



a virtual museum of mediterranean
gothic architecture Museo virtual de la arquitectura gótica
mediterránea



Great Masters



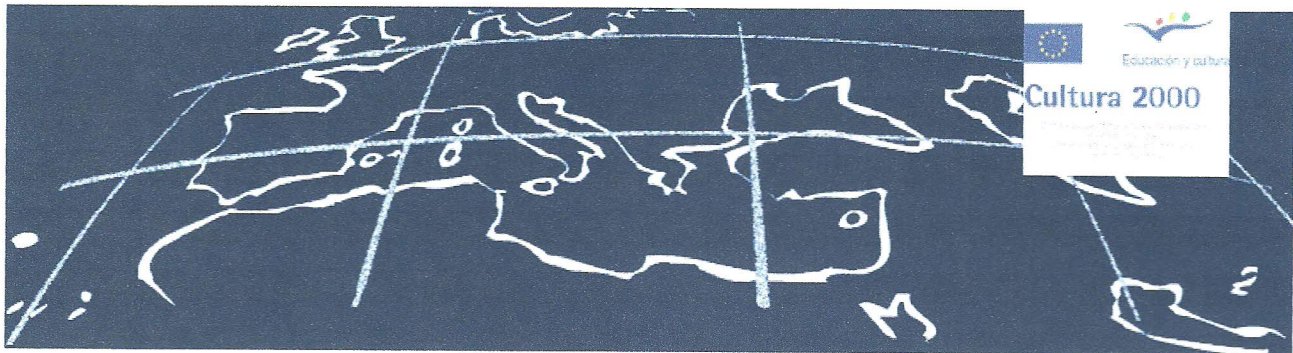
Construction
History



Conservation-
Restoration



Varia





a virtual museum of mediterranean
gothic architecture museo virtual de la arquitectura
gótica mediterránea



LA GEOMETRÍA DE LA BÓVEDA DE CRUCERÍA ESPAÑOLA DEL XVI

PALACIOS GONZALO, J. C., "La geometría de la bóveda de crucería española del XVI", Conferencia leída en el III Seminario sobre bóvedas impartido dentro del Máster de Restauración de la Universidad Politécnica de Valencia

LA GEOMETRÍA DE LA BÓVEDA DE CRUCERÍA ESPAÑOLA del XVI

José Carlos Palacios Gonzalo

Profesor titular

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

La historiografía clásica, para nuestra comprensión, suele dividir el acontecer de la historia en periodos netamente definidos. Una de estas fronteras culturales se produce entre la Edad Media y el Renacimiento. Con la caída de Constantinopla en 1453 La Edad Media pone término a su existencia y comienza un nuevo periodo de la historia de la humanidad. Aparentemente toda la cultura que a lo largo de los últimos siglos había iluminado la dilatada existencia de la Europa medieval pierde su razón de ser y, en un breve periodo de tiempo, se produce el colapso cultural que da paso a la brillante cultura clásica

Sin embargo, un análisis más atento de la línea que separa la Edad Media del Renacimiento nos muestra una realidad bien distinta. Lejos de tratarse de una frontera neta y diáfana los distintas manifestaciones de la cultura de ambos períodos se mezclan y confunden; a veces, acontecimientos se adelanta a su época y otras, se resisten a desaparecer y perviven a lo largo los siglos. Aquellas manifestaciones culturales que se adelantan a su tiempo, las vanguardias, cuentan todo el interés y entusiasmo mientras que aquellas se prolongan fuera de sus confines culturales son contempladas, como productos tardíos, con menosprecio y carentes del menor interés.

Uno de estos notables anacronismos lo constituyen el uso de las bóvedas de crucería a lo largo de los siglos XV, XVI en incluso XVII: las mal llamadas bóvedas tardogóticas. Cómo puede explicarse que, totalmente desarrollados todos los recursos estéticos y constructivos de la arquitectura clásica, existan un buen numero de arquitectos en nuestro país y en el resto de Europa que se empeñan en seguir usando y desarrollando una bóveda de crucería; una bóveda de orígenes medievales. Sorprende observar como, a pesar del gran numero e importancia de las obras realizadas, este extenso e importante capítulo de la historia de la arquitectura ha sido tratado con un cierto menosprecio por ecléctico o manierista. El aparente anacronismo de su existencia, su prolongación más allá de los confines de la Edad Media, sin duda explican este desinterés.

El análisis de la arquitectura medieval alcanzó su cima con Viollet-le-Duc que, fascinado por la racionalidad arquitectura gótica francesa, explica de manera difícilmente superable la geometría y construcción de la bóveda gótica clásica francesa que se desarrolló en la región de París entre los siglos XII y XIII. Auguste Choisy retoma en gran medida las explicaciones de Viollet-le-Duc pero, al llegar al momento en que las bóvedas comienzan a multiplicar sus nervaduras, entiende que la gran bóveda gótica francesa entra en un periodo de decadencia en que el virtuosismo y amaneramiento de los constructores hace perder aquella racionalidad y simplicidad constructiva que había inspirado las primeras bóvedas ojivales. Ambos autores omiten el hecho de que Francia, tras la guerra de los Cien Años y la gran peste de mediados del s. XIV, entra en un periodo de crisis de tal magnitud que su población se retrae a la del siglo XI; los bosques vuelven a extenderse y ocupar el territorio francés. Lógicamente su arquitectura *flamboyant* se ve afectada por esta dramática circunstancia y, durante un largo periodo que se extenderá a lo largo del s. XV, tendrá una escasa relevancia en el contexto europeo.

España, por el contrario, experimenta entonces una formidable expansión política y económica que terminara por situarla a la cabeza de los reinos europeos; lógicamente su arquitectura acompaña este periodo de esplendor. Su construcción se deja impregnar por las influencias renacentistas desarrollando una notabilísima arquitectura “*a lo romano*” a la vez que mantiene un espectacular arquitectura de inspiración medieval. Esta última, sorprendentemente, era denominada “*moderna*” por los arquitectos de entonces. Las bóvedas de las catedrales de Salamanca, Segovia o Sevilla son elocuentes ejemplos de esta arquitectura gótica realizada durante el Renacimiento.

Intentaremos profundizar en el calificativo “*moderno*” con que los arquitectos de aquella época calificaban su arquitectura; la pregunta que cabría formularse es frente a qué la consideraban moderna. En nuestra opinión, la modernidad de este gótico del Renacimiento se pone de manifiesto al recordar aquel otro gótico de la región de París que en nuestro país había inspirado las catedrales de Burgos, León y Toledo. Frente aquellas rígidas carcasas medievales, nuestros arquitectos góticos del XV y XVI, al construir sus bóvedas cuajadas de terceletes, ligaduras y combados, se consideraban en todo punto diferentes a los constructores de catedrales del siglo XIII.

El presente estudio intenta poner de relieve estas diferencias, estableciendo un enlace entre la compleja morfología de la bóveda de crucería y su construcción. En primer lugar mostraremos la base compositiva de la tramas de sus nervaduras para posteriormente vincular ésta a la forma y volumetría de la superficie de la bóveda. El estudio revela interesantes relaciones entre ambas descubriendo una sorprendente sabiduría y variedad en el uso de las formas abovedadas de complejas superficies que como podremos observar se encuentran muy alejadas ya de la bóveda clásica del gótico francés.

