamente bien conservada de la dinastía Tang en China, el templo Foguang refleja el alto desarrollo en tecnología arquitectónica de esa época, y su distribución y diseño estructural proporcionan un modelo para generaciones posteriores. El templo Kiyomizu-dera en Kioto está construido contra la montaña y tiene voladizos en cascada, es una imitación directa y una innovación propia de la forma arquitectónica de los templos de montaña de la dinastía Tang. Además, el diseño arquitectónico general del templo Kiyomizu-dera y la sensación espacial del templo reflejan el énfasis de la dinastía Tang en integrar la arquitectura con el entorno natural. Este concepto de integrar arquitectura y naturaleza influyó profundamente en el estilo arquitectónico posterior de los templos de Japón y se convirtió en la encarnación de las ideas del “dolor monumental” y el “zen” en la estética arquitectónica japonesa.

En resumen, gracias a la influencia del estilo arquitectónico de la dinastía Tang, la antigua arquitectura japonesa heredó tanto los avances técnicos como los ideales estéticos de la arquitectura china, desarrollando gradualmente un estilo arquitectónico tradicional japonés propio a través de una interpretación única del entorno natural. No obstante, la gran cantidad de referencias e imitaciones en este proceso también proporciona un tema complejo para la investigación histórica: en el proceso de desarrollo de la cultura arquitectónica japonesa, ¿dónde está el límite entre la herencia de la cultura china y la innovación local? Este fenómeno de profunda integración y “plagio” puede ser una propuesta que motive la reflexión en la larga historia de la cultura oriental de Asia.

TRANSFORMACIONES DE LA HERENCIA CULTURAL CHINA EN LA ARQUITECTURA JAPONESA

El desarrollo histórico de la arquitectura japonesa, especialmente los antiguos palacios y templos, ha sido influenciado significativamente por el diseño y los conceptos arquitectónicos chinos. A medida que los enviados enviados a la dinastía Tang trajeron de vuelta una gran cantidad de esencia cultural china, el diseño arquitectónico, el Feng Shui y el uso del espacio, se integró gradualmente en la arquitectura japonesa. Los principios fundamentales de la arquitectura china destacan la simetría axial y el orden jerárquico. Ya sea un palacio, un templo, una residencia o el diseño de una ciudad, todos están

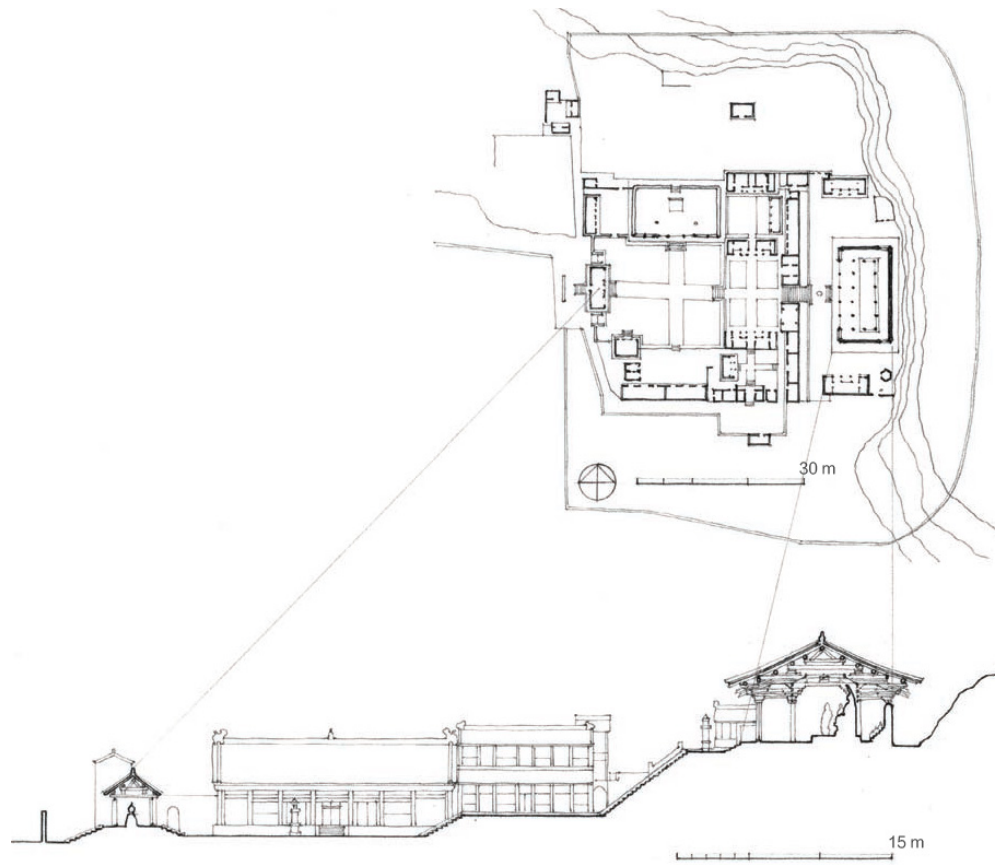


Figura 5: Templo Foguang, del libro “A Pictorial History Of Chinese Architecture, 2001”

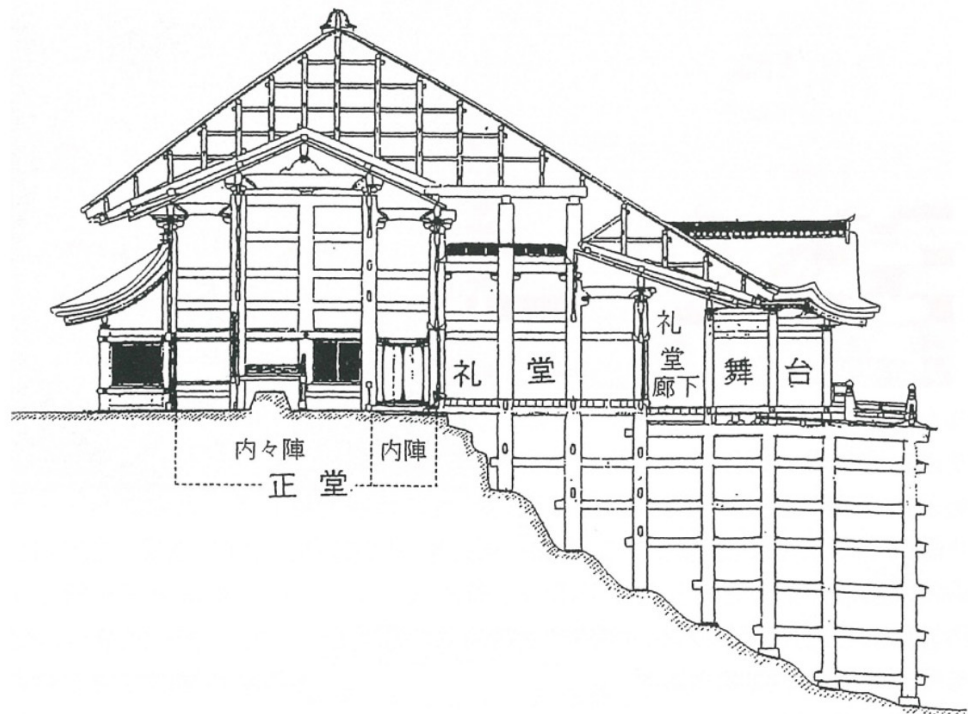


Figura 6: Kiyomizu-dera

planificados de acuerdo con un estricto eje central para garantizar que el edificio principal sea visualmente destacado y atractivo. Representa autoridad y emblema de la pureza. Este concepto de distribución tuvo un profundo impacto en el diseño del palacio imperial, los templos y las residencias nobles de Japón.

Una característica fundamental del diseño arquitectónico chino es el uso de amplios patios para realzar el sentido de jerarquía y ritual en el espacio. La arquitectura se combina armoniosamente con el paisaje natural, formando un sistema completo que combina funcionalidad y estética. Por ejemplo, los complejos palaciegos de China, tales como el Palacio Daming de la dinastía Tang en Chang'an y los palacios Sui y Tang en Luoyang, están todos organizados alrededor del eje principal, enfatizando que los edificios en el eje central son el núcleo de todo el grupo de edificios, y los edificios circundantes están dispuestos en secuencia según su función y jerarquía. Este diseño no es sólo la planificación del espacio físico, sino también un símbolo de jerarquía social, expresando las profundas connotaciones culturales y políticas detrás de la arquitectura.

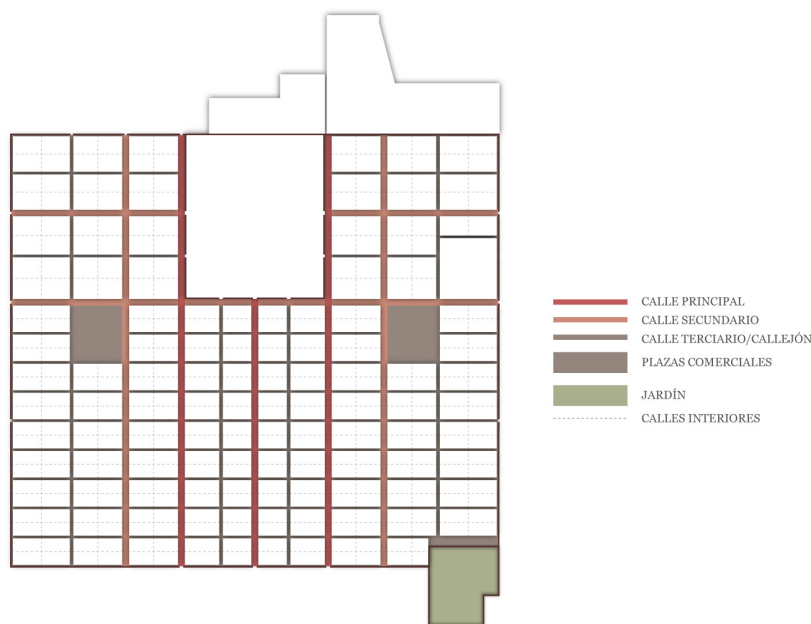


Figura 7: Elaboración propia. Palacio Daming de la dinastía Tang en Chang'an, 634-896 d.C.

Cuando Japón absorbió estos conceptos de diseño, aunque no los reprodujo por completo, pero llevó a cabo una significativa transformación local. La planificación de capitales antiguas como Heijo Kyo en Nara y Heian Kyo en Kioto imitaron a la ciudad de Chang'an en la dinastía Tang en China. También adoptaron una estructura urbana cuadrada y organizaron palacios, templos y edificios oficiales importantes en el eje central. Sin embargo, en comparación con China, la arquitectura japonesa es más delicada en su combinación de espacio y entorno natural. La comprensión única de los arquitectos japoneses sobre los paisajes naturales les hace prestar más atención a la armonía con las montañas y ríos cercanos en su diseño, con el fin de buscar una expresión estética más detallada.

La disposición arquitectónica de los templos japoneses refleja particularmente

Figura 8: Elaboración propia. Heijōkyō de Nara, 710-794 d.C.

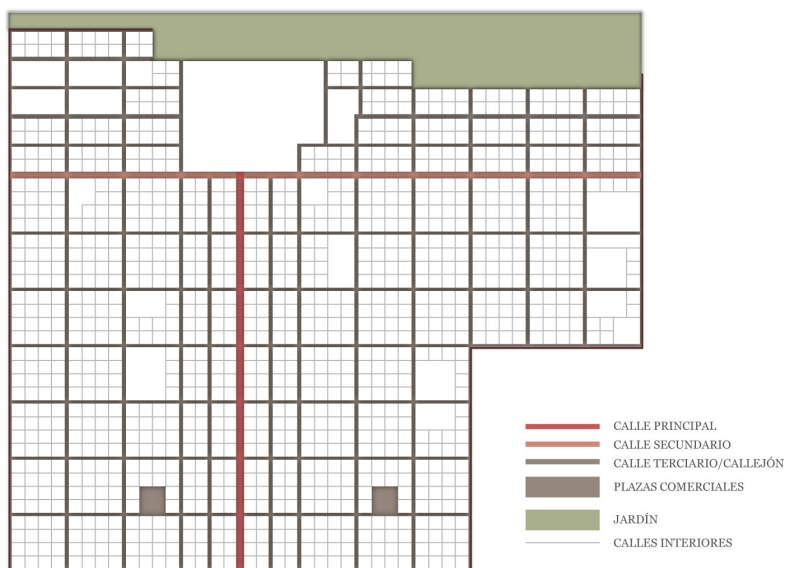
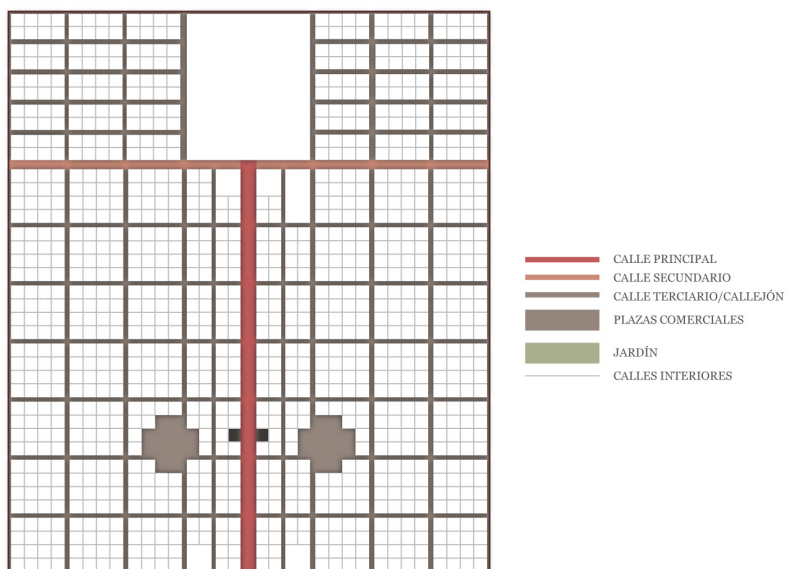


Figura 9: Elaboración propia. Heian Kyo de Kioto, 794-1868 d.C.



esta fusión. Como ejemplo el templo Kiyomizu-dera en Kioto, aunque su diseño de construcción en la montaña y ascenso paso a paso está inspirado en la arquitectura del templo de montaña de la dinastía Tang en China, su diseño presta más atención a la combinación del edificio con el entorno natural, formando una especie de integración de montañas y ríos, paisajes armoniosos que muestran la belleza natural. Este concepto de simbiosis entre arquitectura y naturaleza se desarrolló en muchos edificios religiosos posteriores en Japón, formando un marcado contraste con el concepto de diseño simétrico y regular de la arquitectura tradicional china.

Por lo tanto, se puede decir que el diseño arquitectónico compositivo japonés no sólo hereda el gran impulso y el sentido de orden de la arquitectura china, sino que también desarrolla un concepto único de integración de la naturaleza sobre esta base. Esto hace que los palacios, templos y otros complejos de edificios japoneses sean estructuralmente similares a los chinos y a la vez muestra el espíritu innovador localizado.

La distribución espacial de la arquitectura japonesa refleja la referencia y la innovación de la cultura china en los grandes palacios y templos, también esta influencia se muestra en el diseño residencial. Especialmente en la casa con patio chino, un modelo residencial tradicional típico, podemos ver que muchos conceptos se absorben e integran indirectamente en el diseño residencial tradicional japonés, como las casas machiya y las casas de estilo japonés, que demuestran la comprensión común del espacio familiar, la cultura del patio y la integración natural entre los dos países.

