

LOS ARBOTANTES OCULTOS EN LAS BASÍLICAS ABOVEDADAS DE TRES NAVES

MASKED FLYING BUTTRESSES IN VAULTED BASILICAS

Ignacio García Casas
igarcas@arquired.es

Resumen

En su evolución, la basílica romana abovedada abandona la bóveda de cañón propia del románico y adopta la de crucería en lo que constituye uno de los aspectos formales más característicos del gótico. Esta transformación recurre a la generación de nuevos elementos de contrarresto y soporte de empujes y cargas más complejos, si cabe, en las basílicas de tres naves.

Si la forma tradicional románica de contrarrestar la bóveda de cañón es con bóvedas de entibo elevadas sobre las naves laterales, la bóveda de crucería recurre a los arbotantes: arcos exentos, en su imagen más estereotipada, capaces de salvar las naves laterales por encima de sus cubiertas.

Sin embargo este tipo de arbotante, en determinados casos, no ha quedado plenamente desarrollado al verse condicionado por la persistencia de las tribunas sobre las naves laterales. De este modo, en el periodo en el que aún conservando las tribunas se adopta la bóveda de crucería, los arbotantes quedan ocultos y protegidos bajo las cubiertas de las naves laterales y entre los muros de dichas tribunas. En la arquitectura española se puede apreciar esta evolución, a medio camino entre la bóveda de entibo y el arbotante exento, en los templos catedralicios gallegos.

Summary

As the Roman vaulted basilica model evolved, the barrel vault typical of Romanesque architecture was gradually replaced by the ribbed vault, one of the most characteristic features of Gothic structures. In this transformation, new members were generated to counteract and carry the more complex thrusts and loads present in nave and aisle or three-nave basilicas.

While the thrust from Romanesque barrel vaults was traditionally counteracted by counter vaults built over the aisles, in ribbed vaults it was absorbed by flying buttresses: in their most stereotypical form, unengaged arches or semi-arches spanning the roofs of the lateral naves or aisles below.

In certain cases, however, flying buttress development was stymied by the persistence of galleries rising over the aisles. Indeed, in the transition period when such galleries and ribbed vaults co-existed, flying buttresses were masked, running underneath the roofs covering the aisles and inside the gallery walls. This transitional arrangement, midway between the counter vault and the flying buttress, is visible in Spanish architecture, specifically on cathedrals in Galicia.

Introducción

En la evolución de las construcciones abovedadas surge, por diversas vías, el arbotante como elemento exento adaptado no solo para sus funciones estructurales sino para hidráulicas de evacuación de aguas pluviales. Una de estas vías pasa por la transformación de las bóvedas de entibo sobre naves laterales, en arbotantes ocultos bajo la cubierta que cubre dichas naves. En España encontraremos ejemplos de esta evolución en la sucesiva construcción de templos catedralicios en Galicia.

1. La basílica abovedada

Las bóvedas pesadas transmiten por sus estribos empujes laterales a los muros y pilastras que los soportan y que es preciso contrarrestar. En la arquitectura oriental el contrarresto se produce mediante escalonamiento de bóvedas y semicúpulas de contrarresto adoptando plantas centralizadas más o menos complejas. En la arquitectura religiosa occidental persiste la planta basilical romana de una o varias naves longitudinales y desarrollo en eje adoptando, a lo largo de los estilos y de los tiempos, diversos sistemas de equilibrio (figura 1).

En las primeras basílicas abovedadas se contrarresta este empuje aumentando el espesor de los muros, evolucionando hacia la concentración de este esfuerzo en determinados elementos: los arcos formeros, las pilastras adosadas y los contrafuertes, como se puede observar ya en la arquitectura prerrománica asturiana y visigoda. En este sentido, la arquitectura asturiana supone una ruptura con la visigoda, ya que aquella recurre a la planta basilical, mientras que la visigoda desarrolla la cruciforme, de origen oriental. Este factor se atribuye a contactos con el imperio Carolingio a través del Camino de Santiago.

Introduction

The flying buttress, which developed in a number of different ways with the evolution of vaulted structures, is an unengaged member adapted not only to fulfil its structural purpose but to evacuate rainwater as well. One such development was the transformation of counter vaults built over church aisles into the flying buttresses concealed under the aisle roofs. In Spain, examples of this evolution can be found in the cathedrals successive built in Galicia.

1. Vaulted basilicas

The lateral thrust transmitted by heavy vaults across their piers to walls and pilasters has to be counterbalanced. In oriental architecture this was achieved by stair-stepping a series of vaults and erecting counter semi-domes with centralized, more or less complex plan designs. The Roman basilican plan design with one or several longitudinal naves on a single axis persisted in western religious architecture, adopting different counterbalancing systems as styles and times changed (figure 1).

The solution deployed in early vaulted basilicas, counteracting thrust by increasing the thickness of the walls, gradually evolved as loads were concentrated on specific members: longitudinal arches, engaged pilasters and buttresses, such as in Asturian and Visigothic pre-Romanesque architecture. In this regard, Asturian can be clearly differentiated from Visigothic architecture, for while the former resorted to basilican design, the latter adopted the oriental cruciform scheme. This oriental influence is attributed to contacts with the Carolingian Empire resulting from the Medieval pilgrimage route known as the Camino de Santiago.

El abovedamiento de templos y la ejecución de arcos fajones, pilastras interiores y contrafuertes se desarrolla en el periodo ramirense en el s. IX: dos siglos antes que en Europa¹.

In Asturias, the vaulting of temples and the erection of ribbed arches, interior pilasters and buttresses dates from the reign of Ramiro I in the ninth century: two hundred years before they began to be used in the rest of Europe¹.