Hemos creído oportuno dividir este estudio o en tres capítulos diferentes:

- Análisis morfológico
- Modulación
- Volumetría

Análisis morfológico

La primera imagen que viene a nuestra memoria al recordar los abovedamientos de este periodo son los intrincados dibujos que crean el conjunto de sus crucerías. Sus diseños, no obstante, parecen seguir pautas bien definidas que intentaremos poner de manifiesto a continuación.

Aunque no es nuestro propósito extendernos en el análisis histórico de las bóvedas del XV y XVI, hemos de recordar que las bóvedas de crucería españolas de éste periodo pueden agruparse en dos bloques formalmente muy diferentes entre sí; en primer lugar, se encuentran aquellas bóvedas de diseños geométricos rectilíneos y, en segundo lugar, todas aquellas que presentan curvaturas en sus nervios secundarios: los llamados combados. Estos dos grandes grupos de bóvedas parecen estar vinculados respectivamente a dos grandes escuelas de cantería: el toledano ligado a las figuras de

Juan Guas y Enrique Egas apegado a los diseños rectilíneos y el foco burgalés, más complejo y sofisticado tras la renovación de sus diseños de la mano de Simón de Colonia.

Bajo otro punto de vista queremos llamar la atención sobre el hecho de que los diseños de las bóvedas pueden igualmente agruparse en dos grupos: aquellas bóvedas de diseño centralizado alrededor de la clave central y aquellas en que la red de nervios secundarios enlaza unas bóvedas con otras creando una red que se extiende sobre todas ellas. Los diseños estrellados, las *sterngevölbe* alemanas, tuvieron un éxito enorme en España donde la presencia siempre poderosa de los arcos perpiaños divide con toda nitidez la longitud de las naves en tramos bien definidos, en cada uno de ellos se aloja un poderoso dibujo en estrella. Por el contrario, los diseños en red, las *netzgewölbe* tan frecuentes en Centroeuropa, tuvieron escasa relevancia en nuestro país. La excepción a esta regla es, quizá, Juan de Álava que desarrolló notables ejemplos de abovedamientos en que los nervios combados van enlazando un tramo con otro constituyendo asombrosas y sofisticadísimas redes.

Tras estas consideraciones de carácter general podemos concluir que las bóvedas españolas determinan sus diseños a partir de una serie de reglas compositivas que podemos agrupar de la siguiente manera.

- El tercelete sobre la bisectriz:

Es el recurso más utilizado. Se trata de situar el tercelete en la bisectriz del ángulo que se crea entre el ojivo y el arco formero o perpiaño. Para situar esta bisectriz se solía usar una curiosa construcción geométrica: se circunscribe una circunferencia alrededor de la planta de la bóveda, se prolongan los ejes de simetría y allá donde estos ejes cortan la circunferencia, se traza una recta que una este punto con el vértice de la bóveda; ésta recta coincide con la bisectriz y su traza determina la posición del tercelete y su clave.

Esta forma de colocar el tercelete aparece tanto en bóvedas de planta cuadrada como en las de planta rectangular. (fig.1)

Localización del tercelete en la bisectriz

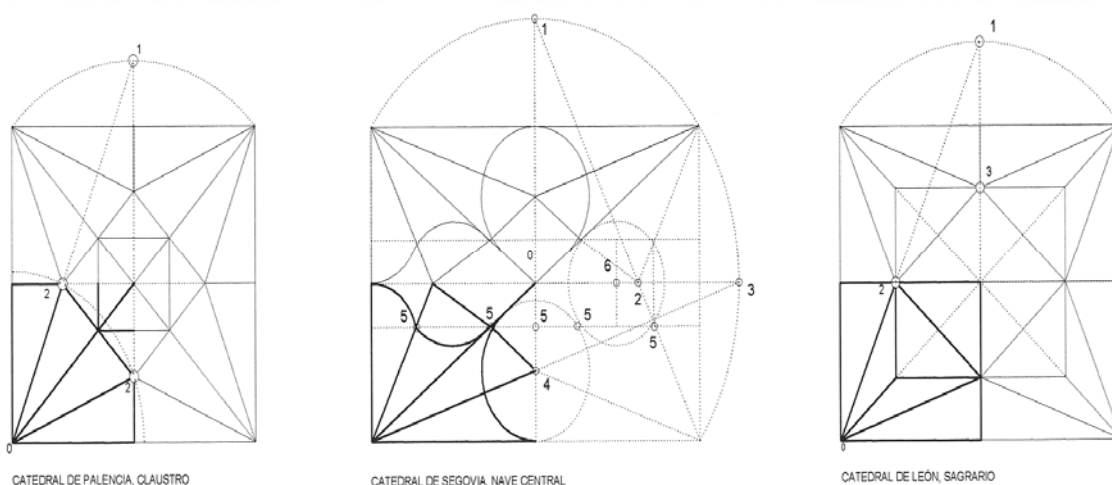


Fig. 1 Dibujo de crucería partiendo de terceletes situados en la bisectriz

- La retícula:

De origen probablemente germánico, aparece con frecuencia en las bóvedas de aquel país como base que permite ordenar los complejos diseños de las bóvedas en red. En nuestro país aparece también como elemento regulador de las bóvedas polares y en aquellas de planta rectangular donde, muy frecuentemente, parece abandonarse la idea de colocar los terceletes en las bisectrices. Su uso permite fragmentar ordenadamente el plano de la bóveda y determinar puntos estratégicos donde situar las claves.

Las tramas pueden ser cuadradas o rectangulares siendo las más frecuentes: 4x4, 6x4, 8x4, 8x8 o también 7x5 o 7x7, aunque se dan también otras combinaciones más complejas en las que se juega con medios valores

Hemos de advertir que en ocasiones las dos reglas de diseño anteriormente expuestas pueden aparecer sobre la misma bóveda. (fig.2)