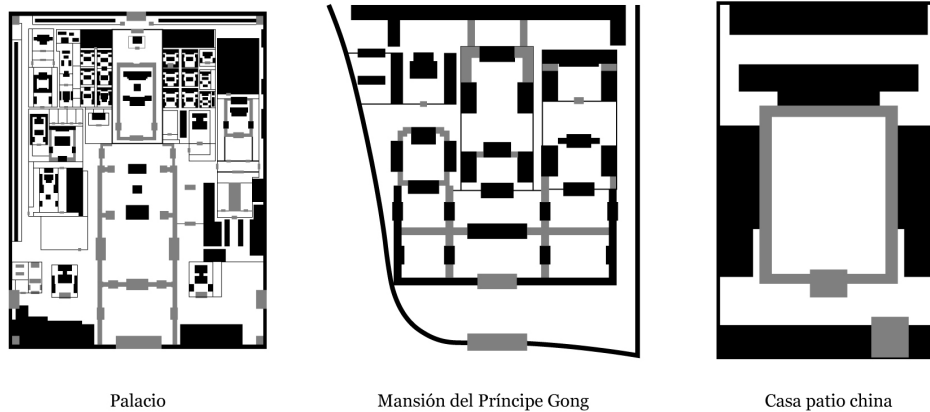


Figura 10: Elaboración propia. Tipología de casas chinas.

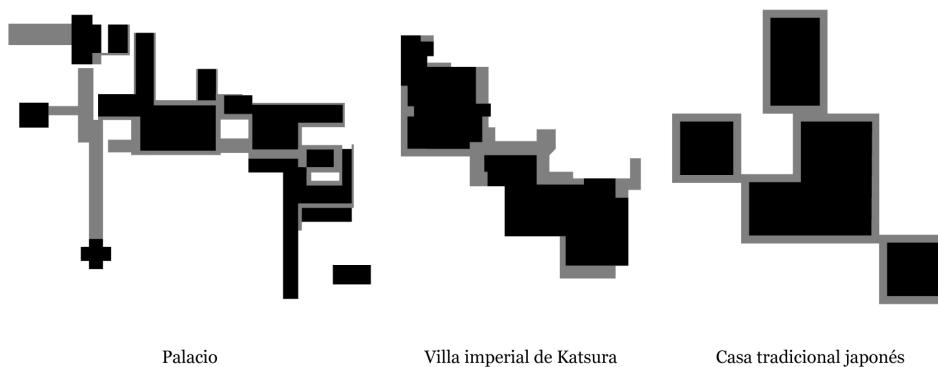


Figura 11: Elaboración propia. Tipología de casas japonesas.

La casa de patio china es un diseño introvertido formado alrededor de un patio, enfatizando el cierre, la privacidad y la armonía. Las casas en los cuatro lados forman un patio central, formando un área central de la vida familiar. La estructura axisimétrica asegura la jerarquía y el orden de la vida de los miembros de la familia. La casa principal está ubicada en el lado norte, y las habitaciones del ala están ubicadas en los lados este y oeste. Esta disposición del eje tiene en cuenta el estatus social de la familia, y aprovechando al máximo el entorno natural, especialmente en la iluminación, ventilación y protección contra el viento. El diseño del patio no es sólo la disposición del espacio físico de vida, sino también un reflejo directo de la ética familiar y la jerarquía del confucianismo.

Aunque las casas tradicionales japonesas no reproducen completamente el diseño simétrico del eje central de la casa con patio, en ciertos aspectos se puede observar que el concepto de diseño de la casa con patio tiene una sutil influencia en los edificios residenciales japoneses. Por ejemplo, las casas tradicionales japonesas enfatizan la comodidad y privacidad de la vida familiar a través de la combinación de arquitectura y patios, lo que refleja el concepto

de diseño de patio central en las casas con patio. A pesar de que la machiya en Kioto presenta una forma larga y estrecha, con un espacio comercial en el frente y un área residencial en la parte trasera, también contiene un pequeño patio en el medio. Este patio proporciona iluminación y ventilación, y se convierte en el centro de actividades familiares. Al igual que las casas con patio, los patios también desempeñan un papel de amortiguación y conexión espacial en las casas japonesas, creando una combinación armoniosa de naturaleza y vida.

Además, la casa con patio china se centra en el uso flexible del espacio, conectando varias habitaciones a través de pasillos y terrazas, por un lado, garantiza la privacidad de los miembros de la familia, por otro lado mejora la adaptabilidad del espacio. Las puertas corredizas de papel (shoji) y los tabiques de madera de las casas tradicionales de estilo japonés tienen funciones similares y pueden ajustar de manera flexible el tamaño y el uso del espacio interior, haciendo la vida familiar más flexible. Este concepto de diseño es sin duda una continuación y localización de la flexibilidad del espacio del patio. Tanto las casas con patio chinas como las casas tradicionales japonesas utilizan la galería como una conexión del interior al paisaje, pero la de China abre el espacio hacia el patio interior, y la de Japón da al paisaje exterior. A consecuencia de estas dos diferentes composición arquitectónica, da dos imagen arquitectónica diferente. En las casas chinas tiene una imagen de arquitectura fondo paisaje, mientras que en Japón, el paisaje actúa como el fondo de la arquitectura.

ARQUITECTURA COMO EL FONDO DEL PAISAJE | Casas con patio chinas



PAISAJE COMO EL FONDO DE LA ARQUITECTURA | Casas tradicionales japonesas

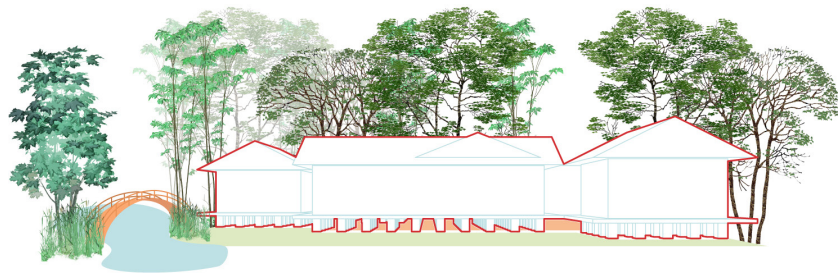


Figura 12: Elaboración propia. Imagen arquitectura china y japonés.

Las casas tradicionales japonesas también está profundamente relacionado con el Feng Shui, lo que en Japón se llama aspecto hogareño. Aunque el Feng Shui japonés difiere en la forma, su idea central aún enfatiza la simbiosis armoniosa entre el hombre y la naturaleza. Esta filosofía influyó en la ubicación, orientación y distribución de las habitaciones de las casas japonesas. Por ejemplo, las casas tradicionales japonesas prestan especial atención a la orientación de la casa. Se considera que las casas orientadas

al sur pueden obtener mejores condiciones de iluminación y ventilación, lo que es consistente con el principio del Feng Shui chino de que “las casas buenas deben mirar hacia el sol”. El concepto de “tsubo” de paisaje natural se introduce en las casas populares japonesas y se utilizó ampliamente. Es similar a la casa patio china y también puede verse como una respuesta a la cultura del patio chino. Aunque “tsubo” es de menor escala, su función es similar a la del patio central en una casa con patio, que es introducir elementos naturales en un entorno de vida cerrado y acercar la vida familiar a la naturaleza. Esta idea de mediar en la relación entre arquitectura y naturaleza a través de patios se refleja en las casas con patio chinas, y también tiene una nueva interpretación en la cultura residencial japonesa. El Feng Shui cree que los patios pueden “reunir Qi” y hacer que el ambiente familiar sea armonioso. La existencia de “tsubo” es la encarnación de este concepto.

En general, aunque el diseño de las casas tradicionales japonesas y las casas con patio chinas es diferente, existen similitudes obvias entre las dos en su comprensión de los patios, la flexibilidad espacial y la comodidad de vida. El concepto de diseño del patio proporciona una base ideológica importante para el diseño residencial japonés, y Japón ha desarrollado un sistema residencial único de estilo japonés a través de la innovación localizada de estos conceptos. Entre ellos, la idea del Feng Shui está presente, no sólo desempeñando un papel en palacios y edificios religiosos, sino también en el diseño de edificios residenciales para crear un ambiente ideal para que los residentes convivan en armonía con la naturaleza.

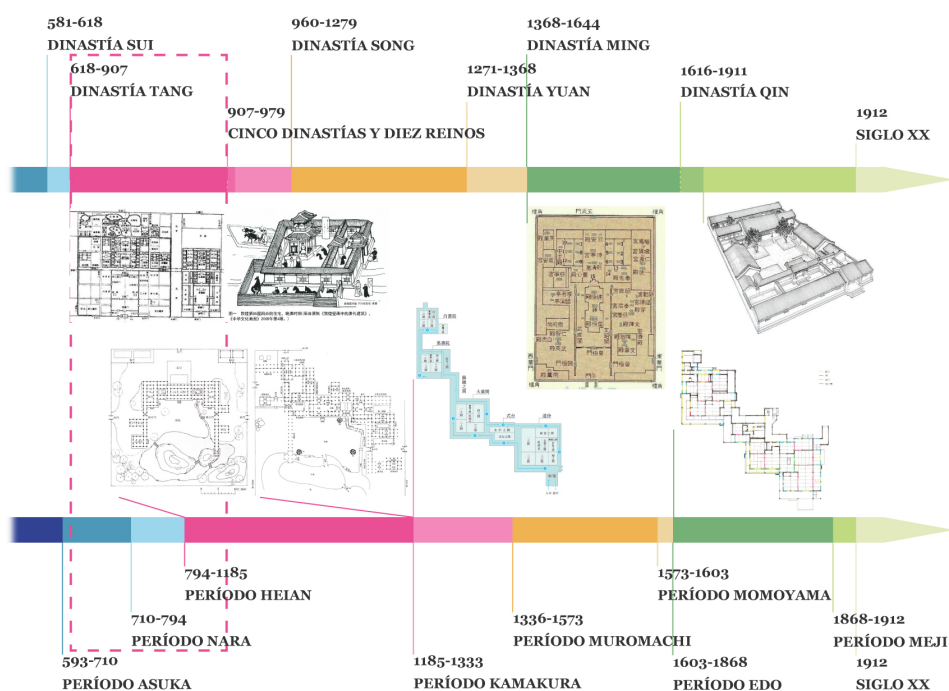


Figura 13: Elaboración propia. Evolución de las casas tradicionales chinas y japonesas.

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ARQUITECTURA TRADICIONAL CHINAS Y JAPONESAS

Durante el análisis de la influencia de la arquitectura tradicional japonesa en el estilo arquitectónico de la dinastía Tang de China, la diferencia en la estructura arquitectónica es un punto clave que no se puede ignorar. Como importantes representantes de la cultura arquitectónica del este de Asia, los edificios tradicionales chinos y japoneses tienen sistemas estructurales que no sólo demuestran características regionales sino que también reflejan intercambios culturales que se influyen mutuamente durante su desarrollo histórico. La arquitectura antigua china es destacada por sus magníficas formas arquitectónicas y estructuras complejas y sofisticadas, mientras que la arquitectura antigua japonesa es reconocida por su diseño de marco ligero y flexible y su integración con la naturaleza. Tomando como ejemplo los capiteles y los marcos estructurales, aunque la arquitectura japonesa adoptó una gran cantidad de técnicas de la arquitectura de la dinastía Tang, se observaron importantes ajustes de localización en aplicaciones específicas.

SIMILITUDES Y DIFERENCIAS DE LAS ESTRUCTURAS DE ENTRAMADO DE MADERA DE LAS CUBIERTAS

En términos de marcos estructurales, los edificios de la dinastía Tang en China adoptaron ampliamente estructuras de vigas elevadoras y de vigas pasantes, centrándose en distribuir las cargas mediante el entrecruzamiento de la madera. Al absorber esta tecnología, la arquitectura japonesa presta más atención a la flexibilidad y ligereza del marco. Por ejemplo, la arquitectura tradicional japonesa utiliza maderas más claras y diseña casas que son más fáciles de desmontar y reconstruir. Por un lado, este diseño se adapta al entorno natural japonés propenso a los terremotos y, por otro lado, también refleja el concepto de “impermanencia” en la cultura japonesa.

La estructura de marcos de vigas de la arquitectura tradicional china enfatiza la simetría y la integridad. La cubierta se distribuye en capas a través de vigas, correas, pares, colmillo (枋 “Fang”, también conocido como Nuki) y otros componentes, formando un complejo sistema portante. Por lo general, el “estilo de elevación de vigas” y el “estilo de vigas pasantes” son los principales. El estilo de vigas elevadoras es común en grandes palacios y edificios de templos, mientras que el estilo de vigas pasantes se utiliza principalmente en edificios pequeños y residenciales. La arquitectura de estilo chino presta más atención al sentido de estratificación del edificio, las vigas avanzan nivel por nivel en dirección vertical, desde los pilares hasta las vigas y luego hasta el techo, creando un impulso majestuoso y magnífico.

En comparación con los edificios tradicionales japoneses, las estructuras de marcos de vigas de estilo japonés son más ligeras, se centran en el desarrollo horizontal en lugar de los niveles verticales y, en general, son más simples. El techo está soportado directamente por vigas y columnas, lo que reduce la complejidad de los componentes. Generalmente se utiliza una estructura simple de “vigas y pilares”, con menos capas, enfocándose en reducir el peso de la cubierta y mejorar el desempeño sísmico. La disposición de macos de vigas de estilo japonés enfatiza una sensación de espacio interior abierto, y muchos edificios mantienen la ligereza y flexibilidad a través de estructuras en voladizo o disposiciones de vigas simples.

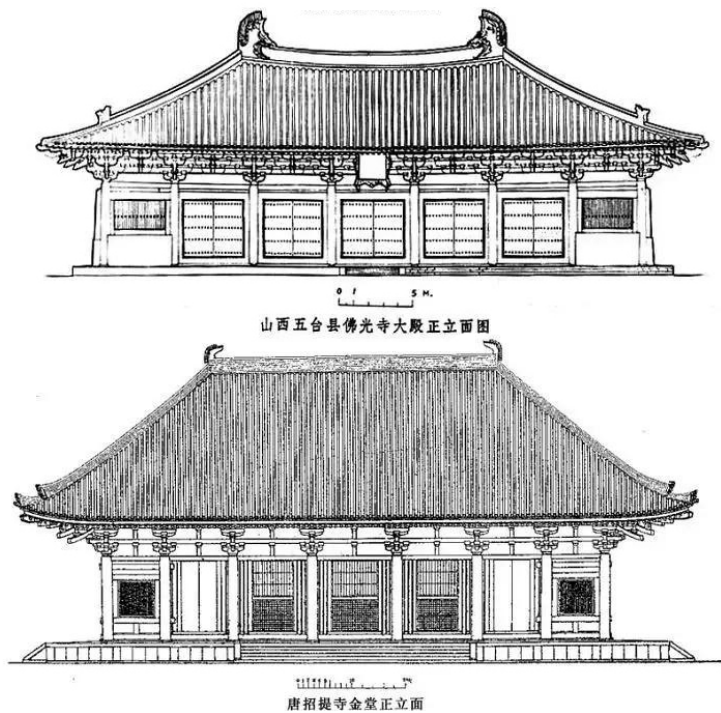


Figura 14: Alzado Templo Foguang de China (arriba) y alzado Templo Toshodai-ji de Japón (abajo).

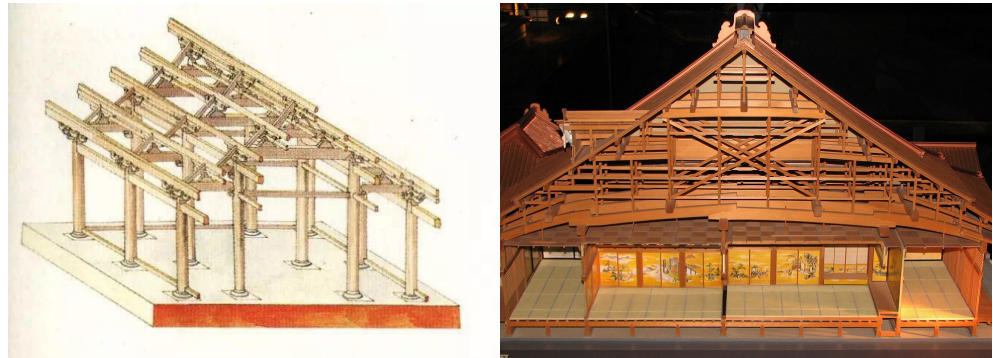
La diferencia más llamativa entre los edificios tradicionales chinos y japoneses es, en primer lugar, el tejado. En la impresión inherente de muchas personas, los techos de los antiguos edificios japoneses son más grandes que los techos de los antiguos edificios chinos y parecen más “abultados”. Esta diferencia se puede ver intuitivamente en la comparación entre el Salón Este del Templo Foguang en China y el Salón Dorado del Templo Toshodai en Japón.