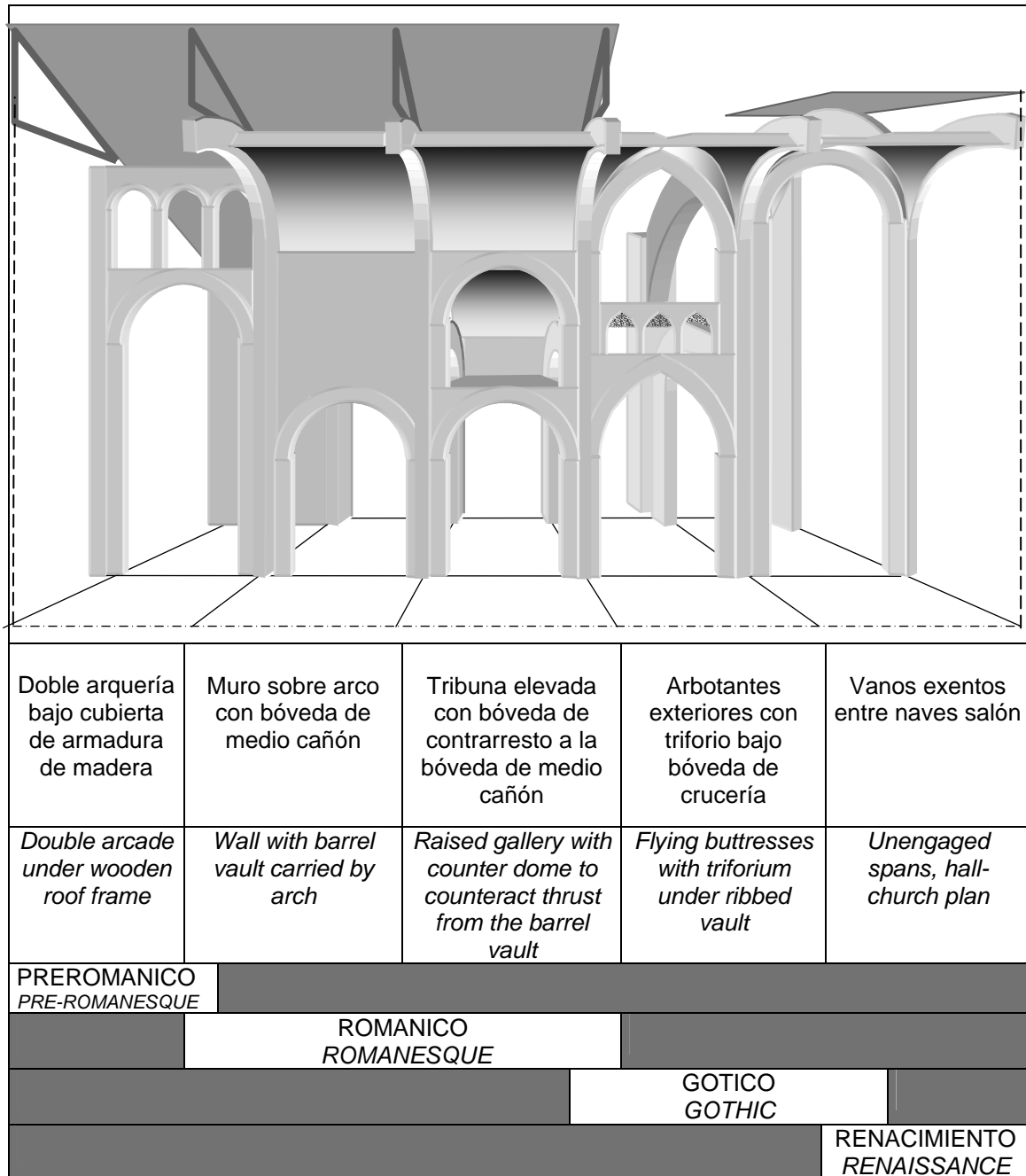


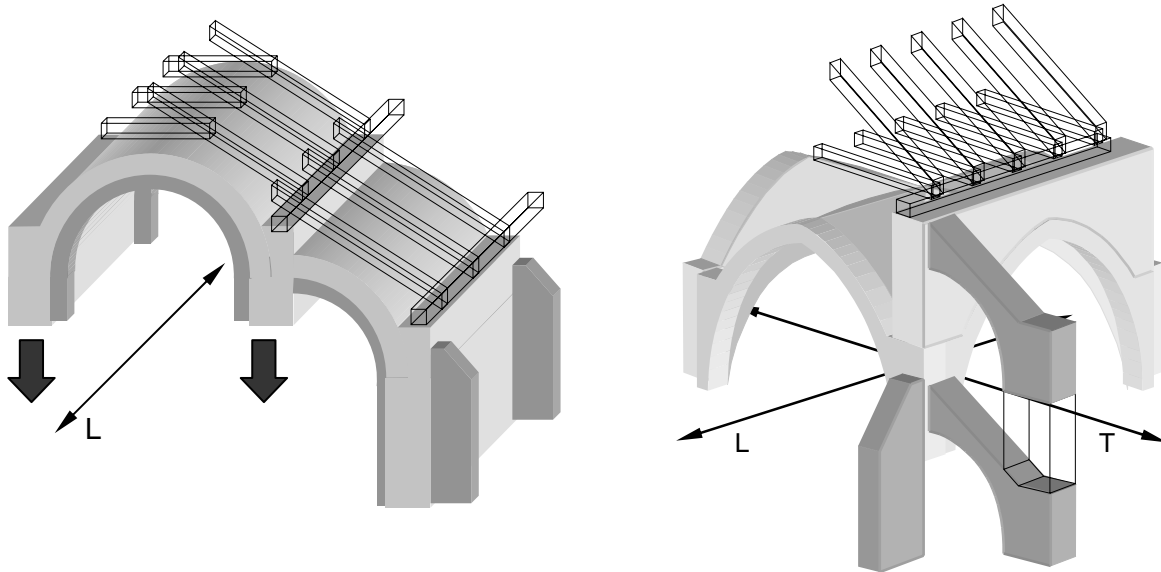
Fig. 1. Abovedado de arquerías en hilera en los templos cristianos.
Arcade vaults in Christian temples

Cuando la basílica de origen romano adopta la bóveda de piedra, conforma un espacio cerrado con una membrana en continuación de la fábrica de sus muros dotando al conjunto de mayor estabilidad que la proporcionada por la simple armadura de cubierta apoyada en coronación de muros. De este modo, además, la bóveda proporciona a la nave de estanqueidad frente al deterioro (por ignición, pudrición o degradación biótica) que pudiera sufrir la estructura leñosa superior. Se mantiene así en el modelo románico y en los posteriores una bóveda que ata muros y que conforma un conjunto monolítico y una armadura superior leñosa apoyada sobre la prolongación de los estribos de la bóveda que sirve de soporte a los faldones de cubierta. La bóveda sustituye a los artesonados de madera que cubrían las naves mientras que el ábside se resuelve estereotómicamente. La bóveda se interpone entre el espacio interior y la estructura de cubierta desempeñando así la función de proteger el interior del templo de los frecuentes incendios de las estructuras leñosas, bien por sucesos fortuitos y tormentas o provocados intencionadamente en tiempo de guerra.

Aunque la solución constructiva se mantiene pese a la evolución de la tipología basilical, se renuevan los elementos constructivos al abandonarse el empleo de la bóveda de cañón, desarrollada sobre un solo eje longitudinal, para adaptar la bóveda de crucería desarrollada sobre dos ejes transversales (figura 2). Mientras que en la bóveda de cañón la armadura de pares de cubierta puede apoyarse longitudinalmente en la bóveda o en sus estribos, bien directamente o a través de enanos, en la bóveda de crucería se requiere una mayor elevación de dicha armadura para salvar la clave de la bóveda. Habitualmente se resuelve sin apoyos intermedios (cubiertas de par-hilera o par y nudillo) o mediante apoyos en el extradós de la bóveda a través de pies derechos (cubierta de par y picadero).

When the stone vault was adopted in Roman basilican construction, the closed space created by the continuous membrane springing from its walls provided the overall structure with greater stability than could be afforded by a mere roof frame resting on top of the walls. In addition, the vault protected the nave from the deterioration (due to fire, decay or biotic degradation) affecting the wooden outer structure. Romanesque and later models maintained this solution as a way of tying the walls into a monolithic whole. In these temples, the wooden roof frame was carried by the outward extension of the vault walls while the sides of the roof rested on the vault itself. The vault replaced the wooden coffered ceilings that formerly covered naves, while the apse was built of carved stone.

Although this solution was maintained despite the evolution of basilican typology, new forms of construction appeared when the barrel vault with its single longitudinal axis was replaced by the ribbed vault, designed around two transverse axes (figure 2). Whilst in the barrel vault the rafters could rest longitudinally on the vault or its walls, either directly or through short uprights, in the ribbed structure the framework had to be raised to a higher elevation to clear the top of the vault. This was generally done without intermediate supports (rafter and ridgeboard) or with supports carried by the vault extrados to which they were connected by struts (rafter and purlin).

**Modelo románico**

- Bóveda de cañón contrarrestada por bóveda de entibo y armadura leñosa superior

Romanesque model

- *Barrel vault with thrust counteracted by counter vault; wooden roof frame.*

Modelo gótico

- Bóveda de crucería contrarrestada por arbotantes contrafuertes y armadura leñosa superior

Gothic model.

- *Ribbed vault with thrust counteracted by flying buttress; wooden roof frame.*

Fig. 2

La evacuación de pluviales también evoluciona hacia soluciones más sofisticadas que han de resolver el vertido de aguas sobre las cubiertas escalonadas de las naves, adoptando, en las construcciones más sencillas gárgolas que vierten al exterior sobre el terreno o sobre faldones intermedios o canales labrados sobre la sillería de los arbotantes y botareles en las cubiertas de las basílicas más evolucionadas. Las canalizaciones sobre arbotantes adoptan una traza ensillada, es decir, un cambio de pendiente suavizado al acometer el botarel con objeto de reducir la velocidad de vertido y el arco de descarga del agua en caída libre. El ensillado se completa con la gárgola que aleja el chorro de agua en caída libre de la vertical de la fachada. El desagüe varía en función de la entidad del botarel y de la posibilidad de elevar pináculos. Si la construcción carece de pináculos el tramo ensillado del canal discurre sobre la coronación del propio botarel.

More sophisticated solutions for rainwater evacuation were also developed to solve the problem of the water running off the higher roof onto the lower aisle roofs. In the simplest cases this involved the use of gargoyles that emptied directly on to the ground. In more highly developed basilicas, however, the runoff flowed onto intermediate roofs or into channels carved in the stones on the flying buttresses and piers or buttresses. In the flying buttresses the grooved stones were stair-stepped to mitigate the change in slope where they abutted with the buttress, slowing the flow rate and narrowing the spill arch of the water. These stones in turn ended in a gargoyle that emptied on to the ground at a certain distance from the facade. Drainage design varied depending on the size of the buttress and whether or not it was weighted with a pinnacle.