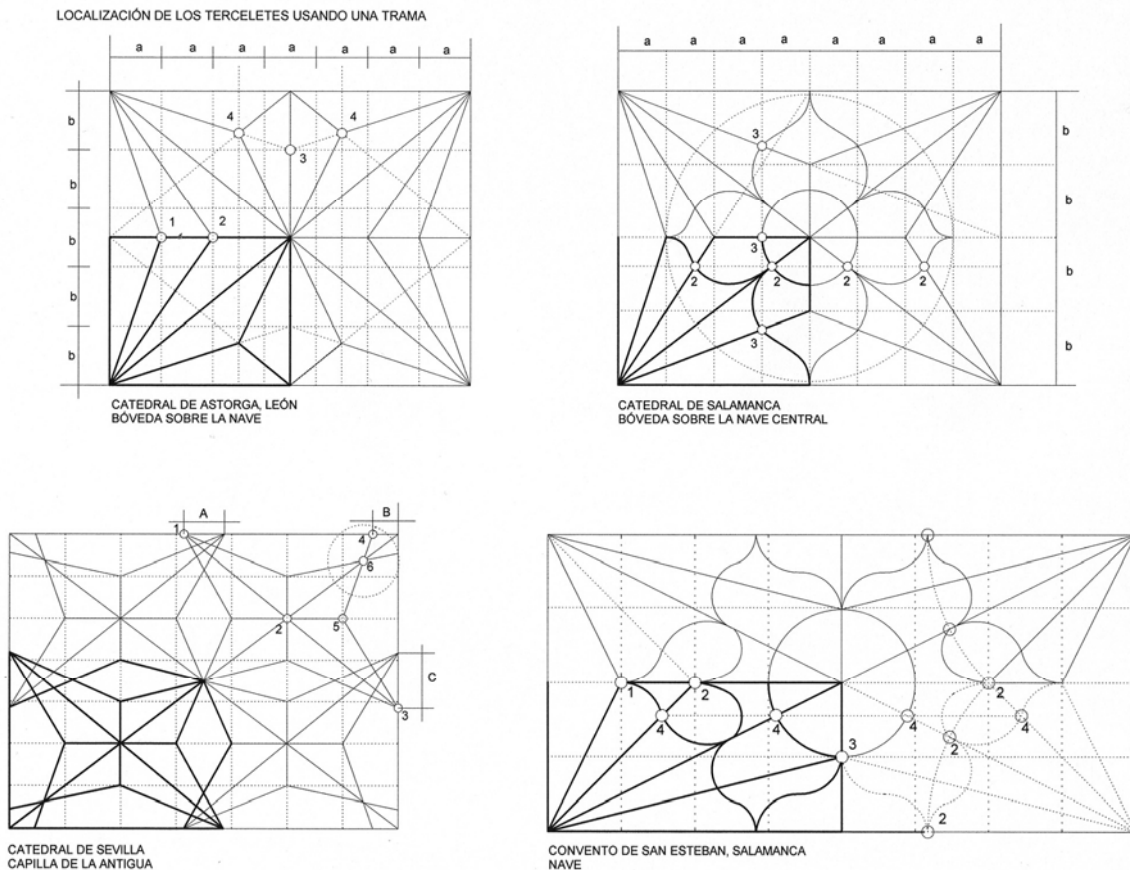


Fig. 2 Dibujo de crucerías partiendo de tramas regulares ortogonales

- Los alineamientos

Se trata de un recurso que aparece en segundo término, una vez que los grandes arcos han sido situados mediante los métodos anteriormente expuestos. Por regla general se usa para determinar los cruces de nervaduras secundarias: los combados y ligaduras, entre sí, o con los arcos principales. El principio de esta norma se basa en el criterio de que todas las claves deben mantenerse alineadas entre sí y por tanto jamás deben situarse aleatoriamente. (fig.3)

Sistema mixto: bisectriz y trama

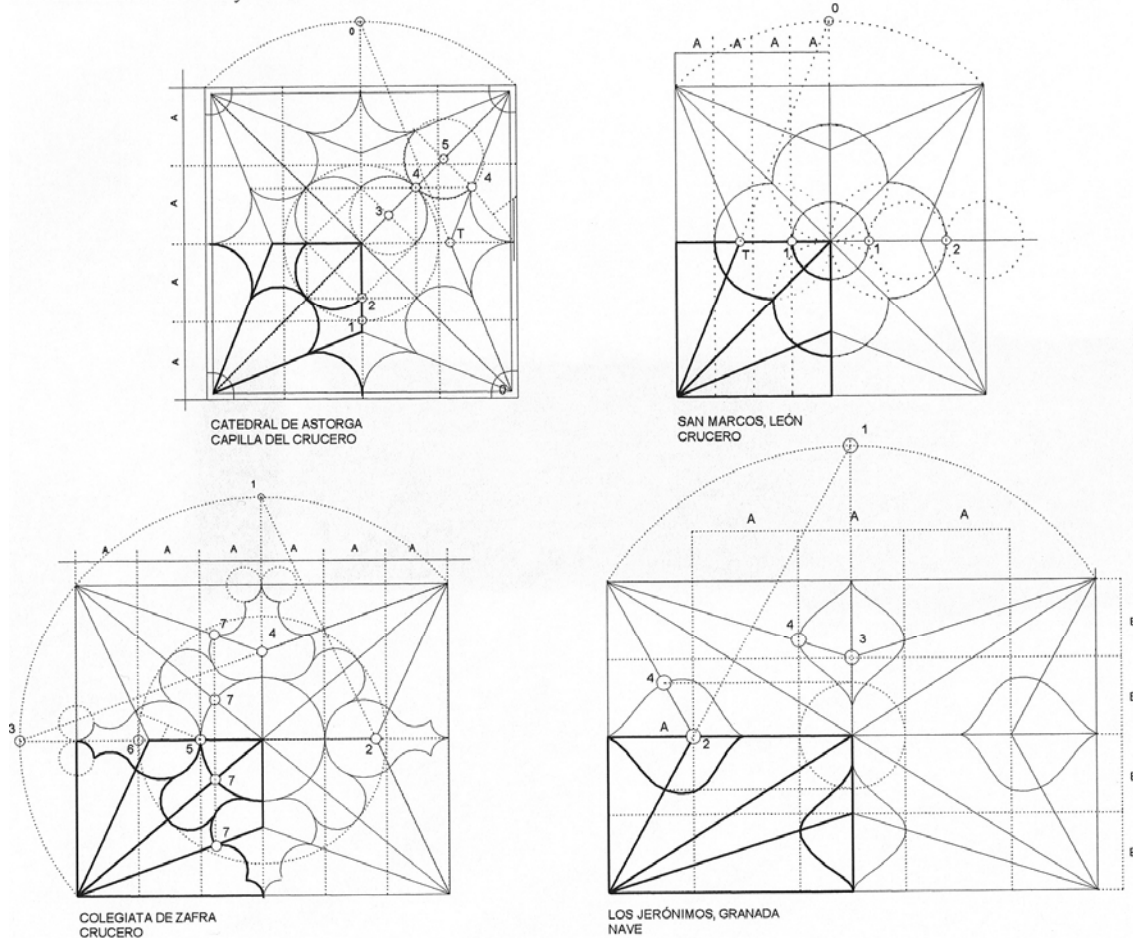


Fig. 3 Dibujo de crucerías mixtas: los terceletes en la bisectriz y uso parcial de tramas regulares. Las claves terminan por situarse mediante alineamientos, relacionado longitudinalmente unas con otras

Modulación:

Conocemos los dos sistemas reguladores fundamentales en los que se basa la composición medieval: “*ad quadratum*” y “*more germanicum*” según se adoptara una geometría basada en el rectángulo o en el triángulo. A través de ellos se llevaba a cabo la composición general, tanto en planta como en sección y alzado, de los edificios más singulares de éste periodo; el sistema regulador basado en el triángulo aparece con frecuencia en Centroeuropa, especialmente en Alemania, mientras que en nuestro país parece permanecer fiel a los trazados reguladores basados en el cuadrado.

trata del famoso triángulo de Pitágoras que desde antiguo era considerado como el triángulo perfecto e incluso sagrado para los egipcios.

Además del rectángulo anteriormente mencionado, la serie contiene algunos otros de proporciones interesantes que merecieron un nombre específico:

Dupla 1:2

Sexquiáltera 2:3

Sexquitercia 3:4

Sexquicuarta. 4:5

De los infinitos rectángulos posibles contenidos en esta serie, podemos afirmar, tras las medidas efectuadas, que el formato de las bóvedas españolas se ajusta mayoritariamente a alguno de los anteriormente reseñados. (fig.4)

La volumetría de la bóveda

Nos centraremos ahora en lo que consideramos una de las características más notables de la construcción de las bóvedas tardogóticas. Nos referimos a la volumetría de la bóveda.