Esta diferencia en el plegado del techo refleja la diferencia en la estructura interna de los edificios de madera entre los dos países. Es decir, las construcciones tradicionales de madera chinas son en su mayoría de estructura de “tipo viga elevadora” (抬梁式) o “tipo viga pasante” (穿斗式), mientras que las construcciones tradicionales de madera japonesas son en su mayoría de estructura de “grupo de entramados” (こやぐみ). Esta es la diferencia estructural entre los edificios tradicionales de madera chinos y japoneses, y es esta diferencia estructural la que conduce a los diferentes techos tortuosos.

La característica del marco de elevación de vigas de la arquitectura china tradicional es que en la capa de primer nivel horizontal en la parte superior del pilar o en la red de pilares, se colocan varias capas de vigas apiladas a lo largo de la dirección de profundidad del edificio. Las vigas se acortan según vaya subiendo de capa, y se rellenan columnas cortas o bloques de madera entre

las capas. Las pequeñas columnas o soportes triangulares de la viga superior forma una armadura de techo triangular. Entre los vanos adyacentes del marco estructural, se colocan correas en ambos extremos de cada capa de vigas y pequeñas columnas en el medio de la viga superior, y se colocan pares entre las correas para formar el esqueleto espacial de un edificio con techo de doble pendiente. El peso de la cubierta se transmite a los cimientos a través de vigas, correas, pares y columnas (cuando está Dougong, un elemento estructural característico de China, se las transmite a las columnas a través de él).

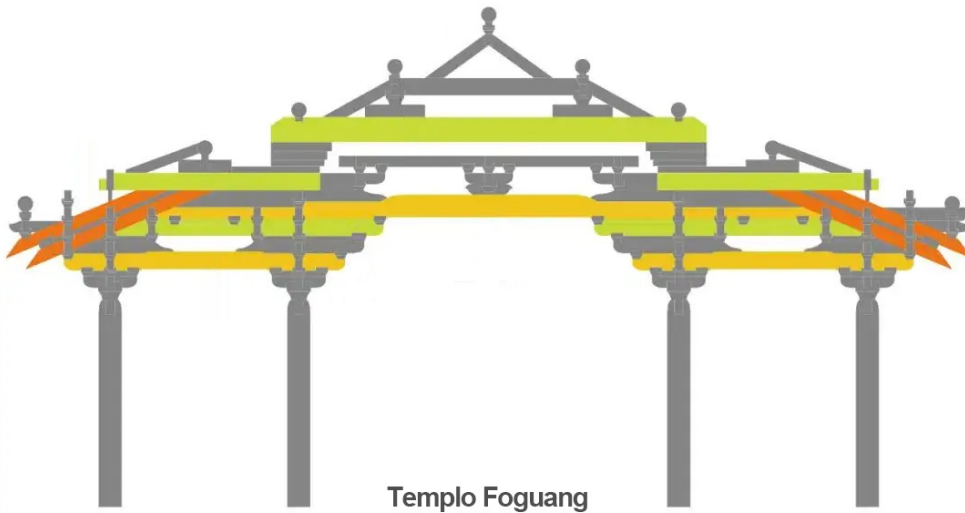
Figura 15: Estructura de vigas elevadoras de China (izquierda) y estructura de entramados (Koyagumi) de Japón (derecha).



Las características de la estructura de entramados en la arquitectura tradicional japonesa son similares a la estructura de celosía. Es un sistema de marco de madera empalmado en la parte superior de la columna o marco de vigas mediante tecnología de caja y espiga para soportar el peso del techo. El grupo de entramados incluye componentes como la cumbrera, entramados horizontales y verticales, la viga principal, los pares, etc., formando un sistema de carga de techo liviano. Los pares se extienden hacia abajo desde la cumbrera del tejado a lo largo de la pendiente, están dispuestas uniformemente y conectan los componentes del alero. La cumbrera del techo conecta los entramados horizontales y verticales para formar un marco de estructural triangular o en forma de rejilla, que permite que el peso del techo se transfiera uniformemente a los pilares.

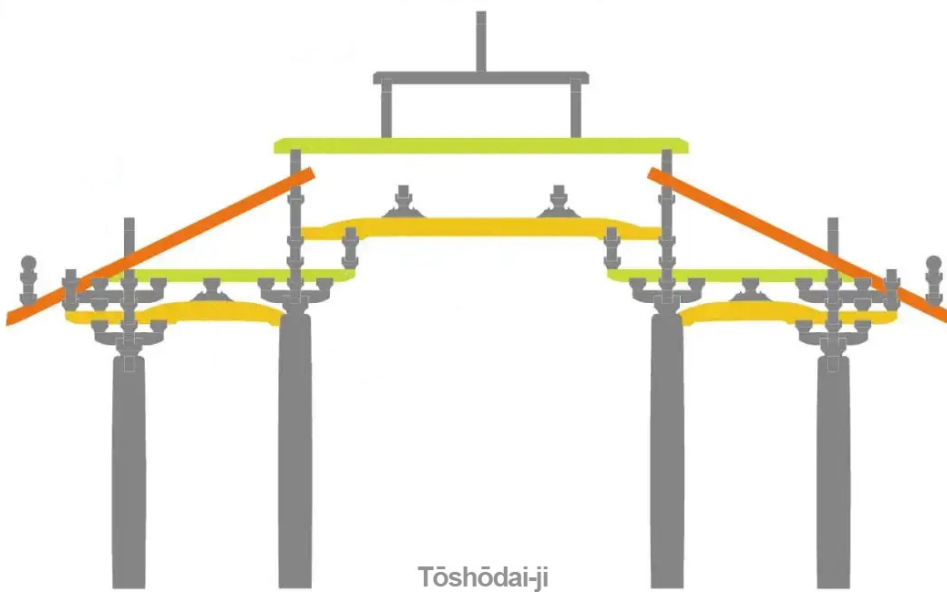
Al principio de esta herencia cultural arquitectónica, Japón también utilizó la estructura de elevación de vigas, tomando como ejemplo el templo Tōshōdai-ji, después de que el eminente monje Jianzhen de la dinastía Tang hiciera su sexto viaje a Japón, presidió la construcción del templo Tōshōdai-ji. El templo comenzó en el año 759 d.C. y se completó aproximadamente en el año 770 d.C. Después de su finalización, se sometió a tres reparaciones importantes en período Kamakura (1185-1333), Meiji (1868-1912) y Heisei (1989-2019). Se modificó la estructura del edificio y se reemplazaron los pilares. El techo del templo Tōshōdai-ji que se ve hoy en día ya no es lo que parecía cuando se construyó por primera vez. Cuando se construyó por primera vez, utilizó una estructura de vigas elevadas, la estructura era simple y clara, el techo era plano y las proporciones con el cuerpo del edificio eran apropiadas. Tiene cierta similitud con el templo Foguang en China.

Pero posteriormente, alrededor del siglo X, a medida que aumentaron las precipitaciones en Asia, tuvieron que sumentar la pendiente del techo para hacer frente al aumento de la cantidad de agua de lluvia. Los antiguos edificios de madera chinos adoptan un modo de elevación de viga reformado para adaptarse al cambio de ángulo y aumentar la pendiente del techo, ha cambiado



Templo Foguang

Figura 16: Estructura de Templo Foguang de China.



Tōshōdai-ji

Figura 17: Estructura de Templo Toshodai-ji de Japón.

la proporción profundidad-alto 1:2 a 1:3 o 1:4. En esencia, este método sigue siendo un cambio dentro del sistema de estanterías con vigas apiladas, que es más heredado que el enfoque japonés. Japón, por otro lado, combinó sus propias preferencias estéticas y derivó una gran cantidad de estructuras de “grupos de entramados” que utilizan estantes de madera superpuestos. De esta manera, se desarrollan y forman las características más significativas de los antiguos edificios de madera japoneses que son diferentes de los antiguos edificios de madera chinos: el techo es empinado y de forma más enorme. Tanto el marco estructural de vigas elevadas como la estructura de grupo de entramados tienen sus ventajas y limitaciones. El método de vigas elevadas ahorra madera, pero si desea construir un gran edificio, debe depender de madera grande. Sin embargo, la estructura de grupo de entramados puede confiar en las propias ventajas de Japón de elegir madera de tamaño pequeño y mediano que crece rápidamente y en abundancia para crear una estructura gigante.

Tomando como ejemplo el Salón Dorado del Templo Toshodai-ji, fue renovado durante el período Genroku (1688-1704) y se agregaron la estructura de

“grupo de entramados” y el “Hanegi” para agregar una estructura oculta, que aumentó la altura del techo en dos metros, se hizo más empinado y el edificio en su conjunto se adquirió un “cabeza grande” y proporciones desequilibradas.

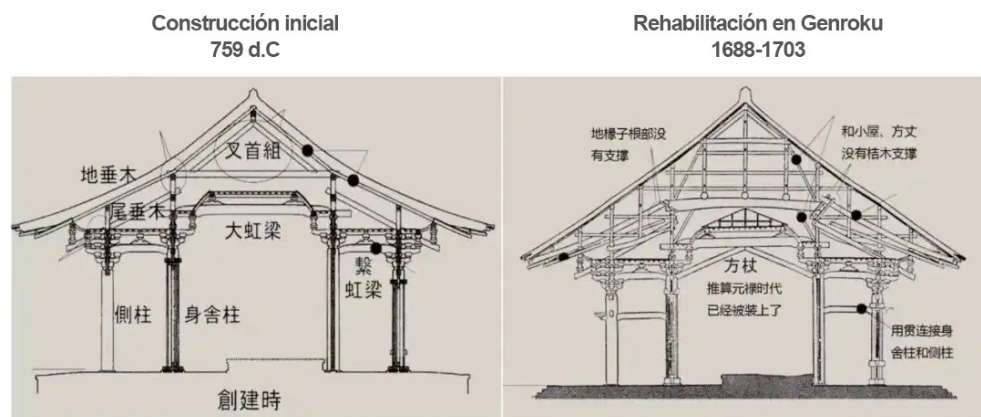


Figura 18: Evolución estructural de Templo Toshodai-ji de Japón.

PARES

Los pares, conocido como una viga inclinada, son tiras de madera densamente dispuestas sobre las correas y ortogonales a las correas, es decir, la dirección de los pares es consistente con la dirección de la mayoría de las vigas y se cruza con las correas y los colmillos (Nuki). Sin embargo, la colocación de las vigas es básicamente horizontal, es decir, las vigas son paralelas al suelo, mientras que los pares se colocan a lo largo de la pendiente de la parte superior del edificio y no son paralelas al suelo.

El tamaño y la longitud de los pares, como correas y colmillos (Nuki), dependen de las necesidades del volumen del edificio. Sin embargo, en un edificio, los pares son generalmente mucho más delgadas que las correas y los colmillos (Nuki). Esto se debe principalmente a que los pares están ubicadas por encima de las correas y los colmillos (Nuki) y están dispuestas densamente. Si el volumen individual es demasiado grande, aumentará la carga sobre la estructura inferior, lo que no favorece la estabilidad del edificio en su conjunto. Cada par está conectada de arriba a abajo, es decir, desde la cumbrera hasta el alero. Parece una única tira de madera, pero está formado por trozos de tiras conectados, cada par tiene un nombre diferente según su posición superior e inferior, incluye principalmente pares cerebrales, pares de marco, pares de alero, pares voladores, etc.

Hay dos formas de disponer los pares, pares radiales y pares paralelas. Los pares radiales significan que los pares están dispuestas radialmente hacia afuera basándose en la cumbrera del techo o en un cierto punto central, y se distribuyen en forma de abanico. El ángulo formado por los pares y las vigas angulares disminuye gradualmente de 45 grados a 2,5 grados. Es más flexible, puede adaptarse a los diferentes necesidades de curvaturas y formas poligonales de los techos, y es más estética, especialmente en pabellones o campanarios, la disposición de los pares radiales puede mejorar el sentido visual tridimensional y la concentración. Sin embargo, la construcción de pares radiales es más difícil, la longitud y el ángulo de cada par son diferentes, lo que requiere una medición y un corte precisos.

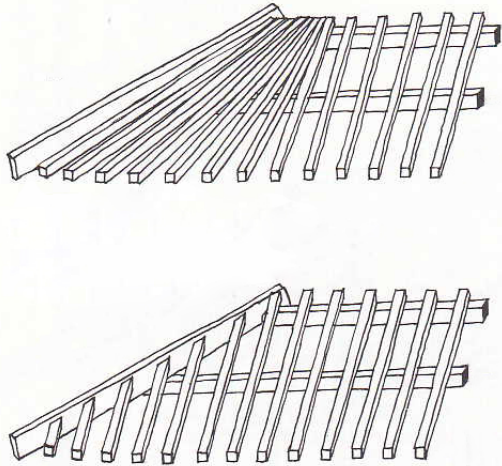


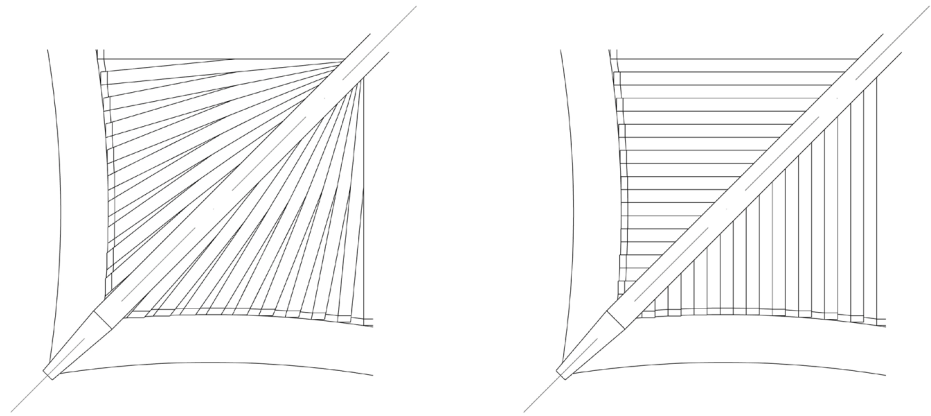
Figura 19: Pares radiales (arriba) y Pares paralelos (abajo).

Los pares paralelos son más prácticas que los pares radiales, persiguen la belleza de la uniformidad y la simetría. Los pares y las vigas angulares están dispuestas en paralelo y solo las longitudes se acortan en secuencia, los ángulos de todos los pares son básicamente los mismos. La posición de colocación de los pares solo necesita ajustarse de acuerdo con la pendiente del techo, lo cual es más conveniente, implica cálculos o cortes menos complicados y es adecuado para techos lineales de gran superficie. La eficiencia de construcción de los pares paralelos es alta y sus especificaciones son uniformes, lo que facilita el procesamiento y el mantenimiento. Tiene una gran funcionalidad, una capacidad de carga uniforme y es adecuado para transportar cargas de techo de gran superficie. Ayuda a que el agua de lluvia del techo fluya hacia abajo en la dirección de los pares y tiene un buen efecto de drenaje.

La mayoría de los edificios tradicionales japoneses utilizan pares paralelos en lugar de pares radiales chinas. En primer lugar, los edificios tradicionales japoneses (como santuarios, templos y residenciales) utilizan principalmente techos de pendiente única o recta, como Kirizuma-zukuri, Irimoya-zukuri, etc., las estructuras inclinadas de estos techos son relativamente simples, casi todos tienen forma lineal, y no necesitan ser un diseño radial complejo para dar cabida a cubiertas poligonales o curvas. Los pares paralelos son fáciles de construir en estos techos de pendiente recta, lo que los hace fáciles de organizar y mantener de manera unificada. En comparación con los grandes techos de los edificios tradicionales chinos (como las esquinas de las cubiertas en pabellón y las cubiertas a cuatro aguas), que generalmente adoptan curvas complejas y diseños de cornisas, los pares radiales pueden adaptarse mejor a tales necesidades de estilo. Esta forma compleja de cubierta es menos común en la arquitectura japonesa, por lo que no se requieren pares radiales para lograrla.