Si se dota de pináculos se traspasa esta barrera mediante una canalización perforada en su base. En los arbotantes de la catedral de Salamanca y en los de la catedral de Astorga, la canalización se bifurca al alcanzar el botarel hasta verter por dos gárgolas simétricas evitando de esta forma la perforación de la base del pináculo.

2. Modelos basilicales de tres naves

Los muros interiores, situados bajo dos naves contiguas de diferente altura o luz de crujía, no solo están sometidos al peso de las mismas, sino a un empuje resultante del diferencial entre el generado por cada nave. Este problema persiste con la evolución del templo cristiano que tiende a alcanzar construcciones más estilizadas conjugando tres retos constructivos:

- Aligeramiento de las fábricas de piedra.
- Mayor iluminación de las naves.
- Canalización y protección frente a las aguas pluviales

Podemos establecer, en base a la respuesta dada a estos problemas, seis modelos de templo basilical como hitos referenciales en su evolución.

Where pinnacles obstructed the flow of water across the buttress, a channel was bored through their base. Other solutions were sometimes found, however, such as in Salamanca and Astorga Cathedrals, where the channels split in two when they reach the buttress and empty into two symmetrical gargoyles, obviating the need to perforate the base of the pinnacle.

2. Nave and aisle and three-nave basilicas

Interior walls located between nave and adjacent aisle with different spans receive not only the weight of the nave and aisles, but the resultant of the differential between the thrust generated by each. This problem persisted as Christian temples evolved toward lighter and lighter structures, posing three inter-related challenges:

- *Reduction of stone masonry weight.*
- *Provision of more light in naves.*
- *Channelling rainwater for protection against weathering.*

Based on the solutions adopted to remedy these problems, six types of basilican churches can be defined as milestones in the evolution of this architectural model.

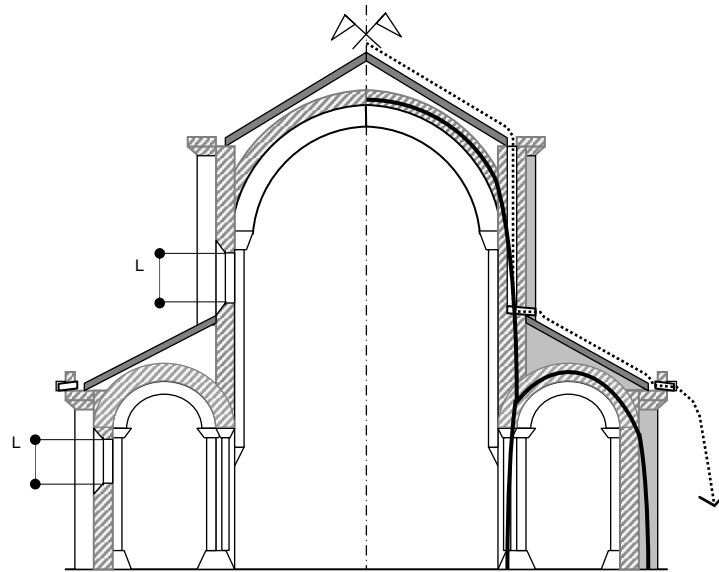


Fig. 3

2.1. Basílica con naves escalonadas.

La altura y luz de la nave central supera a la de las naves laterales marcando una notoria jerarquía entre espacios: el espacio central se destina a la función de culto principal y las laterales permiten deambular en su entorno y en el de las capillas que pudieran abrirse. La diferencia de altura entre naves permite abrir huecos de iluminación en la coronación de los muros que cierran el espacio central por encima de la columnata entre naves. El empuje diferencial entre bóvedas se canaliza por los muros entre naves y sus columnas o pilastras inferiores motivo por lo que se incrementa su peso. Esto requiere el trazado de muros reforzados al exterior con contrafuertes y al interior por semicolumnas y baquetones adosados a las pilastras entre naves en el plano transversal de los arcos fajones, semicolumnas que, en muchos casos, se interrumpen antes de alcanzar el suelo (figura 3).

Este modelo se adopta en las abadías cistercienses y que trasciende también a los templos catedralicios: catedrales de Tarragona y Sigüenza.

2.1. Basilica with nave and lower aisles.

The central nave was taller and received more light, creating an obvious spatial hierarchy: the central area was devoted to worship while the lateral aisles could be used for circulation or the installation of chapels. These two features were closely related, for given the difference in height, the upper walls enclosing the central area above the colonnade that divided nave and aisles could accommodate large cut-outs for lighting. The differential thrust between vaults was channelled by the walls between nave and aisles and their columns or lower pilasters, which explains the greater weight of these members. This required reinforcing the walls on the outside with buttresses and on the inside with half columns and reeding engaged in the pilasters, the latter positioned between nave and aisles and cross-wise to the transverse arches. The half columns often did not reach the ground (Figure 3).

The above model was used in Cistercian abbeys as well as in a number of cathedrals such as at Tarragona and Sigüenza.

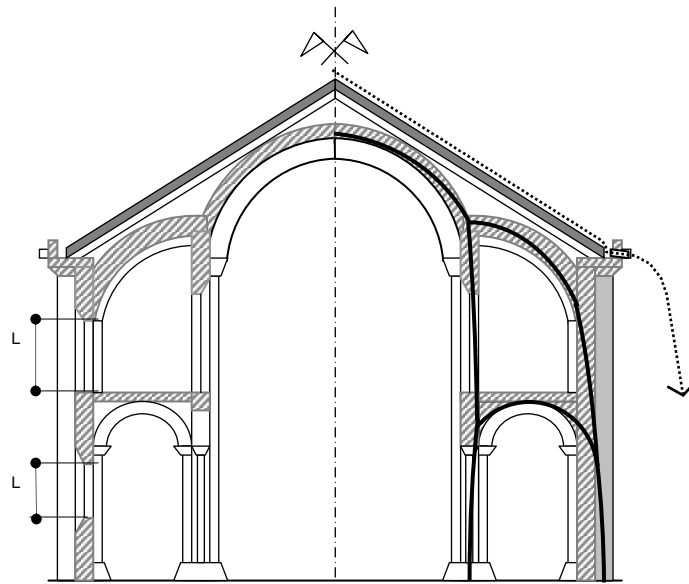


Figure 4

2.2. Basílica con naves escalonadas y tribunas

El espacio superior a las naves laterales se aprovecha para construir tribunas abiertas a la nave central. Es difícil establecer su origen funcional, bien por la necesidad de disponer de mayor espacio para el culto, bien para establecer espacios específicos para personas de diferente clase o sexo. Desde un punto de vista constructivo, las tribunas alteran el sistema de equilibrio. Originalmente su cubrición con bóvedas de medio o cuarto de punto contrarresta el empuje de la bóveda central reduciendo de este modo el espesor y los elementos adosados a las columnas entre naves. Por este motivo dichas bóvedas se las denomina también no solo por su traza sino por su función como bóvedas de entibo. Los faldones de cubierta ya no se escalonan sino que continúan el plano de los dos de la nave central simplificando así la evacuación de aguas pluviales lo que pudiera explicar su mayor implantación en regiones especialmente húmedas como es el caso de Galicia (figura 4).

La adaptación progresiva de la bóveda de crucería como alternativa a la bóveda de cañón genera cambios en los sistemas de contrarresto de modo que las bóvedas de entibo pierden su función al concentrar los estribos de la bóveda de crucería en las pilastras. La bóveda de entibo se estiliza hasta reducirse a un arco: el arbotante. Este proceso evolutivo afecta a algunos templos en el pleno proceso constructivo lo que da lugar a cambios sobre la marcha en la disposición de bóvedas y sistemas de contrarresto. La Catedral de Tuy y la Iglesia de San Vicente de Ávila son un claro ejemplo.

2.2. Basilica with naves and lower aisles with galleries

Galleries opening on to the central nave were built in the space above the aisles. The functional origin of these galleries is difficult to establish: the need for more space for worship is one possibility; the wish to establish specific areas to separate people by sex or class is another. These galleries altered the structural balance of the basilica. Originally, their barrel or semi-vaults counteracted the thrust from the central vault, reducing the thickness and number of members attached to the columns between nave and aisles. Consequently, these vaults are named not only for their shape but for their purpose as counter vaults as well. The roofs over these aisles were not lower than, but continued along the same plane as the roof over the central nave. This simplified the evacuation of rainwater, which may explain the greater prevalence of such basilicas in particularly wet regions such as Galicia (Figure 4).