La bóveda gótica francesa, sea de planta rectangular o cuadrada, mantenía el arco ojivo como un arco de medio punto. Este arco determinaba la altura de la clave central y, por regla general, la altura de las claves de los arcos perpiaños y formeros que venían a coincidir con ésta; por tanto el perfil de éste tipo de bóveda, en la región de Paris, era básicamente plana. Aunque en el sur de Francia, concretamente en Aquitania, existieron bóvedas cupuladas de inspiración bizantina, la bóveda anteriormente descrita constituye la gran bóveda clásica del gótico francés.

En el siglo XV, tres siglos más tarde de la aparición del gótico en Francia, la bóveda de crucería ha experimentado un notable desarrollo, no solamente por su complejo diseño de crucerías en el plano horizontal, sino por la aparición de un notable repertorio de superficies con las que resolver las cáscaras de las bóvedas góticas; este nuevo recurso: la capacidad de diseñar la superficie de la bóveda, es posible gracias a la multiplicación de las nervaduras.

El incremento en el número del número de arcos se justifica constructivamente como un ingenioso intento de eliminar las cimbras necesarias para construir las plementerías. Aunque se han aventurado algunas hipótesis, no conocemos aún con precisión cómo se llevaba a cabo el relleno de los plementos en las grande bóvedas francesas. La multiplicación de los nervios resuelve este problema al permitir que la fábrica de la plementería se apoye cómodamente entre ellos sin necesidad de costosos medios auxiliares de apeo y sin recurrir tampoco a abombamiento o abovedamientos de los cascos. Por todo ello, podemos considerar la red de crucerías como una cimbra perdida ejecutada en piedra. Como frecuentemente sucede en arquitectura, una necesidad

constructiva puede alcanzar niveles superiores y convertirse en una herramienta de diseño con un lenguaje propio.

Cabría además otra forma de contemplar este tipo de bóvedas: los arcos ojivos, terceletes y contra terceletes sitúan una serie de puntos en el espacio: las claves que se enlazan unas con otras a través de las nervaduras. En definitiva se crea una red espacial de claves y nervios que puede adoptar la forma que se considere oportuna; posteriormente sobre ella se extiende una delgada cáscara: la plementería. Obvio es señalar lo absolutamente contemporáneo que resulta esta forma de aproximarse a las cubiertas ligeras.

En el diseño de esta trama de crucerías hemos constatado un invariante que se presenta con obstinación: la estandarización de las curvaturas de los arcos. En la medida de lo posible el arquitecto intentará homogeneizar al máximo el número de arcos diferentes buscando una simplificación que se extiende a la talla de dovelas y la confección de cimbras.

En fin, como podemos comprobar el diseño y la construcción se interrelacionan íntimamente sobre las bóvedas góticas de crucería. Sin embargo, lo interesante es comprobar que sus complejos diseños no son gratuitos sino que están sustentados en una enorme sabiduría constructiva. Veamos a continuación un intento de sistematizar estos abovedamientos en función de la forma que adoptan las bóvedas.

- **El rampante llano**

En la cantería medieval el rampante es la línea que forma el espinazo de la bóveda: el empino o la cumbre. Cuando esta línea adopta un perfil próximo a la horizontal se decía de “rampante llano”

Si se adopta para el arco diagonal un arco de medio punto y, con porciones de este mismo arco, se llevan a cabo todos los terceletes, se comprueba que el rampante resultante es una recta ligeramente inclinada; muy próxima a la horizontal. Las claves más importantes se sitúan sobre esta línea.

Este tipo de bóveda recoge el esquema de la bóveda francesa, con su crucero en arco de medio punto y en la que el rampante en las dos secciones ortogonales prácticamente horizontal. Esta misma forma viene a hora a simplificar las curvaturas de las complejas bóvedas de crucería. Rodrigo Gil se refiere a esta forma de diseñar los arcos “en la buelta de la diagonal” es decir con la misma curvatura del arco ojivo

Generalmente tienen los centros de todos los arcos se encuentran en la línea de imposta aunque a veces todos los centros o algunos de ellos se sitúan en un nivel superior dando como resultado una bóveda peraltada. (fig.5) (fig.6)



Fig. 5A Bóvedas de la nave central de la catedral de Salamanca construidas por Rodrigo Gil

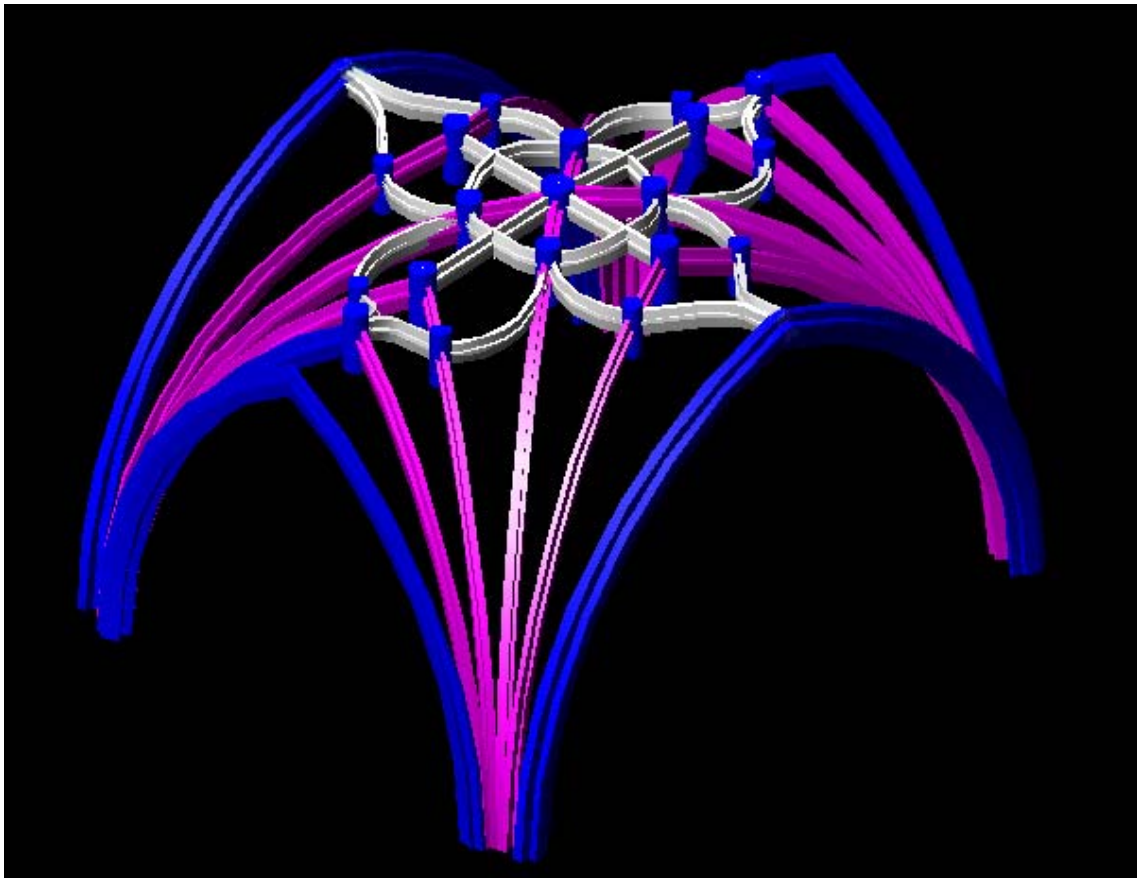


Fig. 5B Volumetría de las bóvedas de la catedral de Salamanca. El caballete o rampante es sensiblemente horizontal: *rampante llano*