En segundo lugar, los tejados de los edificios tradicionales japoneses suelen utilizar materiales ligeros (como tejas finas y paja), que tienen pocos requisitos de carga para marcos de vigas y pares. Los pares paralelos son suficientes para soportar todo el techo, lo que elimina la necesidad de pares radiales para aumentar el soporte o acomodar estructuras complejas. Los edificios tradicionales chinos utilizan principalmente tejas azules gruesas y el techo es muy pesado. La compleja forma del techo requiere pares radiales para

Figura 20: Elaboración propia. Pares radiales en China (izquierda) y Pares paralelos en Japón (derecha).



dispersar la carga, al mismo tiempo, optimiza la distribución mecánica y reduce el riesgo de distorsión estructural o hundimiento desigual.

Además, la arquitectura japonesa enfatiza la simplicidad y la belleza natural. El uso de pares paralelos está en consonancia con este concepto de diseño. La estructura es intuitiva y no busca deliberadamente efectos decorativos complicados. La disposición de los pares paralelos es regular y simétrica, lo que encaja bien con la estética “rústica” general de la arquitectura japonesa. La artesanía presta más atención a la practicidad y la eficiencia de la construcción, reduciendo el costo y el tiempo adicionales causados por la compleja disposición de los pares radiales. La arquitectura tradicional china presta atención al “sentido de jerarquía” y las hermosas formas, los pares radiales son un método estructural que puede satisfacer las complejas necesidades de diseño y decoración del techo. Especialmente en edificios de alto nivel, como templos y palacios, los pares radiales pueden realzar la belleza visual y la majestuosidad del techo.

No solo eso, en los antiguos edificios japoneses con una estructura tradicional de “grupo de entramados”, los pares de los aleros suelen ser pares falsos decorativos. Los pares se llaman “Taruki” (垂木) en Japón, y estos pares falsos que no asumen funciones mecánicas se denominan “Keshōdaruki” (化粧垂木). Los pares falsos generalmente se disponen debajo de las correas del alero para formar líneas de madera ordenadas, que coordinan con otros detalles del edificio y muestran características estéticas únicas.

La aparición y desarrollo de los pares falsos se originó a partir de la absorción por parte de Japón de la influencia de la arquitectura china y combinó con su propia cultura, estética y condiciones naturales para formar un elemento arquitectónico único. En la arquitectura china, la disposición de los pares



Figura 21: Pares falsos en Japón.

no sólo es funcional sino que también se integra con el diseño estético de los aleros. Este concepto de diseño tuvo un profundo impacto en Japón, que gradualmente comenzó a prestar atención al tratamiento de la apariencia de los pares. Sin embargo, dado que la arquitectura japonesa prefiere un estilo simple y natural, los pares falsos han evolucionado hasta convertirse en una forma de decoración ligera e independiente, que ya no es principalmente pesada.

Además, los pares falsos no sólo puede mejorar el efecto decorativo debajo de los aleros, sino que también puede cubrir hábilmente las partes irregulares de la estructura interior, haciendo que la visión general del edificio sea más limpia y ordenada. A medida que el estilo arquitectónico japonés fue tomando forma gradualmente, el desarrollo de la decoración detallada de los aleros se utilizó especialmente para enfatizar la jerarquía y solemnidad del edificio, y los pares falsos se convirtieron en una manifestación importante de esta búsqueda.

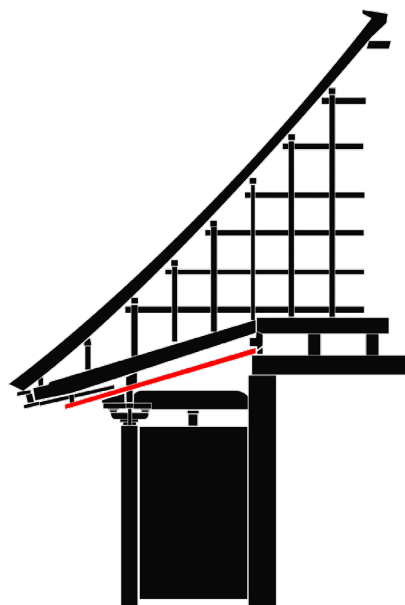


Figura 22: Pares falsos “Keshōdaruki” (化粧垂木).

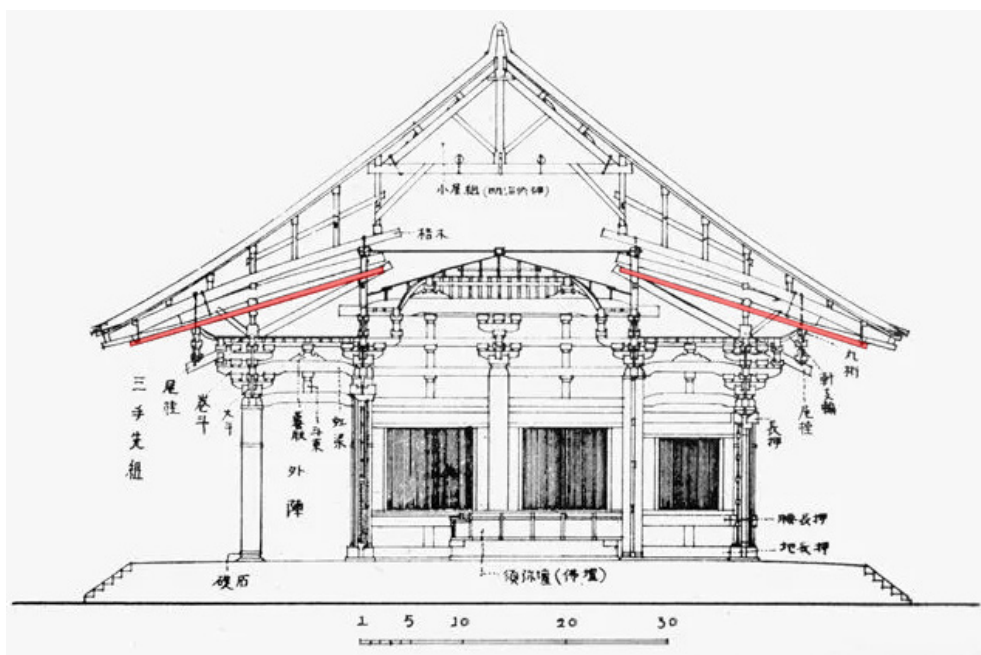


Figura 23: Pares falsos de Templo Toshodai-ji de Japón.

HANEGI (栝木)

También existe una tecnología que consiste en un diseño único de grandes techos colocados en Japón para que coincidan con su propio “grupo de entramados”: Hanegi. El hanegi es una viga diagonal dispuesta en forma de abanico. Es un componente de madera diagonal que conecta las vigas del techo y los pilares verticales. Está oculto en el espacio invisible entre los pares falsos y los pares verdaderos, generalmente colocada en la intersección de columnas y vigas, para dispersar las cargas del techo y mejorar la estabilidad del edificio. El hanegi tiene la misma función que el Ang (soporte de alero del capitel), que se mencionará más adelante. Ambos utilizan el principio de apalancamiento para transferir el peso del techo de las vigas a las columnas y luego de las columnas a los cimientos, reduciendo la tensión sobre las vigas.

La razón por la cual los edificios tradicionales japoneses de madera desarrollaron tal componente es porque las precipitaciones aumentaron después del siglo X. Para garantizar que el drenaje del techo del “grupo de entramados” tuviera menos impacto en el interior, los aleros tuvieron que hacerse más grandes, y al mismo tiempo, tuvieron que garantizar que los aleros ampliados no afecten la iluminación, es necesario aumentar la curvatura del alero para formar voladizos manteniendo la curva del alero suave y sin afectar el drenaje.

Debido a que los pares son demasiado largos y no se pueden doblar. Una vez elevados la curvatura, los aleros se convierten en líneas dobladas en lugar de curvas suaves y el drenaje se bloquea. La primera solución fue rellenar los puntos de giro con tierra para suavizar la curva del alero, pero esto haría que el techo fuera demasiado pesado. Por este motivo, los japoneses inventaron un método para elevar los pares del alero originales, agregar una nueva capa de pares de alero y conectar los nuevos pares insertados con los pares elevados originales para completar una curva más suave. El espacio entre los pares originales y los nuevos pares agregadas (pares falsos) se llama Nogoya.

Inicialmente, los pares verdaderos de la “nogoya” japonesa estaba sostenida por los pares falsos, pero estos son relativamente delgados y tienen poca

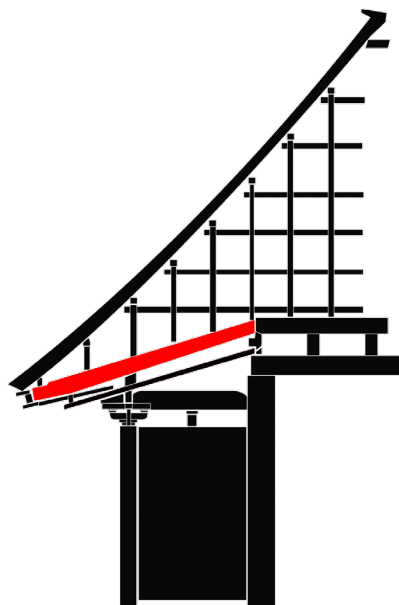


Figura 24: Hanegi (栝木).

resistencia a la flexión, lo que hace que la nogoya en realidad sea una estructura bastante inestable. Por tanto, en el período Kamakura, apareció una nueva estructura que actuaba como un cuerpo portador de fuerza, el hanegi (“**栝木**” はねぎ), que era una extensión de la viga, similar a las primeras vigas inclinadas de China.

Hasta entonces, la estructura de la cubierta de los edificios tradicionales de madera japoneses, caracterizados por el “grupo de entramados”, los “pares falsos” y el “hanegi”, ya se separa y se distingue de los edificios tradicionales de madera chinos.

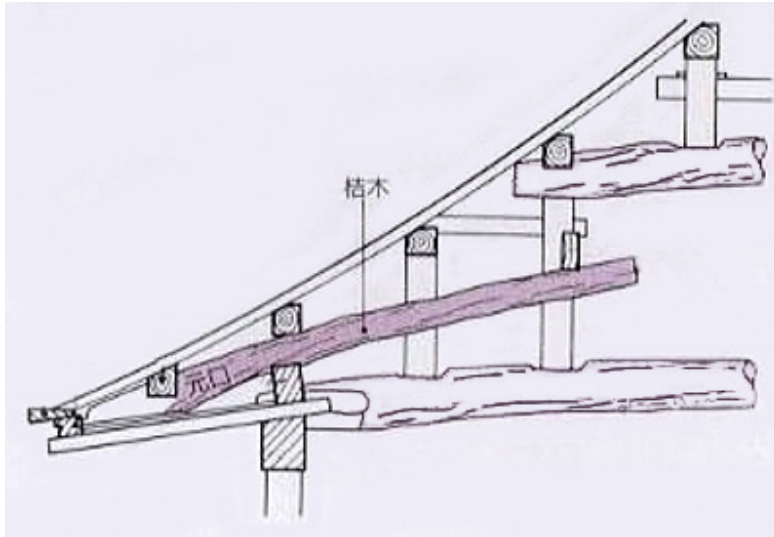


Figura 25: Hanegi (栝木).



Figura 26-27: Hanegi_栝木 (はねぎ) en Miei-dō.

SIMILITUDES Y DIFERENCIAS DE LOS CAPITELES DE APOYO (DOUGONG)



Figura 28: Dougong, capiteles.

DOUGONG

Como estructura icónica de la arquitectura china antigua, Dougong se utilizó principalmente para funciones de carga y decorativas en la arquitectura de la dinastía Tang. Su compleja estructura de caja y espiga mejora la estabilidad de los aleros, y demuestra un valor artístico extremadamente alto. Sin embargo, en Japón, la función de los capiteles se fue debilitando gradualmente y se utilizaron más como componentes decorativos. Por ejemplo como el templo Todaiji en el período Nara, su diseño de capitel es más simple que el de la arquitectura de la dinastía Tang, lo que refleja la búsqueda de la practicidad y la estética simple. Esta simplificación no sólo refleja la adaptación de la arquitectura japonesa al entorno natural, sino que también deja entrever su diferente comprensión de los materiales y técnicas de construcción.

La razón por la que surgió Dougong es inseparable del antiguo método de construcción basado en estructuras de madera. La estructura de madera teme al agua, por lo que los aleros están diseñados para protegerla. Para poder soportar el peso de los aleros, las tiras de madera se superpusieron entre sí para soportar la fuerza de manera uniforme, de modo que la madera que se deforma fácilmente también pudiera soportar la carga. Esta puede ser la razón de la aparición de Dougong.

En el proceso de evolución, Dougong tiene cada vez más componentes. En la dinastía Han y en las dinastías del Norte y del Sur, solo había Dou (almohadilla) y Gongs cruzados, que no tenían salto y desempeñaban un papel en la reducción de la fuerza interna de los aleros. Con el paso del tiempo, Huagong

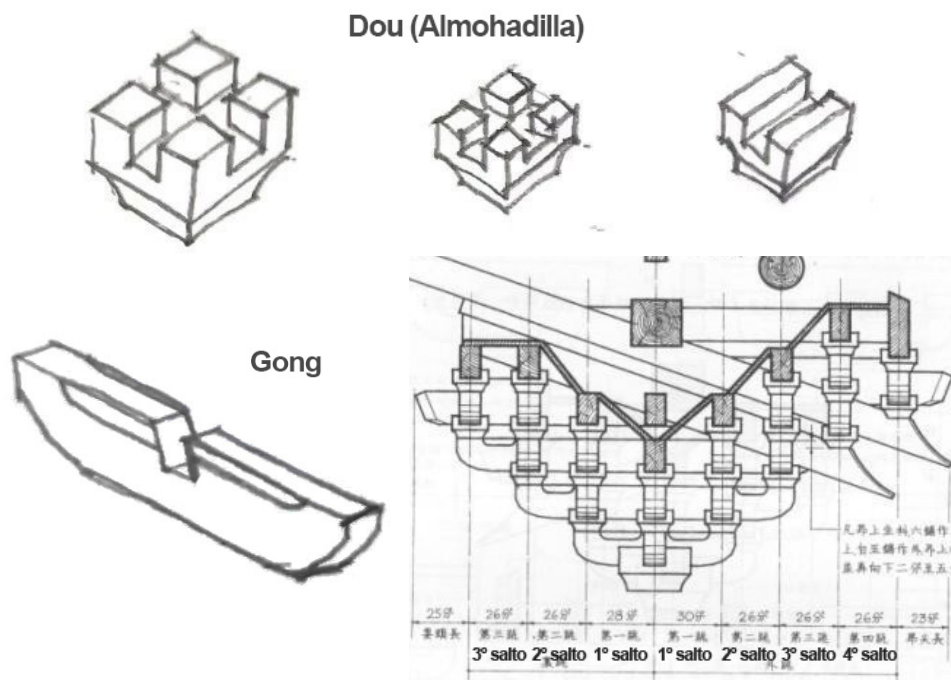


Figura 29: Componentes de Dougong.

(tipo de Gong, colocado en sentido perpendicular a los aleros) y Ang (soporte incinado, colocado en mismo sentido que Huagong) comenzaron a aparecer, y el Dougong agregó una función de salto. Para garantizar la estabilidad general de la estructura, se despliegan cada vez más Gongs horizontales en los saltos de Hua Gong y Ang, y se pasa de Dougong Touxin al Dougong Jixin. Entre las muchas formas de estructura Dougong, Japón utiliza una forma relativamente simple de tecnología Dougong llamada “Touxin”. Es una de las formas de construcción Dougong en la que no se colocan elementos horizontales sobre las almohadillas de las estructuras de Dougong. En el cuarto libro de “Yingzao Fashi” (营造法式) de la dinastía Song de China, Gran sistema de producción de madera, explica la forma de Dougong. Entre ellos, la sección “Secuencia general de saltos” tiene el siguiente registro: “Siempre que se coloca un gong horizontal encima de las almohadillas de cada salto, se denomina ‘Jixin’; si un salto no se coloca un gong horizontal, y directamente continua con otro salto o con Ang (soporte de alero), se denomina ‘Touxin’”.