The gradual implementation of the ribbed vault as an alternative to barrel vaults generated changes in the systems for counteracting thrust, rendering counter vaults redundant, for the ribbed vault piers converged on pilasters. As a result, the counter vault progressively tapered into an arch: the flying buttress. Some temples – Tuy Cathedral and St Vincent's Church at Ávila among them – were modified in this regard as they were being built, giving rise to on site changes in vault positioning and thrust countering systems. Tuy Cathedral and San Vicente Church of Ávila are clear example.

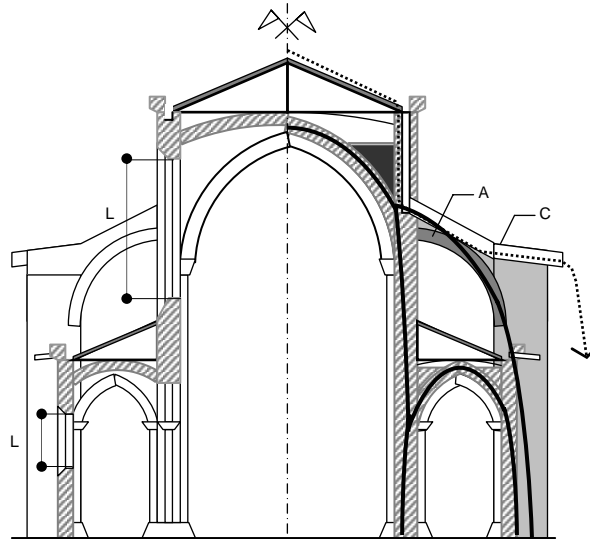


Fig. 5

2.3. Basílica con naves escalonadas y una hilera inferior de arbotantes

Una vez adoptada la bóveda de crucería, los arbotantes transmiten su empuje a los botareles elevados por encima de la cota de las naves laterales. El arbotante queda a la intemperie sin el arrostramiento que aportaba el muro exterior de las tribunas por lo que su trazado debe solventar posibles problemas de giro o pandeo en el plano transversal al de su traza². En la catedral de de St. Just. Narbona, Francia están acodalados excepcionalmente sus arbotantes en el plano transversal mediante arcos de entibo (Figura 5).

Si de este modo se vuelve a recuperar el paño elevado de iluminación de la nave central, continua sin embargo el mismo sistema de apoyo de armadura. La evacuación de aguas en la cubierta de la nave central se efectúa mediante bajantes hasta descender hasta la coronación de los arbotantes. A partir de ahí, las aguas canalizadas transcurren por el extradós de los arbotantes.

2.3. Basilica with nave, lower aisles and a single low row of flying buttresses

In ribbed vault construction, the flying buttresses transmitted the thrust to buttresses that stood taller than the aisles. The flying buttress was therefore exposed to the elements and bereft of the bracing provided by the outer wall of the galleries. As a result, its design had to address possible problems of rotation or buckling along the plane perpendicular to its length². Once such, albeit exceptional, solution is to be found in St Just. Cathedral at Narbonne, France, whose flying buttresses are transversally stayed by counter arches (Figure 5).

While with this scheme the upper wall was freed of attached structures, enhancing the lighting in the central nave, the system for carrying the roof frame had not changed. Rainwater was evacuated from the central nave by means of downpipes that emptied on to the top of the flying buttresses. From there, the water was channelled across the extrados to the buttress.

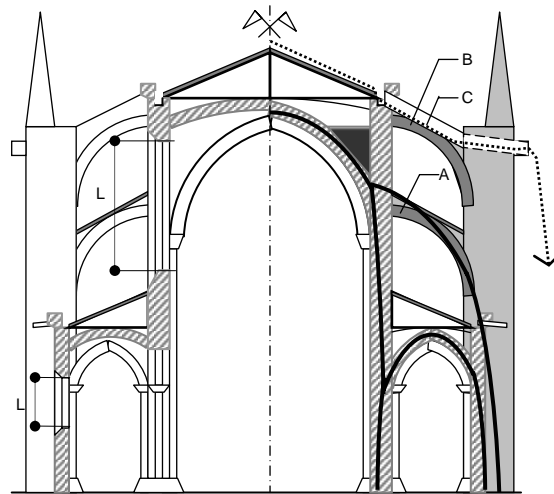


Fig. 6

2.4. Basílica con naves escalonadas y doble hilera de arbotantes

La estabilidad de la armadura de cubierta se confía a una segunda hilera superior de arbotantes que la estriban en sus puntos de apoyo sobre la fábrica de piedra, contrarrestan el empuje del viento y arriostran en coronación los muros levantados sobre la columnata entre naves. De este modo, la nave central puede alcanzar mayor esbeltez y aumentar sus huecos de iluminación.

El agua de pluviales que cae sobre la cubierta de la nave central se canaliza directamente por el extradós de los arbotantes elevados. Si se dota de pináculos a los botareles en que estriban los arbotantes, el canal labrado sobre los arbotantes se topa con la base de su pináculo correspondiente. Para conseguir su continuidad se perfora la base del pináculo con un canal o se rodea ésta con dos canales simétricos perimetrales que vuelven a unirse para acometer a la gárgola final del otro extremo del botarel. Las catedrales de Burgos y León responden a este modelo.

2.4. Basilica with nave, lower aisles and a double row of flying buttresses

Here, the roof frame was stabilized by means of a second, upper row of flying buttresses that not only shored it at the points where it rested on the stone wall, but countered wind action and braced the walls built over the colonnade between nave and aisles. With this upper bracing thinner walls could be built, with larger cut-outs for lighting the central nave.

The rainwater falling on the roof of the central nave was channelled directly across the extrados of the upper row of flying buttresses. When the buttresses were weighted with pinnacles, a solution had to be found to clear these elements. This generally consisted in boring a channel through their base or encircling them with two symmetrical grooves that reconverged downstream of the pinnacles, emptying into the gargoye on the other side of the buttress. This was the model used at Burgos and Leon Cathedrals.

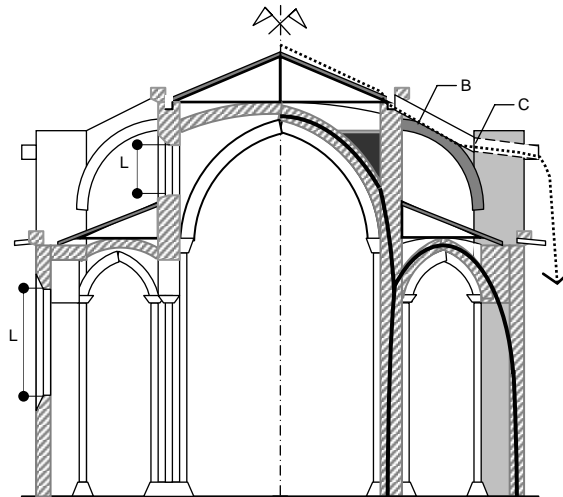


Fig. 7

2.5. Basílica con naves-salón escalonadas y una hilera superior de arbotantes

Las naves laterales ya no se conciben como deambulatorios en torno a la nave principal sino que la mayor estilización de las columnas entre naves lograda permite incorporar su espacio al rito de la nave central. Una mayor altura de las naves laterales permite el re-equilibrio de empujes entre bóvedas por lo que se puede prescindir de la primera hilera de arbotantes. La iluminación directa a la nave central se reduce pero se compensa con nuevos huecos en la coronación de los muros laterales por encima, si las hubiera, de las capillas periféricas (Figura 7).

2.5. Three-nave basilica (Hallenkirche) with a single upper row of flying buttresses

Here the lateral naves were not designed to be aisles flanking the central nave. Rather, thanks to the greatly slenderized columns, they could be incorporated into the rites held in the centre of the temple. As a result of the higher elevation of the lateral naves, the thrusts from the various vaults counteracted one another and the lower row of flying buttresses was no longer needed. The reduction in the amount of direct daylight in the central nave was compensated by windows opened in the upper part of the walls built over top of any peripheral chapels (Figure 7).