Fig. 6A Bóvedas del claustro de la catedral de Santiago de Compostela construidas por Juan de Álava

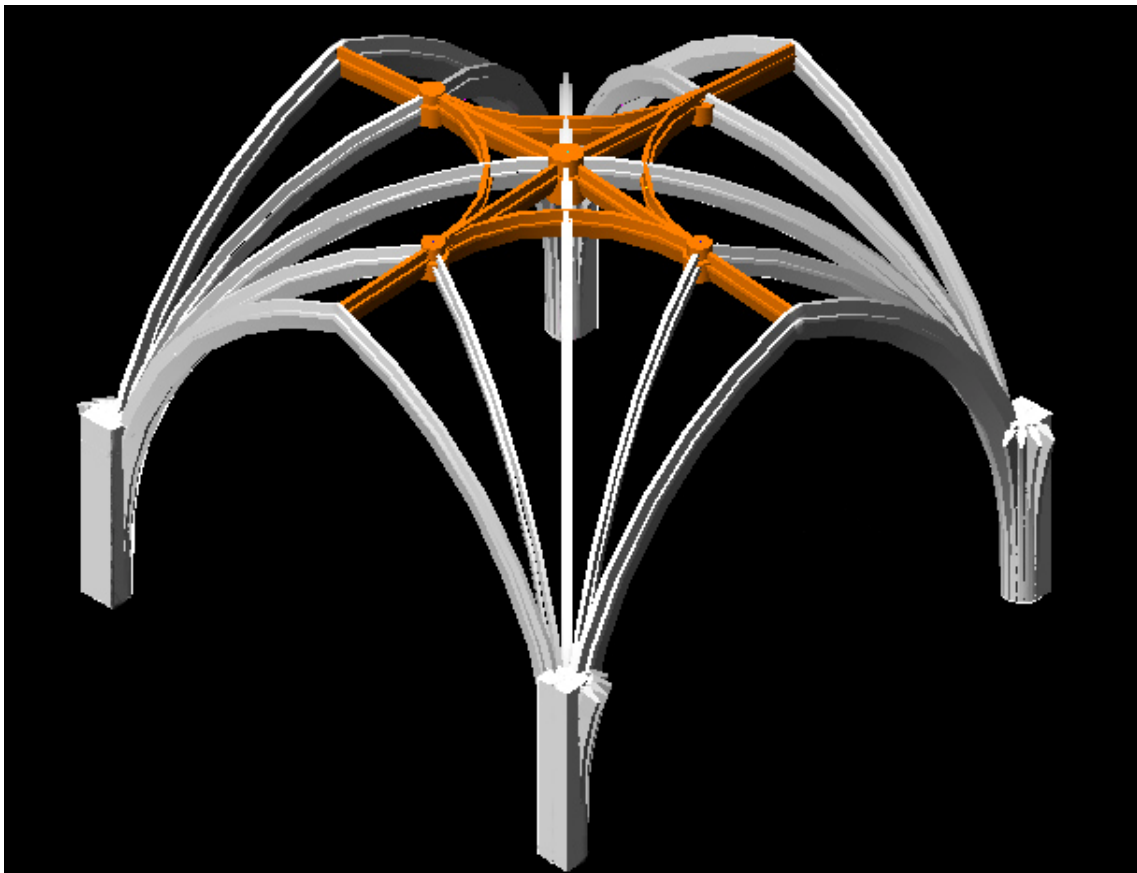


Fig. 6B Volumetría de las bóvedas del claustro de la catedral de Santiago de Compostela, de *rampante llano*

- **En cañón apuntado**

Extremadamente frecuente en Centroeuropa, fue mucho menos utilizada en España. Es una bóveda adecuada en aquellos diseños de crucerías continuas o en red. Requieren que el rampante en la dirección del eje de la nave, sea horizontal y que los poderosos perpiaños, típicamente españoles, reduzcan su sección para no interrumpir visualmente la longitud del cañón.

Podríamos distinguir dos tipos: en primer lugar cuando los lunetos de los formeros parten de la clave central. (fig.7), o, en segundo lugar, cuando los lunetos se forman a media altura, coincidiendo con un cruce de terceletes. En este caso la bóveda de cañón apuntada se manifiesta limpiamente (fig.8).

- **Rampante redondo**

En este caso, el empino de la bóveda forma una curva; su curvatura puede ser más o menos acusada y cae en pendiente hacia la clave de los formeros. Suele ser una curva de trazado libre aunque puede también trazarse con un centro de curvatura preciso.

A diferencia de la bóveda de “rampante llano”, en la que la línea del empino venía forzado por la estandarización de los arcos, se parte ahora de un rampante curvo en cuyo recorrido se sitúan las claves principales. Esta curva fija por tanto la altura de estas claves con lo que el siguiente paso a seguir es el de trazar los arcos que unan los arranques con ellas; los arcos ahora pueden todos ellos diferentes entre sí. Tanto si la bóveda es de planta cuadrada o rectangular, los dos rampantes de la bóveda pueden ser desiguales dejando plena libertad a los perpiaños formeros y terceletes de alcanzar las alturas que se estimen oportunas, el elemento que permite su control es el rampante.

Aconsejada por su fortaleza y estabilidad, este tipo de bóvedas tuvo una enorme difusión en nuestro país. Es una bóveda de forma cupulada, de cáscara relativamente continua alejadas los fuertes planos quebrados que producen las bóvedas de rampante horizontal.

Se trata de una bóveda más adecuada a la climatología española, donde la abundante radiación solar desaconseja las enormes vidrieras del norte de Europa; en estas bóvedas cupuladas los formeros pueden ser mas bajos generando unos tímpanos más reducidos y adecuados a unos vanos bastante más reducido que los centroeuropeos. (fig.9)

- **Bóvedas esféricas**

El «rampante redondo» es decir la curvatura del espinazo, en el límite, podría adoptar la misma circunferencia que el arco diagonal, con lo que la bóveda se habría hecho completamente esférica. Se trataría en realidad de una bóveda baída. Con esta bóveda el Gótico y el Renacimiento parecen aproximarse desde posiciones antagónicas.

Este tipo de bóveda obliga inexorablemente a que todos los arcos, salvo los cruceros y las ligaduras que puedan discurrir por su cúspide sean desiguales. Curiosamente, aunque la bóveda sea esférica los arcos formeros y, consecuentemente, el remate de sus pies de gallo suele frecuentemente ser apuntado para conservar su aspecto gótico (fig.10).