El núcleo de la arquitectura tradicional china es la estructura del marco de vigas, y el maestro de la artesanía es el tipo de capiteles (Dougong). En primer lugar, los japoneses no saben cómo se derivan las fórmulas para construir capiteles complejos, en segundo lugar, sólo utilizan fórmulas relativamente simples y no pueden aplicarlas con flexibilidad a problemas complejas. Por ejemplo, solo ha aprendido algunos estilos simples de Dougong, solo

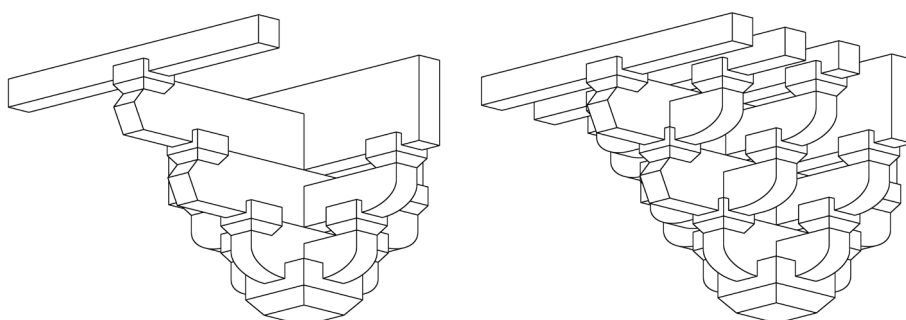


Figura 30: Elaboración propia. Dougong Touxin (izquierda) y Dougong Jixin (derecha).

usarás saltos bidimensionales que se extienden capa por capa (Touxin), pero no saben saltos cruzados tridimensionales (Jixin). No solo eso, la forma de Touxin también está más en línea con la búsqueda de simplicidad de Japón. En comparación con el diseño deliberado, la ventaja del Touxin es que tiene menos elementos horizontales y reduce el peso en los saltos. Sin embargo, al mismo tiempo, debido a la falta de algunas estructuras horizontales, su estabilidad no es tan estable como la de Jixin. Para mantener la limpieza de la fachada en el conjunto del edificio, se ha sacrificado partes de la seguridad estructural.

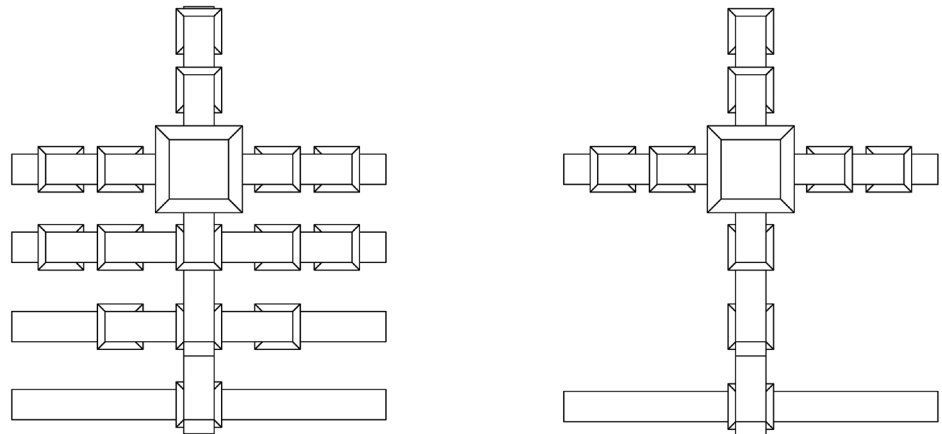


Figura 31: Elaboración propia. Forma Jixin (izquierda) y forma Touxin (derecha).

En cambio, la forma de Dougong Jixin es una estructura estable, en comparación con Touxin, su estructura es más estable, pero al mismo tiempo, debido a su estructura más compleja, requiere más materiales. Si un edificio es lo suficientemente grande, sus capiteles también necesitan ser lo suficientemente grande para soportar un edificio más grande. Como resultado, los propios capiteles se volverán muy pesados y la presión sobre las columnas será mucho más grande, lo que no favorece la preservación a largo plazo del edificio. Aunque las estructuras de los edificios de Jixin son estables y seguras, pero el conjunto es relativamente abultado, por lo tanto, los Dougongs como los de Jixin no suelen ser muy grandes. Comparativamente hablando, los edificios con todos los capiteles en forma de Dougong Jixin son de un período posterior, y el volumen de los dougongs es muy reducido, por otra parte, los dougongs Touxin pertenecen a la etapa inicial y son de tamaño relativamente mayor. El templo Tōdai-ji en Japón es un ejemplo muy evidente de la construcción con forma de Dougong Touxin, para aumentar la capacidad de la carga, solo se extenderán y ensancharán hacia afuera los capiteles en un plano bidimensional, lo que hará que ocupen mucho espacio.

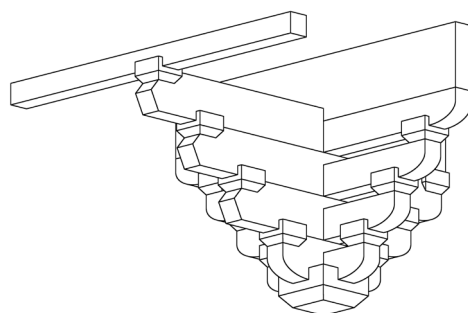


Figura 32: Elaboración propia. Forma Touxin más desarrollado bidireccionalmente en Japón (izquierda).

Figura 33: Forma de Dougong Touxin de Templo Tōdai-ji en Japón (derecha).



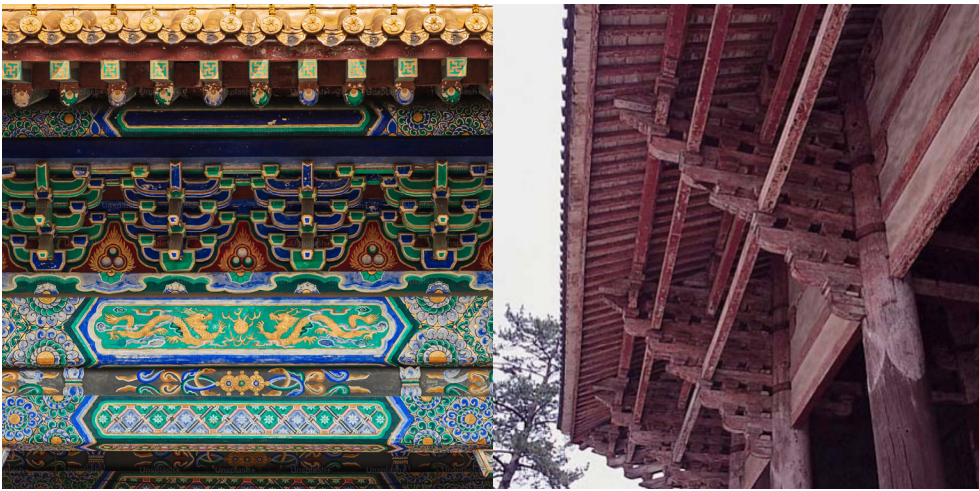


Figura 34-35: Comparación de formas de Dougong Jixin de China (izquierda) con formas de Dougong Touxin ampliado en Japón (derecha).

PROPORCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL DOUGONG (CAPITEL)

Sin embargo, la evolución de estas formas de Dougong no sólo refleja la optimización continua de la tecnología de la construcción, sino que también demuestra la compensación entre la estabilidad estructural y las búsquedas estéticas en diferentes culturas. En el sistema de construcción chino, la transición de forma Touxin a Jixin refleja la tendencia de aumentar cada vez más el énfasis en la seguridad estructural. Sin embargo, en el proceso de introducción de la tecnología de construcción china, el “sistema modular estándar” introducido Japón de China no ha experimentado un sistema importante: la regla de diagonal fija.



Figura 36: Regla de Diagonal fija de China.

Para un edificio tradicional del este de Asia que utiliza vigas de madera estandarizadas, existen varios datos dimensionales clave en la combinación de la viga de madera en sí y su almohadilla superior (Dou), que son el ancho del lado corto de la sección de la madera base (ancho de madera/espesor de la madera), el ancho del lado largo de la sección de la madera base (altura del material), la altura efectiva de la almohadilla y la altura útil de todo el conjunto, que es la combinación de “altura del material + altura efectiva de la almohadilla” (altura del material completo). Tal como se muestra en la figura 37.

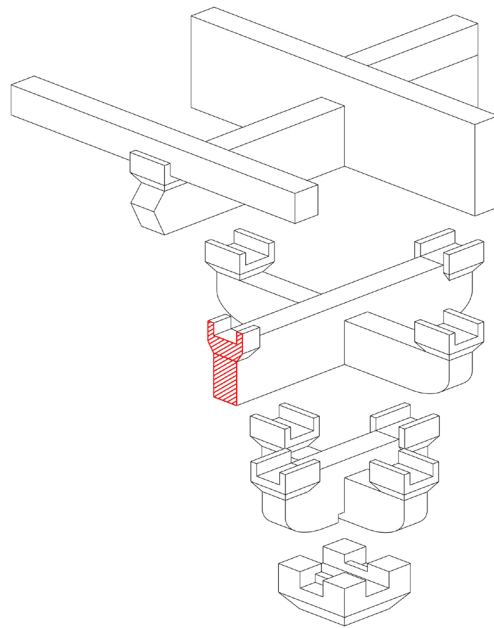


Figura 37: Elaboración propia. Axonometría explotada Dougong.

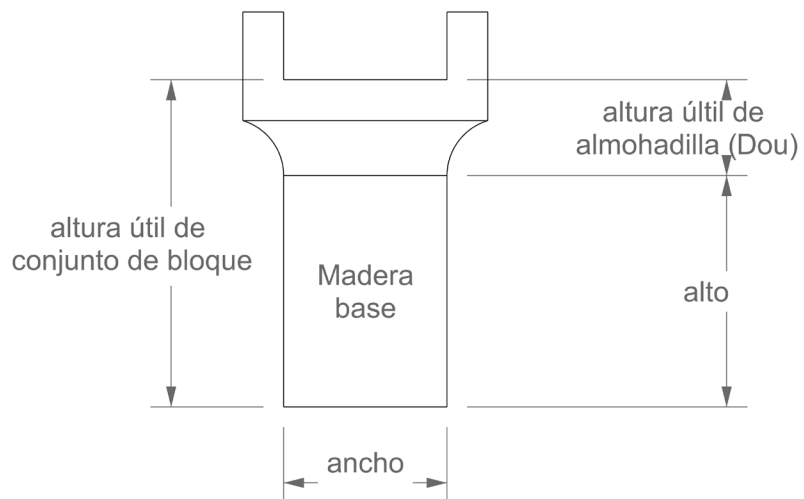


Figura 38: Elaboración propia. Sección de gong, conceptos básicos.

El espíritu fundamental de los edificios con estructura totalmente de madera en el este de Asia es utilizar la escala de sección transversal de “vigas de madera estándar” (la pieza de Dougong, figura 37) como unidad de control del diseño del edificio, es decir, en función de guía o restricción, el valor de procesamiento debe convertirse en medidas del pie y, a menudo, se redondea, para seleccionar diferentes espesores de madera base para diferentes tamaños del edificio, y a continuación asegúrese de que las grandes dimensiones del edificio, como el ancho del vano, altura de las columnas, longitud de las vigas, tamaño del capitel (Dougong) y las secciones de elemento gong (madera base) cumplan con ciertas restricciones proporcionales. Este es el principio de “tomar el “material” como estándar para la escala de construcción”: sistema modular estándar. En el período de Reinos combatientes y la dinastía Han hasta las dinastías Wei y Jin), China estaba bastante segura del funcionamiento de este sistema modular estándar.

La ley de la pendiente del cuadrado (regla de diagonal fija), como su nombre indica, es la relación entre la longitud de la diagonal y la longitud de los lados de un cuadrado. Esta relación tiene muchos usos en la producción diaria y es particularmente relevante en la industria de la construcción tradicional china,

donde se ocupa en gran medida de las líneas diagonales de los contornos rectangulares. China ha resumido durante mucho tiempo las fórmulas aproximadas de “cinco veces diagonal es siete” ($5 \cdot \sqrt{2} \approx 7$) y “siete veces diagonal es diez” ($7 \cdot \sqrt{2} \approx 10$), y ha descubierto, con poca precisión, la relación entre cinco, siete y diez a través de la transformación oblicua. De esta manera, cuando el ancho del material base se establece en a (“cinco”), la altura del material base se establece en $\sqrt{2} \cdot a$ (“siete”) y la altura útil del conjunto del material se establece en $2 \cdot a$ (“diez”), el “sistema modular estándar” de repente tiene una propiedad mágica y sin precedentes.

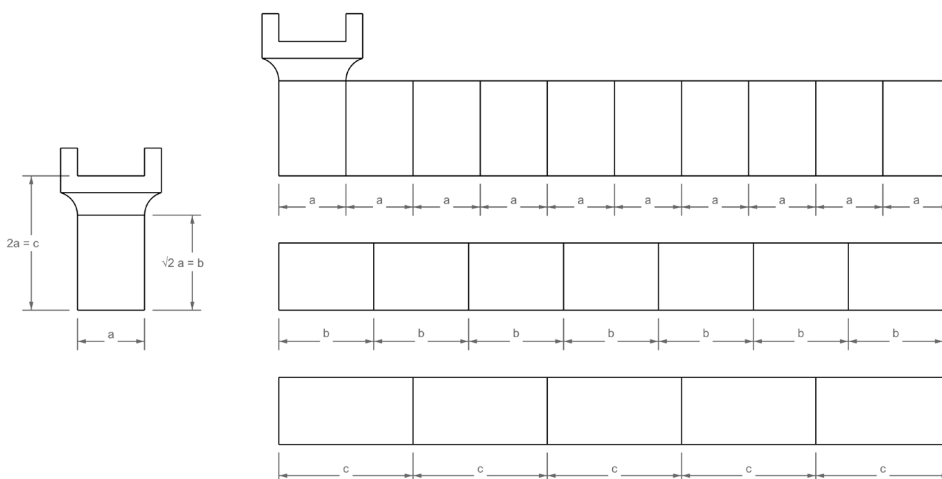


Figura 39: Elaboración propia. Relación de la proporción de DouGong china.

La gran escala que originalmente se basaba en la altura de la madera base (b), bajo ciertas condiciones (siete o diez veces de b), puede satisfacer las restricciones de ancho de la madera base (a) o alto útil del conjunto (c), estas múltiples limitaciones hacen que el módulo de construcción sea más flexible y hermoso. En particular, “siete veces la altura b ” ha sido una de las opciones de longitud de vano comúnmente utilizadas desde la antigüedad. En las dinastías Sui y Tang, “siete veces la altura b ” se estableció como la primera opción para la longitud de los vanos, y su influencia fue de gran alcance.