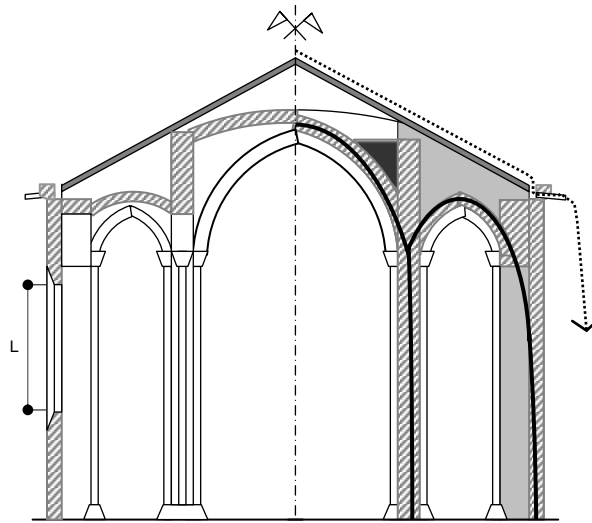


Fig. 8

2.6. Basílica con naves-salón

Las bóvedas laterales y la central arrancan de estribos al mismo nivel en la coronación de la columnata equilibrando sus empujes. La diferente luz y flecha entre bóvedas permite trazar una sola cubierta a dos aguas para cubrir todo el templo.

3. De la bóveda de entibo al arbotante bajo cubierta

En la transición de los modelos de bóveda de medio cañón contrarrestada por bóvedas de entibo laterales a la de crucería contrarrestada por arbotantes se sitúan aquellos templos en los que, por diversas razones funcionales (el uso de las tribunas) técnicas (la cobertura de los elementos constructivos de contrarresto) o históricas (cambio del sistema abovedado inicialmente previsto en el transcurso de la propia construcción del templo), mantienen las tribunas pero se adopta la bóveda de crucería debiendo transformar, consecuentemente el estribado lineal derivado a una bóveda de entibo en un estribado por puntos estabilizados mediante muros contrafuertes perforados (Figura 9).

2.6. Three-nave basilica (Hallenkirche)

In this model, the lateral and central nave vaults were built to spring from piers positioned at the same elevation at the top of the colonnade; as in the preceding type, the various thrusts were mutually counteracted. As a result of the differences in vault span and deflection, the basilica could be covered with a single double-pitch roof.

3. From the counter vault to the masked flying buttress

Temples which, for functional (use of galleries), technical (roofing over counteracting members) or historical (change in the vaulting system initially planned during construction) reasons maintained galleries but adopted the ribbed vault illustrate the transition from the earlier barrel vault model with lateral counter vaults to the ribbed vault counteracted by flying buttresses. This process involved the transformation of the linear bracing provided by counter vaults into bracing at stabilized points by means of perforated buttress walls (Figure 9).

Aunque esta transformación deriva en la aparición del arbotante, no constituye por ello el único foco originario del mismo.

Giovannoni sitúa en Roma el origen del arbotante como una innovación excepcional en el proceso de asimilación y perfeccionamiento de los elementos constructivos heredados de Asia, más concretamente de Persia, - arcos cúpulas y columnas - y de Grecia³. Sin embargo, en la construcción romana no se llega a adoptar la traza asimétrica propia del arco cojo y característica del arbotante. Éste reaparece en el s. XII en la isla de Francia, habiéndose utilizado en la arquitectura románica como solución derivada de la perforación de los muros contrafuertes de la nave central para circulación por las galerías de acceso a los triforios.

This transformation led to the advent of the flying buttress, a structure, however, with multiple origins.

According to Giovannoni, Rome was the origin of the flying buttress, which would have been an exceptional innovation in the assimilation and perfection of construction members – arches, domes and columns – inherited from Asia, and more specifically Persia and Greece³. Nonetheless, Roman construction never adopted the asymmetrical design of the characteristic ramp arch used in flying buttresses. This arch reappeared in the twelfth century in Île de France. It was a descendant of the arches used in Romanesque architecture when aisles were built into the buttress walls of the central nave to access the triforium galleries.

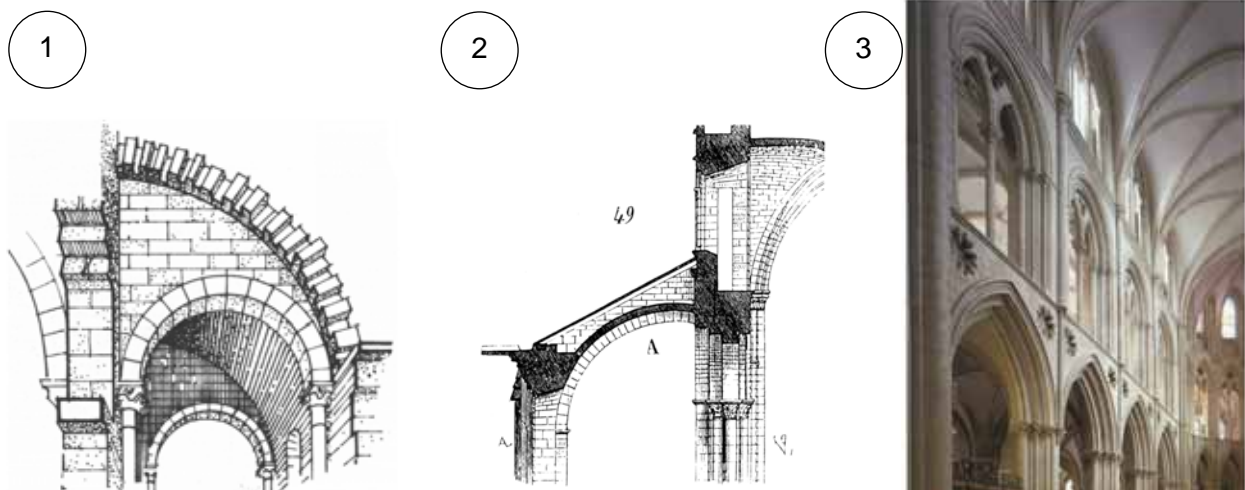


Fig. 9. Contrarresto de empujes mediante bóveda de entibo y muros contrafuerte perforados.

Thrust counteracted by counter vault and perforated buttress walls.

- 1 Bóveda de medio cañón arriostrada por arcos fajones según Viollet-Le-Duc⁴.
- 2 Acodalamiento de la bóveda de crucería mediante bóveda de medio cañón. Sección de la tribuna de la iglesia de Saint Etienne de Caen, Calvados, Francia, según Viollet-Le-Duc⁵.
- 3 Tribunas del Coro ejecutadas en torno a 1200.

- 1 *Barrel vault carried by transversal arches, from Viollet-Le-Duc⁴.*
- 2 *Ribbed vault braced by barrel vault Section of gallery on Saint Etienne de Caen Church, Calvados, France, from Viollet-Le-Duc⁵.*
- 3 *Choir galleries erected circa 1200.*

Augusto Choisy identifica la aparición del arbotante con las innovaciones técnicas de la arquitectura gótica: "(...) el único órgano de equilibrio verdaderamente original que pertenece unívocamente a la arquitectura gótica es el que asegura la estabilidad de las bóvedas en el difícil caso en el que las bóvedas deben descansar sobre simples pilastras. Este es el caso de las naves bordeadas de colaterales; el elemento nuevo que interviene en su estabilidad es el arbotante"⁶. En el mismo sentido opina Lamperez al analizar su aparición en la arquitectura española: "*El arbotante es un arco que transmite a distancia el empuje de la bóveda. Como he dicho, es el elemento característico de la arquitectura ojival, aunque no tanto como la bóveda de crucería, pues de hecho subsiste aquella aunque no haya arbotantes, y en España los ejemplos de ello son numerosísimos y constituyen uno de los caracteres de la nacionalización del estilo*"⁷.

La aparición del arbotante queda asociada al desarrollo de la bóveda de crucería, ejecutada por primera vez en Normandía como solución para cubrir las naves de los templos. La necesidad de mayores espacios para acoger a los fieles requería anchos de nave no resolubles con la bóveda de cañón debido al enorme empuje generado sobre muros y contrafuertes. La bóveda de crucería soluciona este problema, concentrando la carga en determinados puntos al tiempo que facilita la perforación del muro por mayores huecos de luz: los clerestorios.