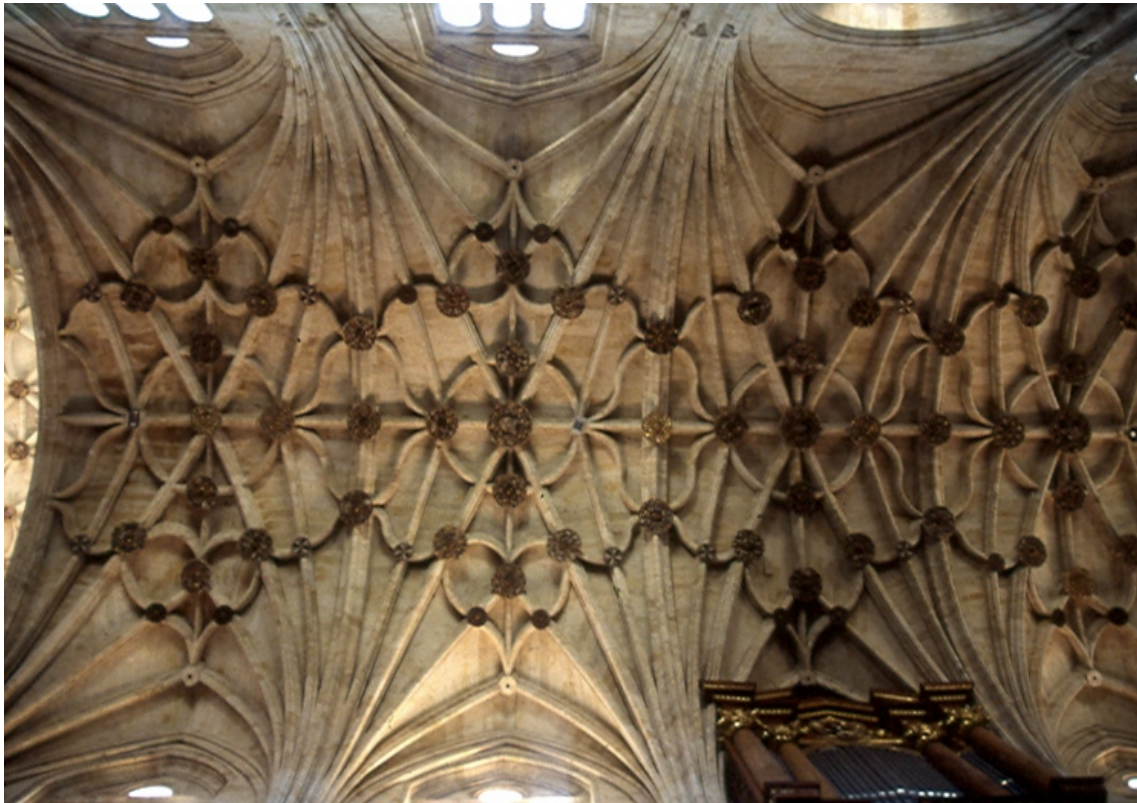


Fig. 7A Bóveda de Juan de Alava sobre la nave del monasterio de San Esteban, Salamanca

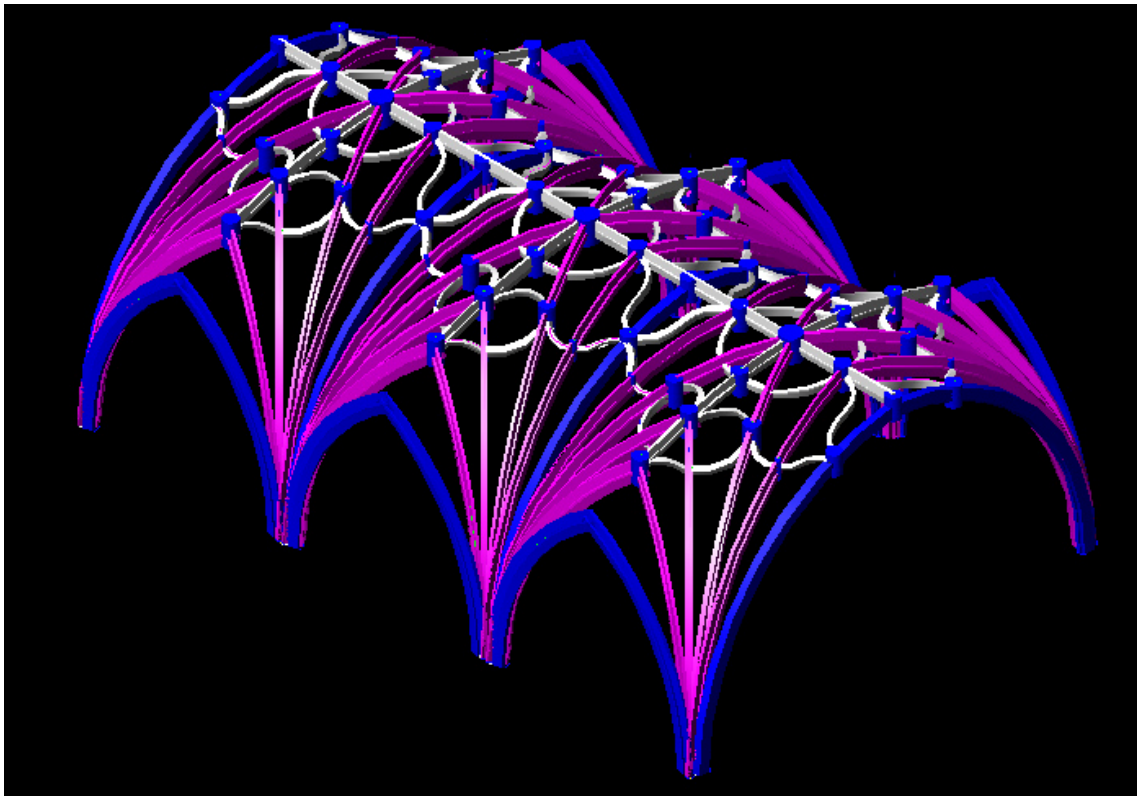


Fig. 7B Volumetría de las bóvedas de la nave del monasterio de San Esteban de *rampante llano* sobre el eje longitudinal y *redondo* en el transversal a la nave