En comparación con China, que tiene estrictas restricciones de escala, Japón carece de tales restricciones. China estableció dicha relación de cinco, siete y diez en las propias dimensiones de los componentes del Dougong, sin embargo, Japón no ha seguido del mismo orden y la misma regla que la de China, estableció sus propios criterios, los cuales son menos estrictos en cuando a la relación entre las medidas. En Japón, la altura de la almohadilla tiene mismo alto que la madera base, por lo tanto, en apariencia, el Dou (la

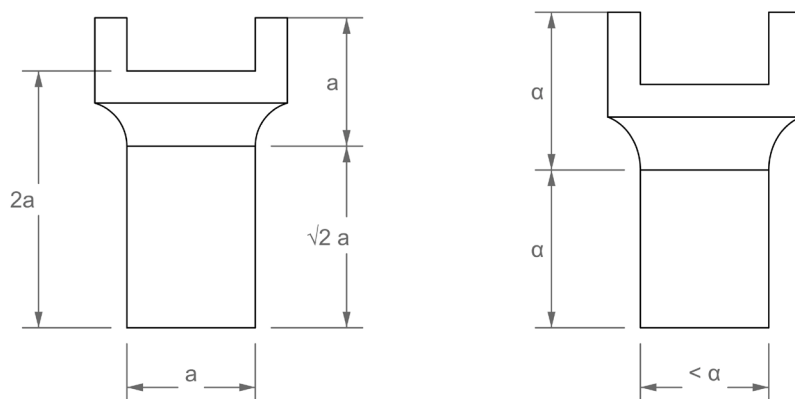


Figura 40: Elaboración propia. Comparación de la proporción de DouGong china (izquierda) y japonesa (derecha).

almohadilla) es más grueso y más grande. Por otro lado, tampoco estableció una relación entre el alto y el ancho de la madera base, para los japoneses, siempre que el ancho del material sea menor que la altura del material base es suficiente.

Además, la regla de diagonal fija también trae una consecuencia interesante: la almohadilla (Dou), que antes requerían una preparación separada de los materiales, ahora se pueden fabricar con el material base estándar, es decir, la materia prima de la almohadilla son trozos de madera cortados de la madera base. Después de colocar la madera base horizontalmente, el ancho (a) del material base se convierte en la altura total de la almohadilla y la altura (b) del material base se convierte en la longitud de la almohadilla. Esta solución simplifica enormemente el proceso de preparación del material de construcción y mejora el nivel de estandarización de la construcción. Por el contrario, la madera base japonesa no puede cumplir esta condición, ya que no tiene un tamaño proporcional fijo, por lo que el tamaño del material base no se puede utilizar para establecer el tamaño de la almohadilla. En resumen, las diversas características de la regla de diagonal fija afectaron profundamente el desarrollo posterior de la arquitectura china. La revolución se extendió por todo el imperio y permaneció en el sistema oficial.

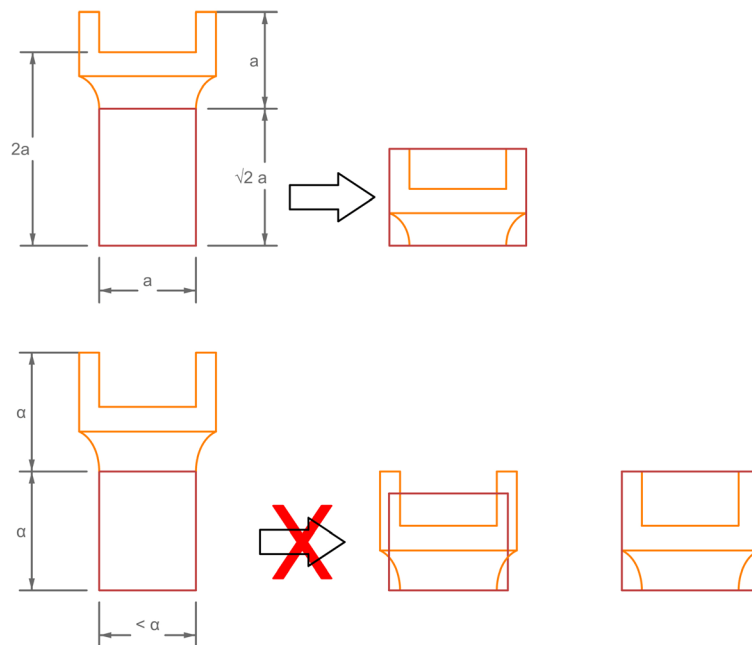


Figura 41: Elaboración propia. Transformación de la madera base de Dougong en almohadilla en China (arriba) y en Japón (abajo).

Este sistema modular estándar también se refleja en las proporciones del conjunto del edificio. Toma ejemplo del Salón Este del Templo Foguang de China y el Kondo de Hōryū-ji de Japón: los conjuntos materiales utilizados en el Salón Este ($\sqrt{2} \cdot a + a = 7$ pulgadas china (cun), $1 \text{ cun} \approx 3.33 \text{ cm}$) se han ajustado a la proporción clásica de 10:14:21 en el largo proceso de mejora práctica, mientras que su longitud de entrecorrea todavía se basa en 7 veces la altura del material base (b), por lo tanto, el vano (un vano = dos entrecorreas) coincide simultáneamente con 21 veces el ancho del material base (a), 14 veces la altura del material base (b) o 10 veces altura útil del conjunto del material (c), formando una serie de proporciones claras y simples. Al mismo tiempo, el vano y la altura de la columna se ajustan ligeramente a la proporción 7:8 ($21a:24a$), expandiéndose a 16 veces la altura del material base ($24a \approx 16b$).

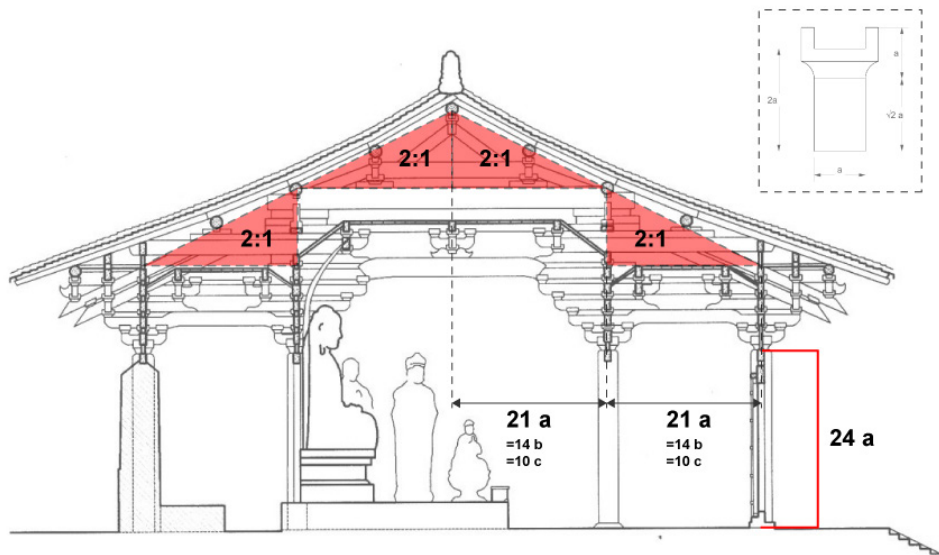


Figura 42: Elaboración propia. Relación de la proporción del componente de Dougong con el dimensionado del conjunto de edificio de Salón Este del Templo Foguang de China.

En cambio, en el Kondo de Hōryū-ji de Japón, todos los diseños de las dimensiones corresponden a múltiplos enteros de la altura del material base, lo que demuestra intuitivamente el método de aplicación del diseño modular. También cabe señalar que la altura útil de la almohadilla de Kondo no puede formar un módulo conciso, lo que refleja que esta pequeña parte puede no incluirse en un diseño estricto y es algo arbitraria. El ancho del material base es 0,8 veces la altura del mismo, lo que parece formar una relación de 4:5. Sin embargo, una revisión exhaustiva de los primeros ejemplos en Japón muestra que el valor del ancho del material base es muy arbitrario, existen tanto proporciones de 4:5, 5:6, 7:8 e incluso 9:10, lo que refleja la falta de restricciones estrictas en el ancho del material, en otras palabras, es suficiente que el ancho es menor que el alto del mismo material base.

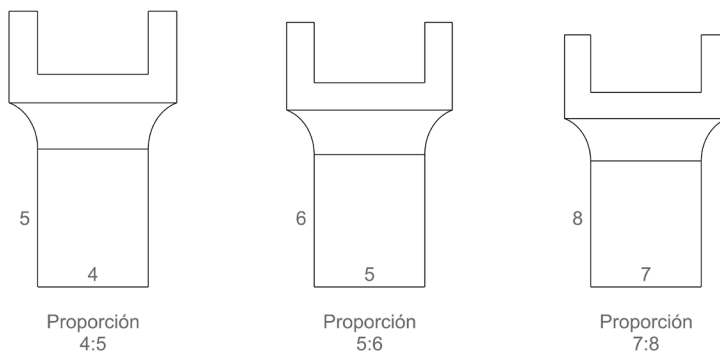
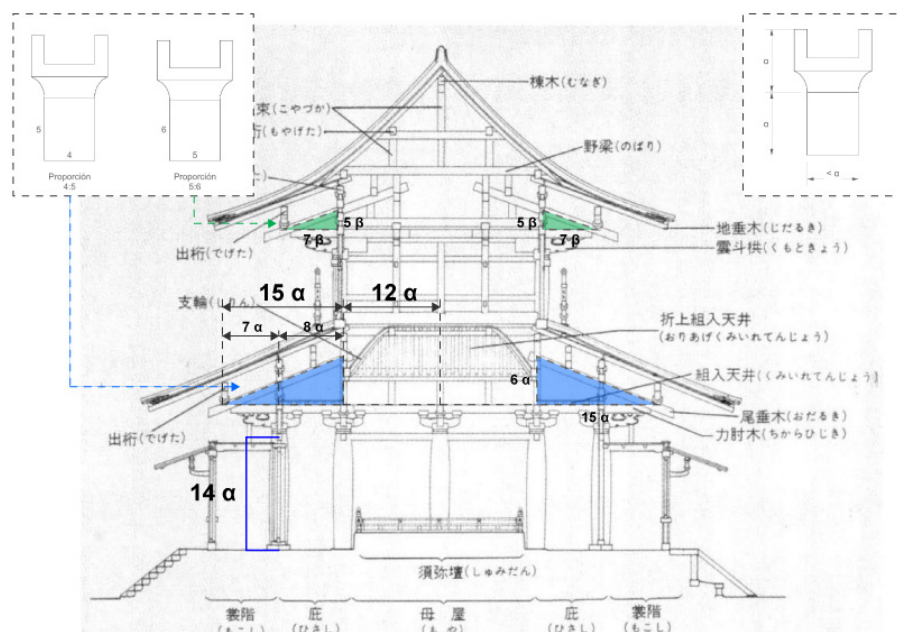


Figura 43: Elaboración propia. Relación de las diferentes proporciones del componente de Dougong de Japón.

Además, aunque el diseño del conjunto de edificio Kondo tiene relaciones de múltiplos con el alto de la madera base (α), pero no hay una relación directa entre las dimensiones del mismo edificio, por ejemplo, en el de China, habrá una relación de proporciones entre las partes del edificio (10:14:21) y todo está íntimamente relacionados y justificados, sin embargo, en el Kondo de Japón, no hay una relación entre las propias partes del edificio, tampoco hay una proporción entre la altura de la columna con la distancia del vano, ni la relación entre vano y entrecorreas. Asimismo, el Kondo existe diferentes proporciones del Dougong en la misma construcción, la planta baja utiliza la proporción 4:5, y la planta superior con la de 5:6, como resultado, existe diferentes longitudes de entrecorreas: 6 veces, 7 veces y 8 veces la altura del material base (α).

Figura 44: Elaboración propia. Relación de la proporción del componente de Dougong con el dimensionado del conjunto de edificio de Kon-do de Hōryū-ji de Japón.



En el sistema arquitectónico Asuka-ryō de Japón, así como en el presunto sistema de arquitectura china de las dinastías Han y Wei, la altura de la madera base estándar es el único módulo central que controla la proporción de todo el edificio. Aunque desde entonces Japón ha introducido una serie de sistemas técnicos más posteriores de China, todos se centran en absorber los detalles de la apariencia y aplicarlas. Todavía siguen su propio camino en términos de lógica de estructura modular básica y desarrollan, de forma autónoma, un sistema único de proporciones talladas en madera. Por lo tanto, en la mayoría de los casos, los edificios tradicionales japoneses, independientemente de su antigüedad, generalmente tienen secciones de material base (Gong) más cercanas a las cuadradas que las de China, y tienen almohadillas más gruesas y altura útil de la almohadilla más alta, que son fácilmente identificables en apariencia.

BRAZO DE SOPORTE DE ALERO O CANECILLO (“ANG”)

Otro elemento más característico que ha sufrido cambios decisivos son los brazos de soporte de alero o canecillo (“ang”) (slanted bracket arms), que son uno de los soportes de la estructura del dougong (capitel). Están dispuestos inclinados y utilizan el peso de la estructura interna del techo para equilibrar el peso del alero con el principio de apalancamiento. También hay ang superior (/) e inferior (\), entre los cuales se utiliza principalmente el ang inferior (\). Ang superior (/) solo trabaja en interiores, apuntando hacia dentro del Dougong. La función de los soportes inclinados inferiores (\) puede reducir significativamente la altura de las almohadillas. Al mismo tiempo, los saltos del dougong de parte del alero se reduce correspondientemente. El cambio en la pendiente estructural de Dougong debido a la inclinación del ang afectará inevitablemente la pendiente del techo y la profundidad del alero. Por lo tanto, la tecnología de voladizo, descenso de la almohadilla encima de ang y saltos de los componentes de los soportes inclinados inferiores es un método eficaz para adaptarse a los requisitos de diseño de diferentes formas de construcción y ajustar eficazmente la pendiente del techo y los nodos de los componentes.



Figura 45-46: Brazo de soporte de alero o canecillo (昂 “ang”) de China (izquierda) y Japón (derecha).

Japón utiliza el mismo método y principio de apalancamiento, utilizando un componente voladizo diagonal de “O-shiraki” (尾垂木) debajo de los aleros para sostener los aleros. En Japón, donde habrá una abundante lluvia, los aleros tendrían que sobresalir mucho. Si se utilizan tejas para proteger de la lluvia, el techo será muy pesado, y si los aleros sobresalen demasiado, los pares se doblarán. Por este motivo, se inserta desde los aleros una varilla larga y más gruesa que los pares para sostener los aleros utilizando el principio de apalancamiento.

Además, el brazo de soporte de alero (Ang) puede tener otra función de fortalecer la conexión nodal del pórtico viga-columna. Simplificando el marco viga-columna en un marco de pórtico, pensando en la conexión de caja y espiga de vigas y columnas, cuando el marco se somete a cargas horizontales, el nodo de conexión viga-columna se convertirá en un eslabón débil y puede inclinarse, cambiando de un rectángulo a un paralelogramo. Una vez que la estructura se inclina, ya no podrá soportar la carga del techo y se producirá un

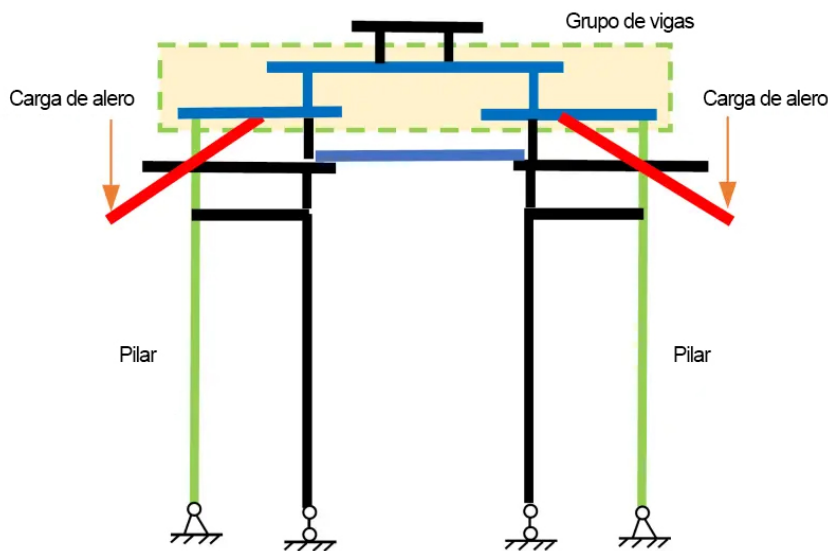


Figura 47: Esquema función de brazo de soporte de alero en el marco de vigas y columnas.