Al igual que sucede durante la construcción de la catedral de Durham (Figura 10), en España determinadas catedrales, comenzadas sobre planta románica en previsión de una bóveda de cañón, terminan por adoptar la bóveda de crucería, lo que a su vez da lugar a modificaciones en los elementos de contrarresto sustituyendo las bóvedas de medio cañón sobre las tribunas por arcos fajones con disposición y funciones de arbotantes escondidos bajo las cubiertas laterales. "No está fuera de lógica pensar también que el arbotante pudo originarse de las bóvedas de botarel reducidas a una estrecha zona aislada y actuando en un punto localizado, al substituirse el empuje continuo de las bóvedas románicas por el aislado de las ojivales"⁸.

*Choisy identified the appearance of flying buttresses with the technical innovations inherent in Gothic architecture: "(...) the sole truly original structural member that can be univocally attributed to Gothic architecture is the element that ensured the stability of vaults under the difficult conditions created when these structures rested on mere pilasters. Such is the case of naves flanked by aisles; the new member that contributed to stability was the flying buttress"*⁶. *Lamperez defended a similar position in his analysis of its appearance in Spanish architecture: "The flying buttress is an arch that transmits thrust from the vault to a detached member. As mentioned above, it is the characteristic element of ogee architecture, although less so than the ribbed vault, which in fact persisted even after flying buttresses disappeared. In Spain, where there are any number of examples, it constitutes one of the features of the nationalization of the style"*⁷.

The appearance of the flying buttress is associated with the development of the ribbed vault, erected for the first time in Normandy as a solution for enclosing the top of temples. The need to accommodate larger numbers of worshipers called for nave widths that could not be spanned by barrel vaults due to the enormous thrust generated on walls and buttresses. The ribbed vault solved this problem, for as the loads were concentrated on certain points of the temple, the walls could contain larger cut-outs for lighting: the clerestories.

*As in the case of Durham Cathedral (Figure 10), certain cathedrals in Spain, initially designed to a Romanesque plan with a barrel vault, were finally built with a ribbed vault. This, in turn, necessitated changes in the counteracting arrangements, in which the barrel vaults over the galleries were replaced by transverse arches, veritable flying buttresses from the standpoint of position and purpose, although hidden underneath the roofs covering the aisles. "Nor is it illogical to presume that the flying buttress may also owe its origin to the counter vault, which would have been gradually narrowed to the size of an arch, acting on a specific point when the continuous thrust of the Romanesque vault was replaced by the isolated thrust generated by the ogee equivalent"*⁸.

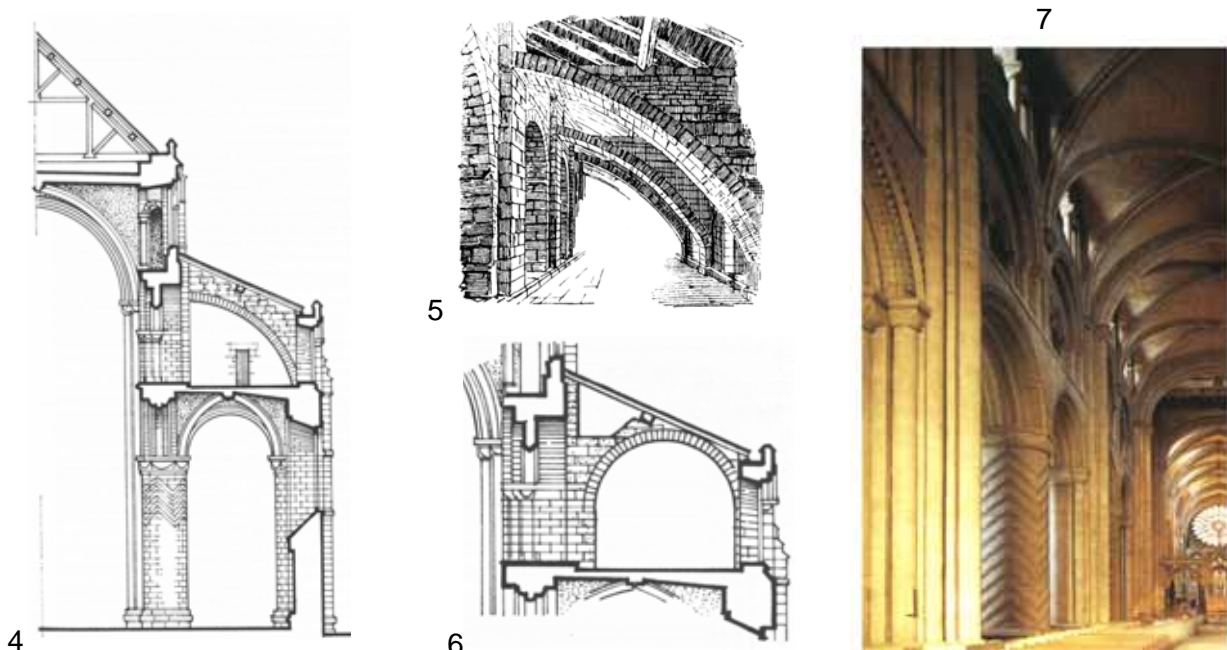


Fig. 10. Acodalamiento de la bóveda de crucería mediante arcos fajones sobre la tribuna. Catedral de Durham, Inglaterra. Inicio 1093.

Ribbed vault braced by transverse arches over top of gallery Durham Cathedral, England. Begun in 1093.

- 4 Sección por la nave central, según Ancland, James⁹. Acodalado de la bóveda de crucería mediante arcos fajones por tranquil exentos. 1133
- 5 Perspectiva de las tribunas de la nave central según Dehio, George¹⁰.
- 6 Sección por el coro, según Ancland¹¹, James. Acodalado de la bóveda de crucería mediante arcos fajones de medio punto preparados para soportar una bóveda de contrarresto no construida. 1099-1104.
- 7 Tribunas del Coro.

- 4 Cross section of the central nave, from Ancland⁹. Ribbed vault bracing with unengaged transverse ramp arches. 1133
- 5 View of the central nave galleries, from Dehio, George¹⁰.
- 6 Cross section of the choir, from Ancland¹¹. Ribbed vault bracing with transverse Roman arches designed to support a counter vault that was never built. 1099-1104.
- 7 Choir galleries.

Para observar este desarrollo basta con analizar el sistema de contrarresto de bóvedas empleado en las catedrales con tribuna sobre las naves laterales y que se ubican, fundamentalmente, en Galicia (Figuras 11, 12, 13 y 14).

Si se compara la sección de la catedral de Santiago de Compostela (Figura 12) con la de la catedral de Tuy (Figura 14) se observa que en la de Santiago se contrarresta el empuje de la bóveda de cañón de la nave central con semibóvedas de medio punto sobre las naves laterales, dando continuidad a la cubierta a dos aguas.

Such developments can be inferred from an analysis of the vault counteracting system used

in cathedrals with galleries over the aisles, most of which are located in Galicia (Figures 11, 12, 13 and 14).

A comparison of the cross-section of Santiago de Compostela Cathedral (Figure 12) to the section of Tuy Cathedral (Figure 14) shows that in the Santiago structure the thrust from the barrel vault over the central nave is counteracted by the two lateral semicircular semi-vaults, with a single double-pitch roof covering the whole.

La catedral de Tuy, construida entre los siglos XII y XIII sobre planta románica, se cubre con bóvedas de crucería. Esta solución obliga a dirigir los empujes de cubierta a los pilares centrales y a las pilastras de los muros, para lo que se construyen por encima de las naves laterales unos arcos cojos en contrarresto de la bóveda central. Estos arcos no reciben cargas de la estructura de cubierta por lo que constituyen arbotantes ocultos bajo las cubiertas laterales.

Tuy Cathedral in turn, built between the twelfth and thirteenth centuries to a Romanesque plan, nonetheless has ribbed vaults. This solution directed the thrust from the roof to the central columns and pilasters in the walls, necessitating the construction of ramp arches at a higher elevation than the aisles to counteract the thrust of the central vault. Inasmuch as these arches do not receive loads from the roof, they are regarded to be flying buttresses masked by the aisle roofs.