Fig. 8A Bóveda de crucería en el monasterio de los Jerónimos de Madrid

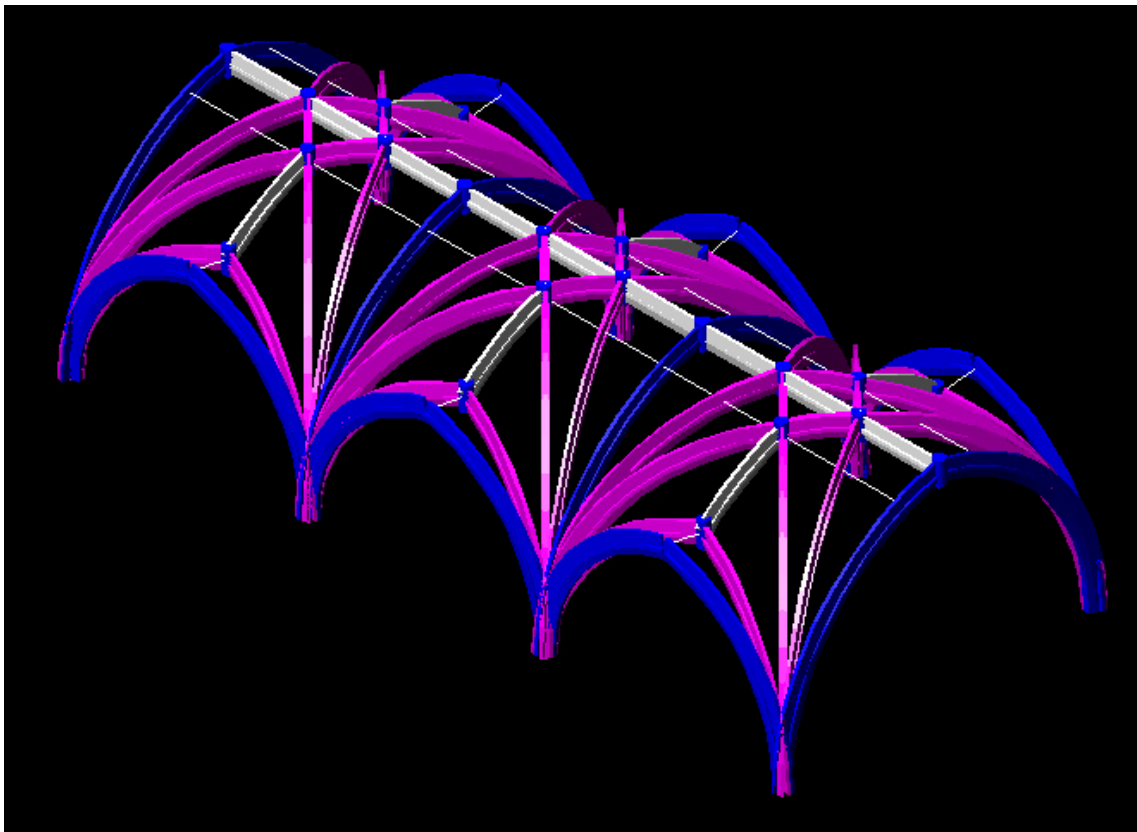


Fig. 8B Volumetría de la bóveda de cañón apuntada de la nave del monasterio de la Jerónimos de Madrid



Fig. 9A Bóveda de uno de los tramos de la nave central de la catedral de Segovia. Obra de Rodrigo Gil

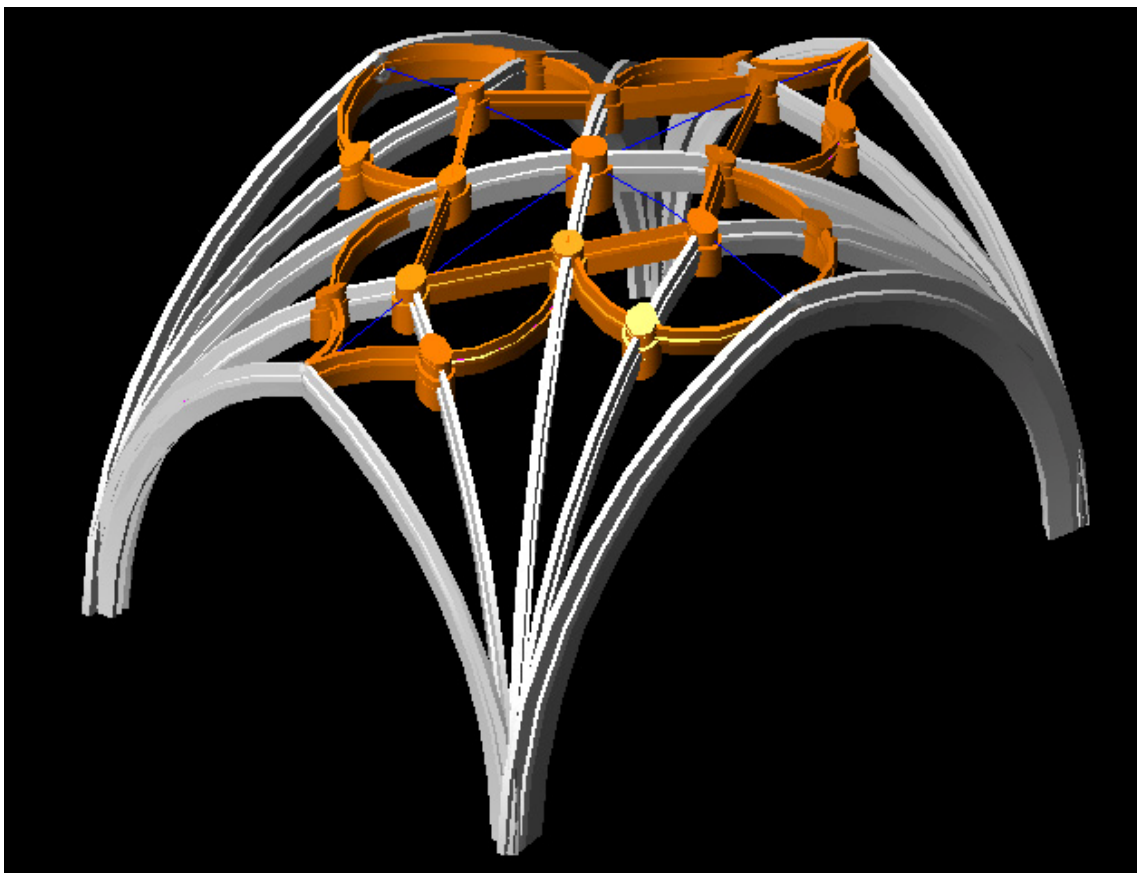


Fig. 9B Volumetría de la bóveda de la nave central de la catedral de Segovia. Se trata de una bóveda redondeada de *rampante redondo*