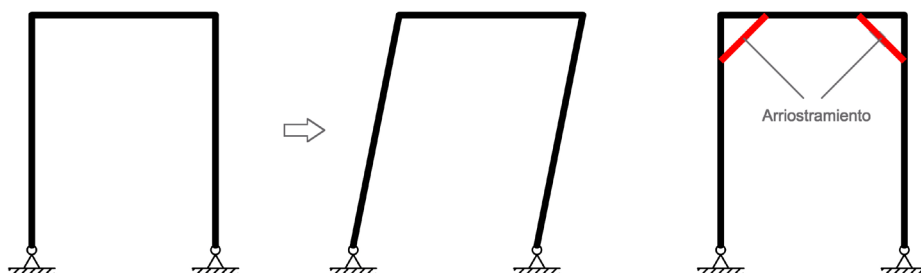


Figura 48: Elaboración propia. Esquema función de brazo de soporte de alero.

colapso. Una forma sencilla de reforzar los nodos de conexión viga-columna es agregar bielas oblicuas entre vigas y columnas (arriostramiento). De esta manera, cuando el pórtico se tiende a inclinar, las bielas actuarán como tracción o empuje, trata de mantener el marco lo más rectangular posible. Este también es un método de mejora comúnmente utilizado para estructuras de pórticos modernas.

Aunque ambos soportes de los aleros en la construcción tradicional tienen mismo funcionamiento, pero son diferentes en su forma. El extremo frontal del canecillo (ang) de China generalmente se corta en bisel para formar una apariencia triangular. Este diseño no es sólo una opción estética, sino que también tiene importantes consideraciones funcionales y técnicas. El extremo frontal del ang está situado en el lado más exterior del alero, la concentración de peso puede hacer que la parte saliente se hunda fácilmente debido a su propio peso. Después de cortar la parte delantera en bisel, se reduce los materiales, lo que reduce el peso de la parte voladizo y mejora la estabilidad estructural general. Además, el diseño del plano inclinado ayuda a transferir la carga hacia adentro, acercando el punto de tensión del soporte de alero al cuerpo principal del edificio, reduciendo la concentración de tensión en las partes sobresalientes y mejorando el equilibrio y la durabilidad de la estructura. El “O-shiraki” japonés son generalmente planas en los extremos, se corta en ángulo recto. Este diseño es más fácil de procesar con herramientas tradicionales para trabajar la madera, y se ahorra el tiempo de trabajo de corte de material. El proceso es simple y eficiente y forma una línea ordenada, esta forma corresponde más con la búsqueda de simplicidad de los japoneses.

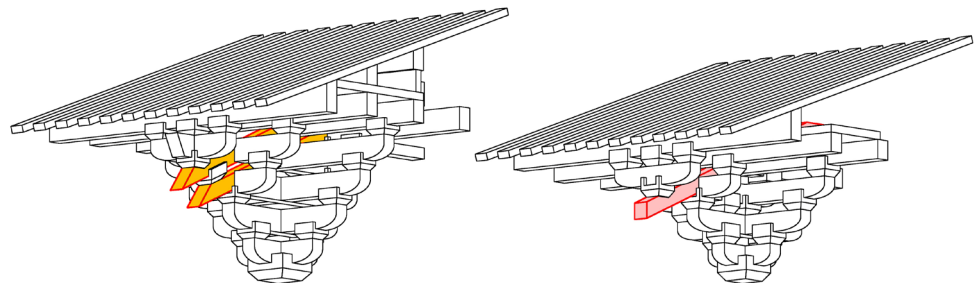


Figura 49: Elaboración propia. Brazo de soporte de alero de China (izquierda) y Japón (derecha).



Figura 50: Cortes en extremo del brazo de soporte de alero (昂 “ang”) de China (izquierda) y Japón (derecha).

EVOLUCIÓN DEL DISEÑO HACIA SU SIMPLIFICACIÓN

Con el tiempo, la estructura de Dougong, tanto el de China como el de Japón, se ha ido simplificando, ya sea por la estructura o por el tamaño. Los Dougongs chinos se han simplificado en términos de tamaño y el uso de los angs (brazo de soporte de alero). Los Dougongs chinos se han reducido en escala debido a que han pasado de utilizar la forma de Dougong Touxin a la forma de Jixin, y la evolución de los angs ha cambiado de grande a pequeña, de simple a compleja y de real a falso y, al mismo tiempo, pasó de ser una parte estructural en las dinastías Tang y Song a una parte decorativa en las dinastías posteriores. Después de la dinastía Song, los aleros de los edificios se redujeron en profundidad y la escala de los capiteles se redujo considerablemente. La función del canecillo (ang) ya no era necesario. Sin embargo, como forma arquitectónica, la característica expresiva del extremo de ang se mantuvo en el Dougong.

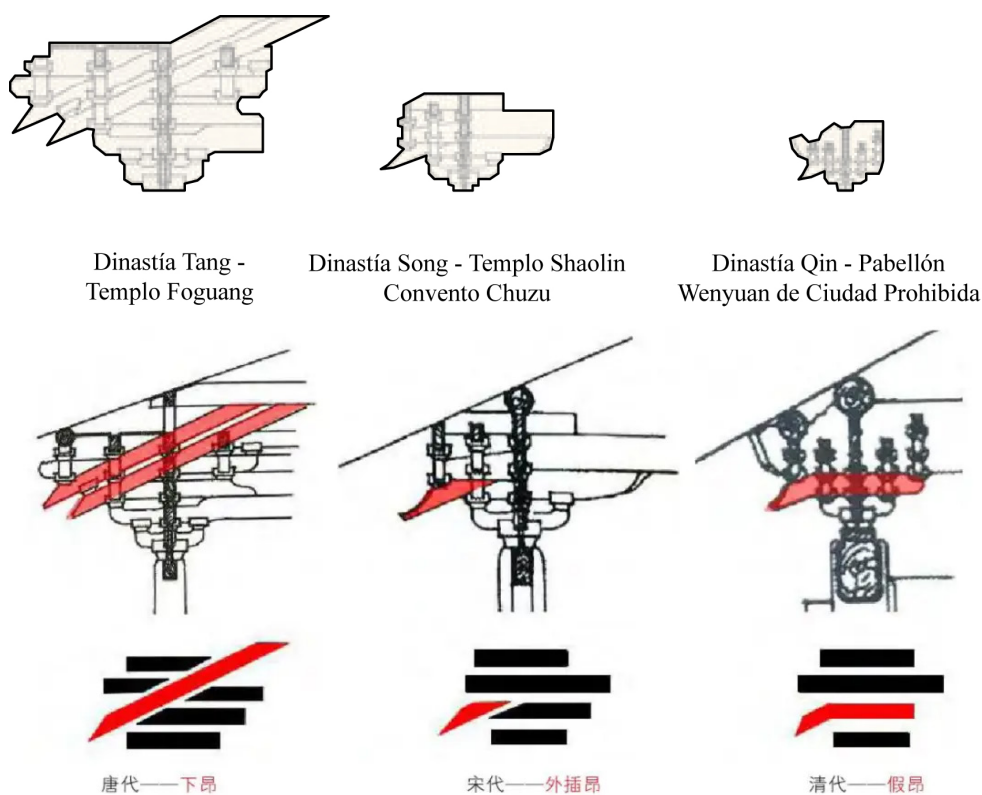


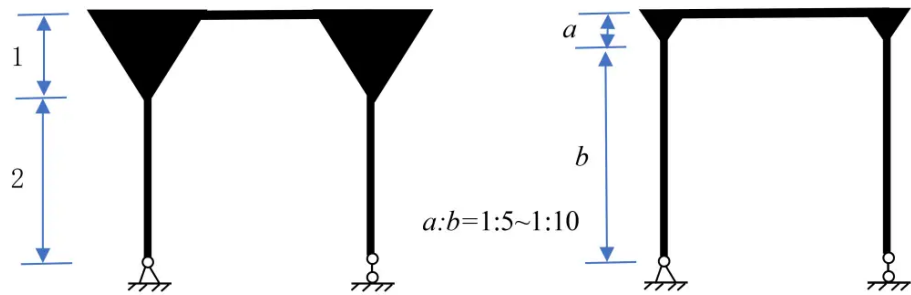
Figura 51: Elaboración propio. Diagrama esquemático de las proporciones reducidas de los Dougong en las dinastías Tang, Song y Qin.

Figura 52: Evolución de brazo de soporte de alero de China.

Pensando en el papel de soporte de alero en la mejora de la resistencia de los nodos de conexión viga-columna, consideramos el Dougong en sí como el nodo que conecta vigas y columnas. El capitel en la dinastía Tang era relativamente grande y el tamaño del capitel era aproximadamente la mitad de la altura de la columna. Sin embargo, los capiteles en la dinastía Qing eran relativamente pequeños, oscilando entre 1/5 y 1/10 de la altura de la columna. Intuitivamente, existe una belleza evolutiva en la “optimización de nodos” desde el gran Dougong de la dinastía Tang hasta el pequeño Dougong de la dinastía Qing.

Se puede observar que para aleros más pequeños, el uso de capiteles pequeños sin soportes inclinados tiene muchos beneficios: en primer lugar, los componentes del Dougong se simplifican enormemente, lo que facilita

Figura 53: Diagrama de la proporción de los pilares con Dougong en las dinastías Tang (izquierda) y Qing (derecha) de china.



la construcción, en segundo lugar, al mismo tiempo de garantizar la función estructural, ahorra materiales; y finalmente, se reduce el peso de toda la parte superior del edificio, permitiendo la construcción de edificios de gran tamaño más altos, espaciosos y luminosos.

Del mismo modo, la estética japonesa enfatiza la sencillez, la naturaleza y la delicadeza, por lo que el diseño de los capiteles también reduce las estructuras mecánicas complejas. Los capiteles japoneses suelen tener solo una o dos capas. En comparación con la compleja estructura multicapa de los capiteles chinos tradicionales, el nivel estructural se simplifica enormemente. Por ejemplo, en la arquitectura de los templos japoneses, los dougongs suelen estar ubicados directamente en la parte superior de las columnas o debajo de las vigas, lo que elimina la necesidad de estructuras de transición complejas. Además, el Dougong japonés ya no enfatiza las complejas uniones de caja y espiga y la combinación de múltiples componentes. Utiliza principalmente Dou (almohadillas) y Gong (soportes de arcos) como núcleo, complementados con barras transversales y viguetas, los gongs complejos tipo Guazi Gong (un arco de madera con una forma que recuerda a la semilla de un melón), los soportes inclinados, los arcos oblicuos y otros componentes complejos han desaparecido casi por completo.

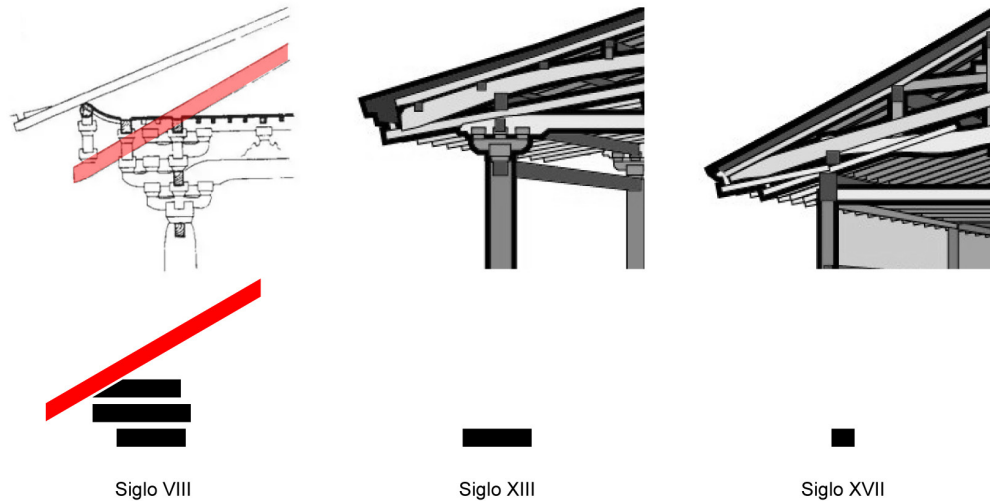


Figura 54: Elaboración propia. Evolución de brazo de soporte de alero de Japón.

La simplificación de los capiteles japoneses refleja la innovación localizada de técnicas de construcción en el proceso de intercambio cultural. Esta simplificación no es una simple reducción, sino que es una optimización integral basada en las necesidades de ligereza de la arquitectura japonesa y el concepto de estética simple. Los capiteles simplificados por un lado satisfacen las necesidades reales de la arquitectura japonesa, por otro lado forman un estilo estético único, que contrasta marcadamente con la complejidad de los capiteles chinos.

CONCLUSIONES

La relación entre la arquitectura china y japonesa es un reflejo del intercambio cultural en Asia Oriental y, al mismo tiempo, una demostración de cómo las tradiciones locales influyen en la adaptación y reinterpretación de las influencias externas. Desde el período Asuka (552-710 d.C.) y Nara (710-794 d.C.), Japón recibió una influencia significativa de la arquitectura china, especialmente de las dinastías Sui (581-619 d.C.) y Tang (618-907d.C.). Este intercambio marcó un antes y un después en la evolución arquitectónica japonesa, que, aunque comenzó como una adopción de técnicas y conceptos chinos, eventualmente derivó en un estilo propio que refleja las necesidades locales, el entorno natural y los valores culturales.

La arquitectura china de las dinastías Sui (581-619 d.C.) y Tang (618-907d.C.) se caracterizó por el uso de estructuras monumentales y técnicas avanzadas de construcción en madera. Elementos como los dougong (capiteles de madera) y los sistemas de vigas y pilares permitieron la construcción de edificios más grandes y resistentes. Estos elementos no solo cumplían una función estructural, sino también estética, contribuyendo a la percepción de jerarquía y solemnidad en los edificios. Japón adoptó estas técnicas estructurales, como se puede observar en los templos del período Nara (710-794 d.C.), como el Tōdai-ji. Las estructuras de vigas y pilares fueron una de las principales influencias, proporcionando un marco modular que facilitaba la expansión de los edificios. Además, Japón adoptó la disposición simétrica y axial de los templos, reflejando la jerarquía espacial y la organización social que predominaba en China.

A pesar de la influencia china, Japón adaptó estas técnicas a sus propias condiciones geográficas y culturales. Mientras que la arquitectura china enfatizaba la monumentalidad y la grandeza, la arquitectura japonesa evolucionó hacia un estilo más simple y ligero, diseñado para integrarse con la naturaleza. Esta diferencia responde en gran medida al entorno de Japón, que se caracteriza por una alta actividad sísmica, abundantes lluvias y un clima húmedo. Por ejemplo, los japoneses modificaron los dougong, simplificando su diseño para reducir el peso y la complejidad de las estructuras. Asimismo, introdujeron elementos innovadores como el grupo de entramados (koyagumi), que redujo el uso de madera grande y aumentó la eficiencia estructural. También introdujeron techos con pendientes más pronunciadas y aleros extendidos, ideales para desviar el agua de lluvia y proteger los edificios de la humedad. Estas innovaciones reflejan un enfoque pragmático que prioriza la funcionalidad sin sacrificar la estética.

El diseño de los techos es una de las áreas donde se observan las mayores diferencias entre la arquitectura china y japonesa. En China, los techos son masivos y visualmente imponentes, con curvas pronunciadas que simbolizan poder y autoridad. Estas estructuras están respaldadas por complejos sistemas radiales que distribuyen el peso de manera uniforme, permitiendo la creación

de esquinas detalladas y decorativas. Por otro lado, los techos japoneses son más simples y funcionales, con un enfoque en la integración con el paisaje. Japón empleó sistema de pares paralelos en lugar de pares radiales, lo que facilitó la construcción y pero redujo la carga estructural. Los pares radiales chinos, aunque más difíciles de construir, permiten crear curvas complejas y esquinas estéticamente impactantes. Por su parte, los pares paralelos japoneses son más prácticos y funcionales, adecuados para techos lineales y construcciones eficientes. A medida que Japón desarrollaba su propia identidad arquitectónica, comenzó a incorporar detalles decorativos únicos que enriquecieron sus estructuras. Por ejemplo, los keshōtaruki (pares falsos) no cumplían funciones estructurales, pero añadían un toque estético a los aleros. Este enfoque decorativo resalta cómo Japón reinterpretó elementos estructurales chinos, transformándolos en adornos que reflejan su sensibilidad estética.