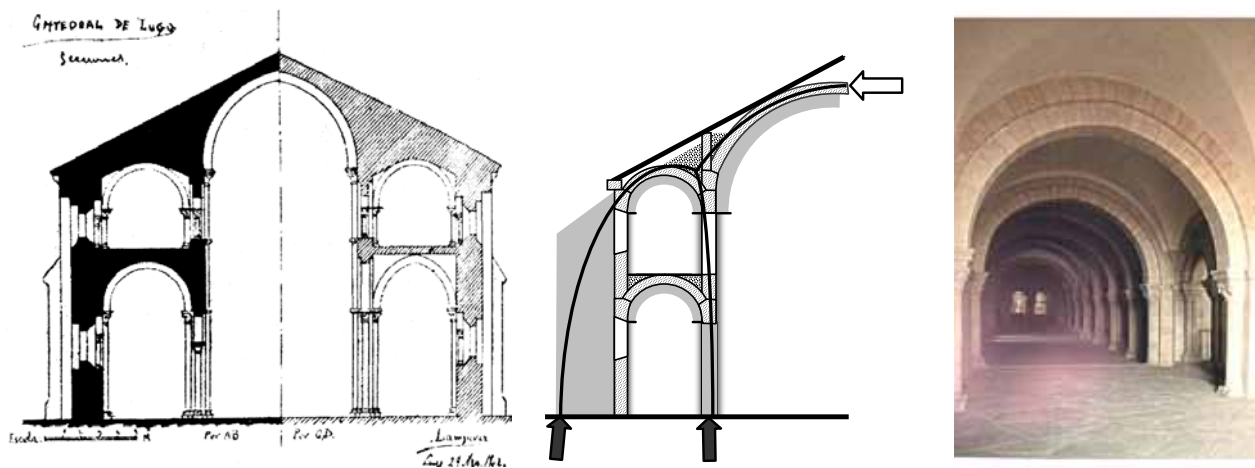


Fig. 11 Catedral de Lugo. 1129 – 1177.
Lugo Cathedral. 1129 - 1177.

Contrarresto de la bóveda de medio punto mediante bóvedas vaídas laterales.

- Sección transversal de las naves. Plano de Lamperez¹².
- Sección tipo con las líneas de empujes.
- Foto del interior de la tribuna.

Barrel vault with thrust counteracted by lateral pendentive domes.

- *Cross-section of nave and aisles. From Lamperez¹².*
- *Standard section with thrust lines.*
- *Photo of gallery interiors.*

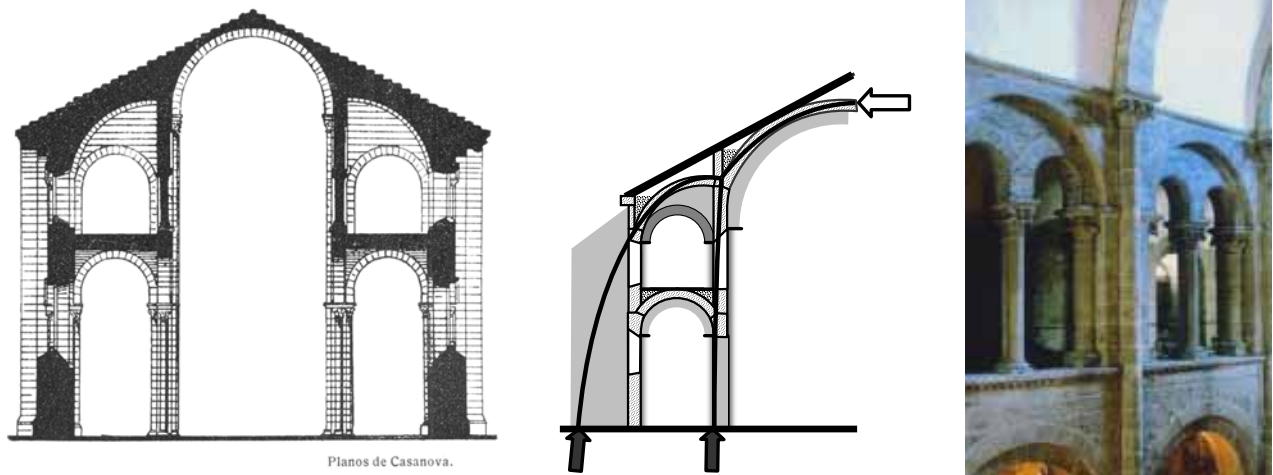


Fig. 12. Catedral de Santiago de Compostela, La Coruña. 1075 – 1211.
Santiago de Compostela Cathedral, La Coruña. 1075 – 1211.

Contrarresto de la bóveda de medio punto mediante bóvedas laterales de cuarto de punto.

- Sección transversal de las naves. Plano de Lamperez¹³.
- Sección tipo con las líneas de empujes.
- Foto del exterior de la tribuna.

Barrel vault with thrust counteracted by lateral semi-vaults.

- *Cross-section of nave and aisles. From Lamperez¹³.*
- *Standard section with thrust lines.*
- *Photo of gallery exteriors.*

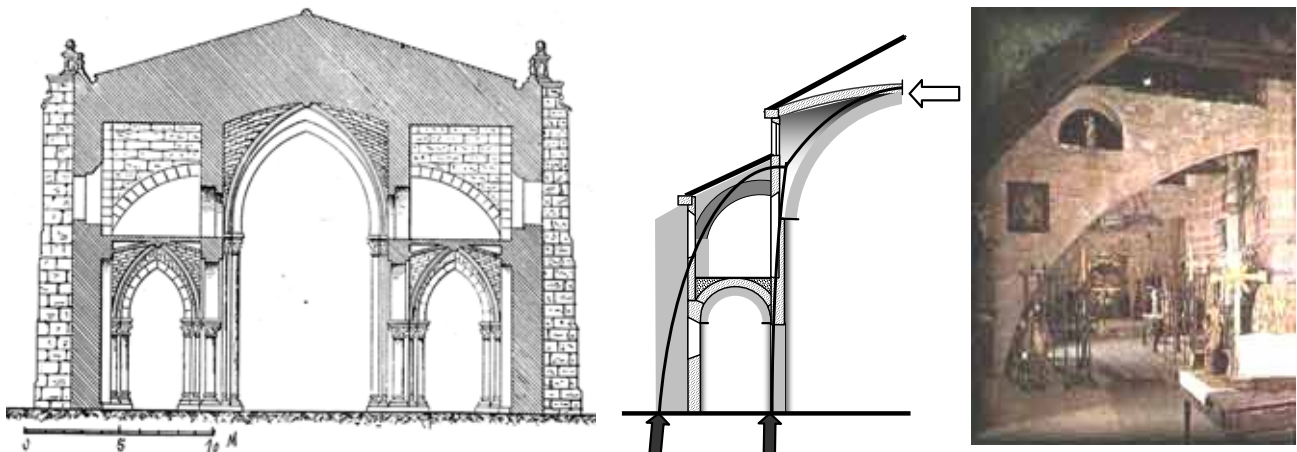


Fig. 13. Catedral de Mondoñedo, Lugo. Siglo XIII – 1248.
Mondoñedo Cathedral, Lugo. Thirteenth century – 1248.

Contrarresto de bóveda de crucería mediante arbotantes cubiertos.

- Sección transversal de las naves. Plano de Lamperez¹⁴.
- Sección tipo con las líneas de empujes.
- Foto del interior de la tribuna.

Ribbed vault with thrust counteracted by concealed flying buttresses.

- *Cross-section of nave and aisles. From Lamperez¹⁴.*
- *Standard section with thrust lines.*
- *Photo of gallery interiors.*

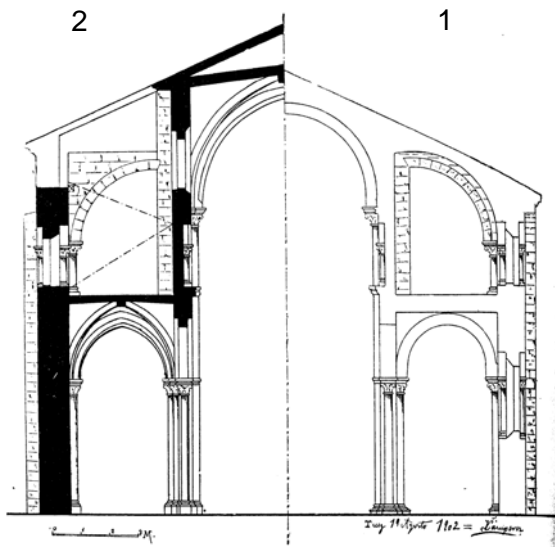


Fig. 14. Catedral de Tuy. 1180 –siglo XV.
Tuy Cathedral. 1180 – fifteenth century.

- 1 Contrarresto de bóveda de medio punto mediante bóvedas laterales de cuarto de punto.
- 2 Contrarresto de bóveda de crucería mediante arbotantes cubiertos.
 - Sección transversal de las naves. Plano de Lamperez¹⁵.
 - Foto del interior de la tribuna.

- 1 Barrel vault with thrust counteracted by lateral semi-vaults.
- 2 Ribbed vault with thrust counteracted by concealed flying buttresses.
 - Cross-section of nave and aisles. From Lamperez¹⁵.
 - Photo of gallery interiors.

Una solución similar se adopta en la catedral de Mondoñedo (Figura 13) y, fuera de Galicia, en la iglesia de San Vicente en Ávila (Figura 15). Según Lamperez el contrarresto de empujes de la bóveda de la capilla mayor de la catedral se resolvía mediante botarel continuo sobre triforio. Al quedar destruido éste en el siglo XV se aplicaron los actuales arbotantes¹⁶.

En la iglesia de San Vicente de Ávila la bóveda de la nave central es de crucería respondiendo a un cambio de estilo sobre el proyecto románico original, detalle que advierte Lamperez y Romea en el giro de los capiteles sobre el fuste de las columnatas que la soportan¹⁷.

A similar solution was adopted for Mondoñedo Cathedral (Figure 13) and - exceptionally - for a church outside Galicia, namely St Vincent's at Ávila (Figure 15). According to Lamperez the thrust generated by the vault over the main altar of the cathedral was counteracted by a continuous buttress built over the triforium. The present flying buttresses were built when the triforium was destroyed in the fifteenth century¹⁶.

Observing the rotation of the capitals on the shafts in the colonnade (that carries the ribbed vault over the central nave) in St Vincent's Church at Ávila, Lamperez y Romea concluded that this member represented a change from the original Romanesque design¹⁷.

La nave central, más alta que las laterales, rompe la continuidad de los faldones de cubierta y queda acodalada así por una hilera de arbotantes ocultos. Muestra de esta contradictoria transición entre estilos es que la bóveda de crucería de la nave central, que genera empujes aislados en sus estribos, estaba contrarrestada mediante bóveda de cañón en botarel, que se corresponde con el empuje de una bóveda de estribo lineal como es la de medio punto o la ojival. Es en el siglo XIX cuando sendas reformas efectuadas por Hernández Calleja (1852) y Enrique Repullés (1884) sustituyen las bóvedas botareles por arbotantes ocultos bajo las cubiertas de la tribuna¹⁸.

The continuity of the roof was interrupted as a result of the higher elevation of the central nave, which was shored by one or two rows of flying buttresses: Evidence of this contradictory transition between styles is provided by the fact that the ribbed vault in the central nave, which generates isolated thrusts on its piers, was counteracted by a buttressed barrel vault, which corresponds to the thrust from a vault carried by a linear pier, such as tunnel or ogee vaults. Nineteenth century reforms authored by Hernández Calleja (1852) and Enrique Repullés (1884) replaced the buttressed vaults with flying buttresses hidden underneath the gallery¹⁸.

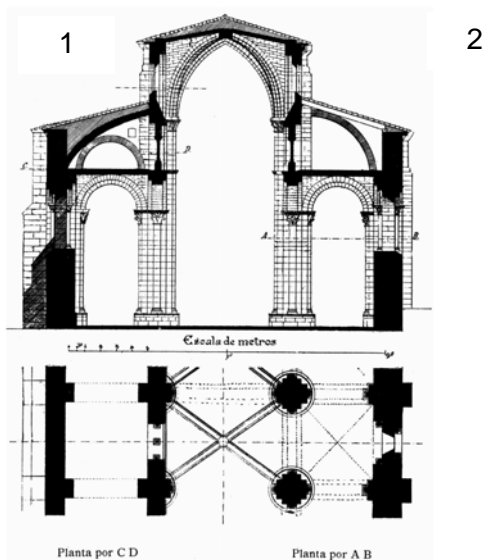


Fig. 15. Iglesia de San Vicente de Ávila. 1130 – 1170. Arbotantes 1852 –1894.
St Vincent's Church, Ávila. 1130–1170. Flying buttresses 1852-1894.

- Sección en la que se contempla la bóveda de crucería de la nave central y los arbotantes de la nave sur ejecutados por Hernández Calleja antes de ejecutar los simétricos en la nave norte¹⁹.
 - Section showing the ribbed vault over the central nave and the flying buttresses in the south aisle designed and built by Hernández Calleja that preceded the symmetrical buttresses on the north aisle¹⁹.
- 1 Contrarresto de bóveda de medio punto mediante bóvedas botareles. Los arcos de medio punto contrarrestan el empuje de los estribos.
 - 1 Barrel vault with thrust counteracted by buttress vaults. The Roman arches counteract the thrust from the piers.
 - 2 Contrarresto de bóveda de crucería mediante arbotantes cubiertos.
 - 2 Ribbed vault with thrust counteracted by concealed flying buttresses.
- Fotos del interior de la tribuna de los arbotantes de fábrica de ladrillo y de los restos de la primitiva bóveda de entibo.
 - Photos of brick masonry flying buttresses inside the gallery, and remains of the original counter vault.

4. Conclusión

Por su ubicación y comportamiento estructural todos estos arcos ocultos tras el triforio y bajo la cubierta son arbotantes. Constituyen uno de los antecedentes de los que posteriormente se desarrollan en el templo gótico cuando cruzan el espacio a la intemperie por encima de las cubiertas hasta encontrarse con unos contrafuertes elevados sobre el muro del que arrancan exentos: los botareles.

Referencias

1. BONET CORREA, Antonio. Arte Pre-románico Asturiano. P.p. 54 y 72. Ediciones Peligraría S.A. / Barcelona 1.987
2. ANCLAND, James H. Medieval Structures. University of Toronto, Canadá 1972. Pág. 100
3. GIOVANNONI, Gustavo
THE LEGFACY OF ROME / Cap.: BUILDING AND ENGINEERING ED. Cyril Bailey / Oxford 1923. Pág. 457
4. ANCLAND, James H. Op. cit. Pág. 92
5. VIOLLET-LE-DUC, Eugene. Capítulo <<Construcción>> del *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle.* 1ª Edición: M. Bance, París 1858-1868. Lám. 49
6. CHOISY, Auguste. Histoire de l'architecture, op. cit Tomo II, París 1908. Pag. 300
7. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Historia de la Arquitectura Cristiana española en la Edad Media. Espasa Calpe, Madrid 1930. Tomo I Pág. 451
8. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Op. cit. Tomo II Pp. 451.

4. Conclusion

On the basis of position and structural behaviour, all such arches, masked by the triforium and the roof, are flying buttresses. They are the precursors of the arches that would not only be exposed in subsequent temple design – clearing the roofs that cover the aisles and abutting with detached piers known as buttresses – but would become one of the most characteristic features of Gothic churches.

9. ANCLAND, James H. Op. cit., Pág. 93
10. DEHIO, George y BEZOLD, Gustav
Die kirchliche Bau Kunst des Abendlandes Füntter Band. Tafelm 446-601. 1969 Tomo I, fig. 10
11. ANCLAND, James H. Op. cit. Pág. 92
12. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Op. cit. Tomo I Pag. 560
13. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Op. cit. Tomo I Pag. 553
14. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Op. cit. Tomo II Pag. 298
15. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Op. cit. Tomo I Pag. 562
16. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Op. cit. Tomo II. Pp. 451-452
17. LAMPEREZ Y ROMEA, Vicente. Op. cit. Tomo I. Pag. 475
18. REPULLES Y VARGAS, Enrique María. La Basílica de los Santos Mártires Vicente, Sabina y Cristeta en Ávila. Madrid 1894. Ed. Facsimil Industrias Gráficas Abulenses. Ávila 1997. Pp. IX a LVII
19. REPULLÉS Y VARGAS, Enrique María. Op. Cit.

Ignacio García Casas, Dr. Arquitecto, es Jefe de la Unidad de Ruinas del Ayuntamiento de Madrid. Es profesor invitado en diversos cursos, en los que participa entre otros temas, con lecciones sobre los sistemas constructivos de edificios históricos.

Ignacio Garcia Casas, Doctor In Architecture, Head of the Unit of Ruin of the Municipal Government. He is a visiting professor in several courses, in which he participates lecturing on, among other themes with lessons on constructive systems of historic buildings.