El intercambio arquitectónico entre China y Japón no solo influyó en la construcción de templos y palacios, sino también en la forma en que ambas culturas entendieron la arquitectura como una expresión cultural. Japón, al adoptar y adaptar elementos chinos, demostró una capacidad notable para absorber influencias extranjeras y transformarlas en algo propio. Este proceso fortaleció la identidad cultural de Japón, y contribuyó a la diversificación y evolución de las tradiciones arquitectónicas en Asia Oriental.

Además, la arquitectura tradicional japonesa, con su enfoque en materiales locales, construcción modular y adaptabilidad al entorno, ofrece lecciones valiosas para los desafíos contemporáneos de sostenibilidad. Su capacidad para crear espacios armoniosos y eficientes, utilizando técnicas simples pero ingeniosas, sigue siendo una fuente de inspiración para arquitectos modernos. Del mismo modo, la monumentalidad y durabilidad de la arquitectura china destacan la importancia de la planificación a gran escala y la utilización de sistemas estructurales avanzados. Ambos enfoques muestran cómo la arquitectura puede responder a las necesidades sociales, políticas y climáticas de una región.

Esta relación entre la arquitectura china y japonesa es un testimonio de cómo las culturas interactúan y evolucionan a lo largo del tiempo. China proporcionó una base técnica y conceptual sólida, mientras que Japón adaptó y refinó estas influencias para crear un estilo arquitectónico único. La arquitectura japonesa, con su simplicidad, ligereza y conexión con la naturaleza, contrasta pero complementa la monumentalidad y grandiosidad de la arquitectura china. Juntas, estas tradiciones ofrecen una rica narrativa de creatividad,

Figura 55-56: Salón principal del templo Nanchan en el monte Wutai de China (izquierda) y Salón Dorado del Tōshōdai-ji de Japón (derecha).





Figura 57-58: Salón de la Suprema Armonía de China (izquierda) y Castillo Nijo de Japón (derecha).

adaptabilidad y expresión cultural que sigue siendo relevante en el mundo moderno.

Personalmente, creo que la tecnología se promueve entre sí y la estética sigue el ritmo de los tiempos. Cada edificio tradicional que vemos hoy en día es una combinación del ingenio de los artesanos de esa época y la estética dominante de la época. La importancia de estudiar la arquitectura tradicional es aprender, absorber y aprovechar la experiencia y las ideas de los antiguos para que nuestra arquitectura moderna pueda seguir progresando. De hecho, Japón comenzó a enviar eruditos a China para aprender conocimientos culturales integrales de las dinastías Sui (581–619 d.C.) y Tang (618–907d.C.), pero esto no significa que los japoneses siempre hayan confiado en los conocimientos aprendidos hace mil años, a partir de ello, se crearon sus propias culturales, propias estéticas, propios conocimientos sobre las técnicas constructivas. Tanto el templo Foguang existente como los datos históricos muestran que la arquitectura de la dinastía Tang y la arquitectura japonesa tienen sus propios estilos. De hecho, la arquitectura japonesa aprendió mucho de la dinastía Tang de China, pero eso no significa que la arquitectura japonesa sea igual a la arquitectura de la dinastía Tang. En otras palabras, en el proceso de desarrollo cultural de Japón, se desarrolló grupos de entramados, pares falsos y hanegi basados en las necesidades y la estética locales, se puede decir que la arquitectura japonesa es completamente diferente de la arquitectura de la dinastía Tang con el invento y la aplicación de estos tres elementos inventados.

BIBLIOGRAFÍA

LIBRO

- Sicheng Liang. 01/2001. "A Pictorial History of Chinese Architecture". Editorial de Arte y Literatura Baihua. (梁思成, 2001/01, 《图像中国建筑史》, 百花文艺出版社).
- Guangchao Zhao. 04/2006. "Not only Chinese wooden buildings". Editorial Vida·Lectura·Nuevos conocimientos Librería Sanlian. (赵广超, 2006/04, 《不只中国木建筑》, 生活·读书·新知三联书店).
- Yao Zhang. 10/2020. "The charm of mortise and tenon joints". Editorial de Prensa de la industria química. (张瑶, 2020/10, 《榫卯的魅力》, 化学工业出版社).
- Sicheng Liang. 05/2005. "History of Chinese Architecture". Editorial de Arte y Literatura Baihua. (梁思成, 2005/05, 《中国建筑史》, 百花文艺出版社).
- Sicheng Liang. 01/2013. "Notes on the "Yingzao Fashi"". Editorial Vida·Lectura·Nuevos conocimientos Librería Sanlian. (梁思成, 2013/01, 《《营造法式》注释》, 生活·读书·新知三联书店).
- Sicheng Liang, Huiyin Lin. 02/2023. "Twenty Lectures on Architectural Art". Editorial Popular de Tianjin. (梁思成, 林徽因, 2023/01, 《建筑艺术二十讲》, 天津人民出版社).
- Sicheng Liang. 03/2023. "Appreciation of ancient architectural hand-painted". Editorial Popular de Tianjin. (梁思成, 2023/03, 《古建筑手绘赏析》, 天津人民出版社).
- Young, David and Michiko. 2007. "The Art of Japanese Architecture". Editorial de Charles E. Tuttle.
- Tsunekazu Nishioka, Shigetaka Miyakami, Kazuo Hozumi. 06/2020. "The Beauty of Japanese Construction (Volume 1)". Traducido por Qiuming Zhang y Yunjie Wang. Editorial de Shanghai People's Press. (西冈常一, 宫上茂隆 著/穗积和夫 绘, 2020/06, 《日本营造之美 (第一辑)》, 译者: 张秋明 王蕴洁, 上海人民出版社).
- Kazuo Nishi, Kazuo Hozumi. 12/1995. "What Is Japanese Architecture?: A Survey Of Traditional Japanese Architecture". Editorial Kodansha International Ltd.
- Tomoya Masuda, Yukio Futagawa. 1971. "Japón, Arquitectura Universal". Editorial Garriga, S.A., Barcelona.

TFG

- Xuehua You. 1986. "A Preliminary Study on the Architectural Scale and Design Planning of Chang'an City in the Tang Dynasty, Vol. 17". Universidad China de Hong Kong. (游学华, 1986, 《唐代长安城建筑规模与设计规划初探, 17卷》, 香港中文大学).
- Yi Pan, Shuang Yuan, Huiqin Wang, Xiaoyue Wang, Yongjun Lin. 15/10/2017. " Numerical analysis of mechanical properties of Touxin Zao and Jixin Zao brackets in ancient wooden structures". Universidad Southwest Jiaotong. (潘毅, 袁双, 王慧琴, 王晓玥, 林拥军, 2017/10/15, 《古建筑木结构偷心造和计心造斗拱力学性能数值分析》, 西南交通大学).
- H J Zhou, H J Zhou, J Huang. 2020. " Analysis of the Differences between Chinese and Japanese Traditional Wooden Architecture". School of Architecture and Design, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 611756, China.
- Fangping Yu. 06/2021. " La construcción madera en China: Dougong". E.T.S. Arquitectura (UPM).

PÁGINA WEB

- " Chang'an City in the Tang Dynasty: Is it one hundred and eight wards?". (唐长安城: 是一百零八坊吗?).
https://m.thepaper.cn/newsDetail_forward_4236729
- " Why is coming to Kyoto, Japan, like going back to Chang'an and Luoyang in the Tang Dynasty?". (为何来到日本的京都, 就好像回到唐代的长安城和洛阳城).
<https://wapbaike.baidu.com/tashuo/browse/content?id=11fca6ecdc3a066af4c55925>
- Yi Qu. 15/04/2017. " Comparison of Housing Culture between China and Japan". (曲艺, 2017/04/15, "中日住宅文化比较")
<https://m.fx361.com/news/2017/0415/1558452.html>
- " The bracket structures and wooden building styles of successive dynasties". (历代斗拱结构与木构建筑造型)
http://www.360doc.com/content/19/1021/17/33885274_868197978.shtml
- " The "Ang" in Dougong". (斗拱中的“昂”)
http://www.360doc.com/content/22/1108/15/48074_1055086069.shtml
- " The Soul of Chinese Ancient Architecture—Dougong". (中国古建筑之魂—斗拱)
<http://www.yuanyegujian.com/news/post/2984/>

- " Typical features of ancient Chinese architecture |Wing angle|". (中国古建筑典型特征 |翼角|)
http://www.360doc.com/content/24/0611/22/2535528_1125949329.shtml
- " Nara Toshodaiji Temple Golden Hall". (奈良唐招提寺金堂)
http://www.360doc.com/content/23/0815/09/43806054_1092555214.shtml
- " Foguang Temple—The Afterglow of the Tang Dynasty". (佛光寺—大唐的余晖)
http://www.360doc.com/content/23/0906/15/33885274_1095454414.shtml
- " History of Chinese Architecture—Differences between Chinese and Japanese ancient architecture". (【中建史】中日古建筑差异)
<https://zhuanlan.zhihu.com/p/369213382>
- 27/02/2020. " A popular misunderstanding: Japan inherited the essence of Chinese Tang-style architecture". Research Institute. (2020/02/27, 一种很流行的误解: 日本继承了中国唐风建筑精髓, Research Institute).
https://www.powerde.com/news_in-8573.html
- "Liang Sicheng: el Salón Dorado del Templo Tōshōdai-ji y la arquitectura de la dinastía Tang en China". (梁思成: 唐招提寺金堂和中国唐代的建筑)
https://www.sohu.com/a/417686806_466973

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

- Figura 1: Tomado de <https://www.ifanr.com/app/1341803>
- Figura 2: Tomado de <http://japan.people.com.cn/n1/2020/0424/c35421-31686958.html>
- Figura 3: Tomado de https://k.sina.cn/article_5227820733_1379a36bd04001bcc0.html?from=movie y https://k.sina.cn/article_5044281310_12ca99fde02001bqeu.html?from=cul
- Figura 4: Tomado de https://www.google.com/search?q=%E4%B8%9C%E5%A4%A7%E5%AF%BA&rlz=1C1YTUH_esES1071ES1071&oq=%E4%B8%9C%E5%A4%A7%E5%AF%BA&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqBggAEEUYOzIGCAAQRrg7Mg0IARAAGAoYDRgTGIAEMgoIAhAAGAgYExgeMgoIAXAAGAgYExgeMgoIBBAAGAgYExgeMgoIBRAAGAgYExgeMgoIBhAAGAgYExgeMgYIBxBFGD3SAQgxMTIyajBqN6gCALACAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Figura 5: Tomado de <https://www.awhouse.art/foguangsi>
- Figura 6: Tomado de <https://xn----kx8a55x5zdu8l3qh8ld.jinja-tera-gosyui-n-meguri.com/%E6%B8%85%E6%B0%B4%E5%AF%BA%E3%81%AE%E8%88%9E%E5%8F%B0%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6%E8%88%9E%E5%8F%B0%E3%81%8C%E5%BB%BA%E3%81%A6%E3%82%89%E3%82%8C%E3%81%9F%E7%90%86%E7%94%B1%E3%83%BB%E6%AD%B4%E5%8F%B2%E3%83%BB%E9%AB%98%E3%81%95%E3%83%BB%E6%9D%90%E6%9C%A8%E3%83%BB%E5%BB%BA%E7%AF%89%E6%B8%85%E6%B0%B4%E5%AF%BA-%E8%88%9E%E5%8F%B0-%E6%9F%B1-%E9%87%98-%E9%80%A0%E3%82%89%E3%82%8C%E3%81%9F%E7%90%86%E7%94%B1-%E6%AD%B4%E5%8F%B2-%E9%AB%98%E3%81%95-%E6%9D%90%E6%9C%A8-%E9%80%A0%E3%82%8A/.html>
- Figura 7: Elaboración propia
- Figura 8: Elaboración propia
- Figura 9: Elaboración propia
- Figura 10: Elaboración propia
- Figura 11: Elaboración propia
- Figura 12: Elaboración propia

- Figura 13: Elaboración propia
- Figura 14: Tomado de <https://read01.com/zh-mo/jEzBDmm.html>
- Figura 15: Tomado de <https://hxycwz.com/html/htm20170401258798.html> y <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%8F%E5%B1%8B%E7%B B%84>
- Figura 16: Tomado de http://www.360doc.com/content/23/0815/09/43806054_1092555214.shtml
- Figura 17: Tomado de http://www.360doc.com/content/23/0815/09/43806054_1092555214.shtml
- Figura 18: Tomado de http://www.360doc.com/content/23/0815/09/43806054_1092555214.shtml
- Figura 19: Tomado de <https://yosh-k.hatenablog.com/entry/2022/05/18/083110>
- Figura 20: Elaboración propia
- Figura 21: Tomado de <https://album.udn.com/kocj/photo/27131906>
- Figura 22: Tomado de <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%87%8E%E5%B1%8B%E6%A0%B9>
- Figura 23: Tomado de https://www.sohu.com/a/417686806_466973
- Figura 24: Tomado de <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%87%8E%E5%B1%8B%E6%A0%B9>
- Figura 25: Tomado de <http://blog.livedoor.jp/taa2003/archives/50428547.html>
- Figura 26-27: Tomado de https://www.chion-in.or.jp/mieido_letter/818/
- Figura 28: Tomado de http://www.360doc.com/content/23/0906/15/33885274_1095454414.shtml
- Figura 29: Tomado de <https://tianshu.xyz/blog/168/>
- Figura 30: Elaboración propia
- Figura 31: Elaboración propia
- Figura 32: Elaboración propia
- Figura 33: Tomado de https://www.powerde.com/news_in-8573.html

- Figura 34: Tomado de <https://unsplash.com/es/s/fotos/edificios-en-china>
- Figura 35: Tomado de https://www.facebook.com/ArtFocus.11/posts/2221525614682240/?_rdr
- Figura 36: Tomado de https://zh.wikisource.org/wiki/File:Imperial_Encyclopaedia_-_Music_-_pic088_-_%E5%AF%86%E7%8E%87%E6%BA%90%E6%B5%81%E5%9C%96.svg
- Figura 37: Elaboración propia
- Figura 38: Elaboración propia
- Figura 39: Elaboración propia
- Figura 40: Elaboración propia
- Figura 41: Elaboración propia
- Figura 42: Elaboración propia
- Figura 43: Elaboración propia
- Figura 44: Elaboración propia
- Figura 45: Tomado de <https://wapbaike.baidu.com/tashuo/browse/content?id=03557a8ffaa03c9226d3e4b6>
- Figura 46: Tomado de <https://tabigatari.jp/post/id347>
- Figura 47: Tomado de http://www.360doc.com/content/22/1108/15/48074_1055086069.shtml
- Figura 48: Elaboración propia
- Figura 49: Elaboración propia
- Figura 50: Tomado de http://www.360doc.com/content/23/0815/09/43806054_1092555214.shtml
- Figura 51: Elaboración propia
- Figura 52: Tomado de http://www.360doc.com/content/22/1108/15/48074_1055086069.shtml
- Figura 53: Tomado de http://www.360doc.com/content/22/1108/15/48074_1055086069.shtml
- Figura 54: Elaboración propia

- Figura 55: Tomado de https://en.wikipedia.org/wiki/Nanchan_Temple
- Figura 56: Tomado de <https://www.toshodaiji.jp/english/>
- Figura 57: Tomado de <https://www.dpm.org.cn/explore/building/236439.html?hl=%E5%A4%AA%E5%92%8C%E9%97%A8%E7%9A%84%E5%B0%8F%E5%85%BD%E6%9C%89%E5%87%A0%E4%B8%AA>
- Figura 58: Tomado de <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%8C%E6%A2%9D%E5%9F%8E>