Fig. 10A Bóveda en la sacristía del monasterio del Parral, Segovia

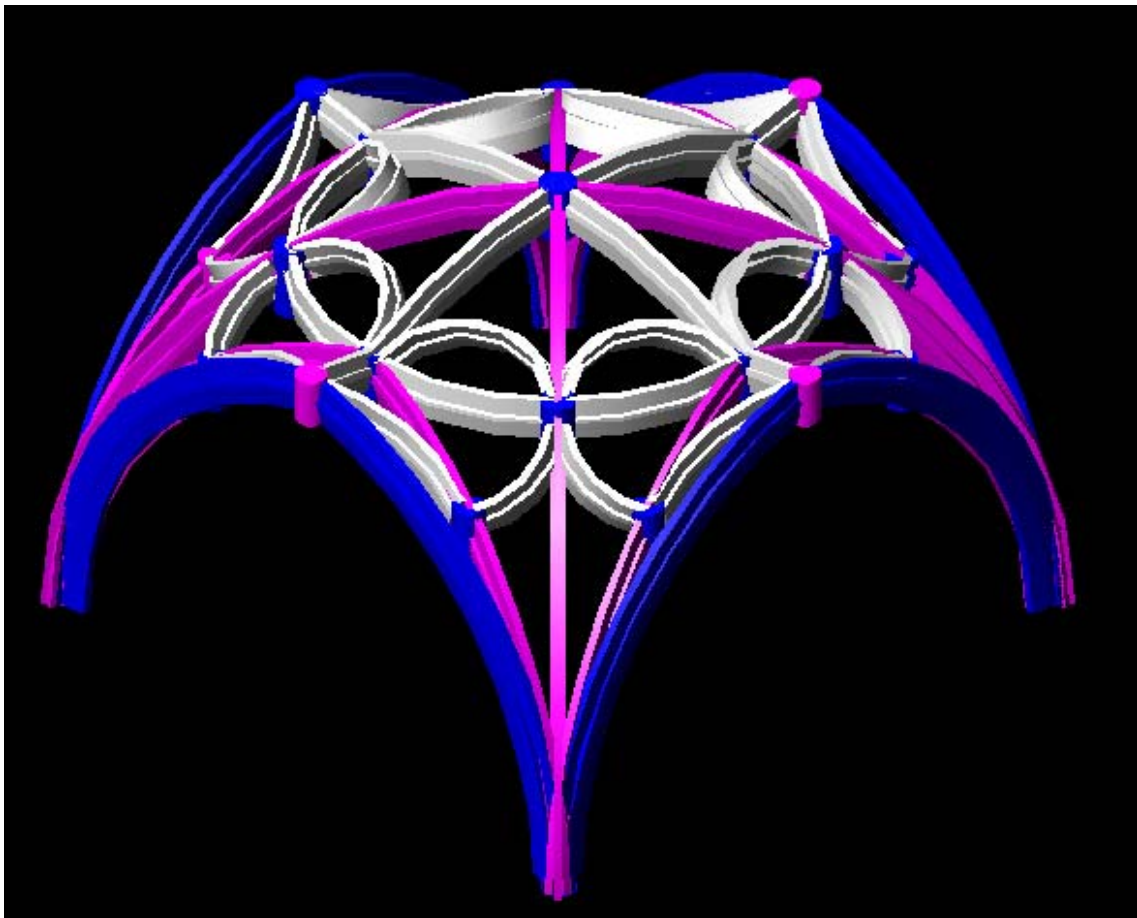


Fig. 10B Volumetría de la sacristía del monasterio del Parral, se trata de una bóveda esférica con la *buelta de la diagonal*

- **Rampante abombado**

La regla por la cual el arco ojivo debe mantenerse siempre circular puede ser abandonada, en tal caso el ojivo se hace apuntado elevando, en ocasiones considerablemente, la posición de la clave polar. Se trate de bóvedas que podríamos decir *apepinadas* en las que la clave polar y el resto de las claves pueden sobrepasar ampliamente las alturas previsibles en una bóveda tradicional de diagonal circular. (fig.11)

- **Bóvedas planas**

Las bóvedas rebajadas tuvieron en España un gran desarrollo, lo que se explica por la aparición de una tipología de iglesia conventual netamente española. El coro, que en las catedrales españolas ocupaba la parte central de la nave principal y que en la mayor parte de las iglesias europeas se situaba en el presbiterio, en las iglesias conventuales, va a encontrar un nuevo lugar de acomodo, a los pies de la nave central, sobre una tribuna elevada bajo la cual se accede a la nave central. Este plano horizontal, generalmente de considerables dimensiones, era soportado por una serie de bóvedas que debían de ser rebajadas al objeto de no elevar excesivamente este nivel y permitir la comunicación visual entre esta plataforma situada sobre el piecero y el altar mayor.

Dependiendo con qué tipo de arcos se efectúe podrían considerarse dos tipos de bóvedas:

1) **Bóveda plana de arcos carpaneles**, realizadas con arcos de tres centros (fig.12)

2) **Bóveda plana de arcos escarzanos**, realizadas con porciones de arco de medio punto: los arcos escarzanos permiten un cierto grado de libertad al poder arrancar con ángulos variables desde el plano de imposta, recordemos que por el contrario, todos los demás arcos deben mantenerse en el arranque estrictamente tangentes a la vertical.(fig.13)

- **Bóvedas en carpanel**

En lugar de usar arcos de un sólo centro, la bóveda puede igualmente llevarse a cabo usando arcos de tres centros, es decir porciones de óvalos. La bóveda construida con arcos ovales presenta un aspecto achatado ya que su clave polar, no alcanza la altura de la bóveda tradicional, su superficie redondeada se adecua perfectamente para extender sobre ella combados circulares muy de moda en el gótico del XVI. En España aparecen con particular persistencia en toda la zona de Andalucía. (fig.14)



Fig. 11A Bóveda de la capilla de la Inmaculada en la catedral de Palencia, obra atribuida a Simón de Colonia

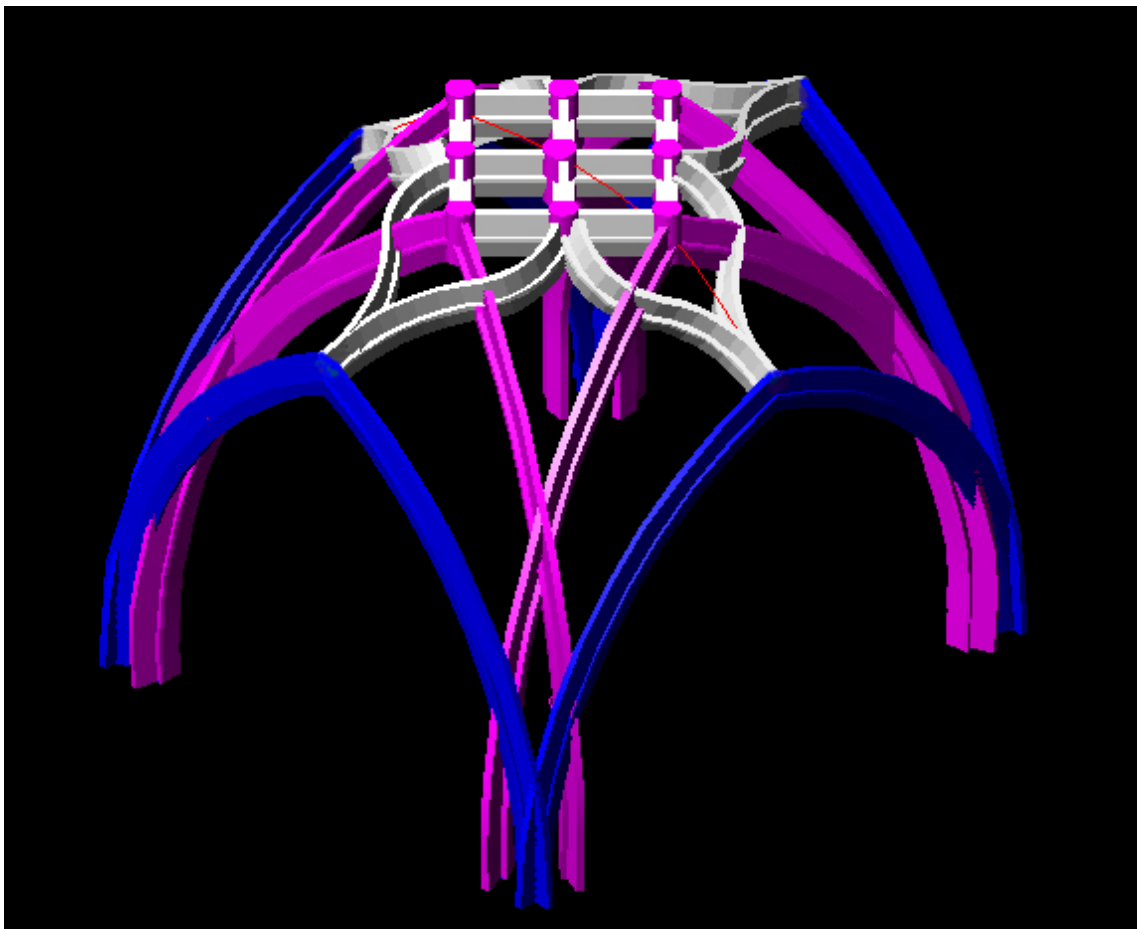


Fig. 11B Volumetría, extraordinariamente afeinada, de la bóveda de la capilla de la Inmaculada



Fig. 12A Bóveda plana bajo el sotocoro del antiguo hospital de san Marcos, León. Obra de Juan Guas

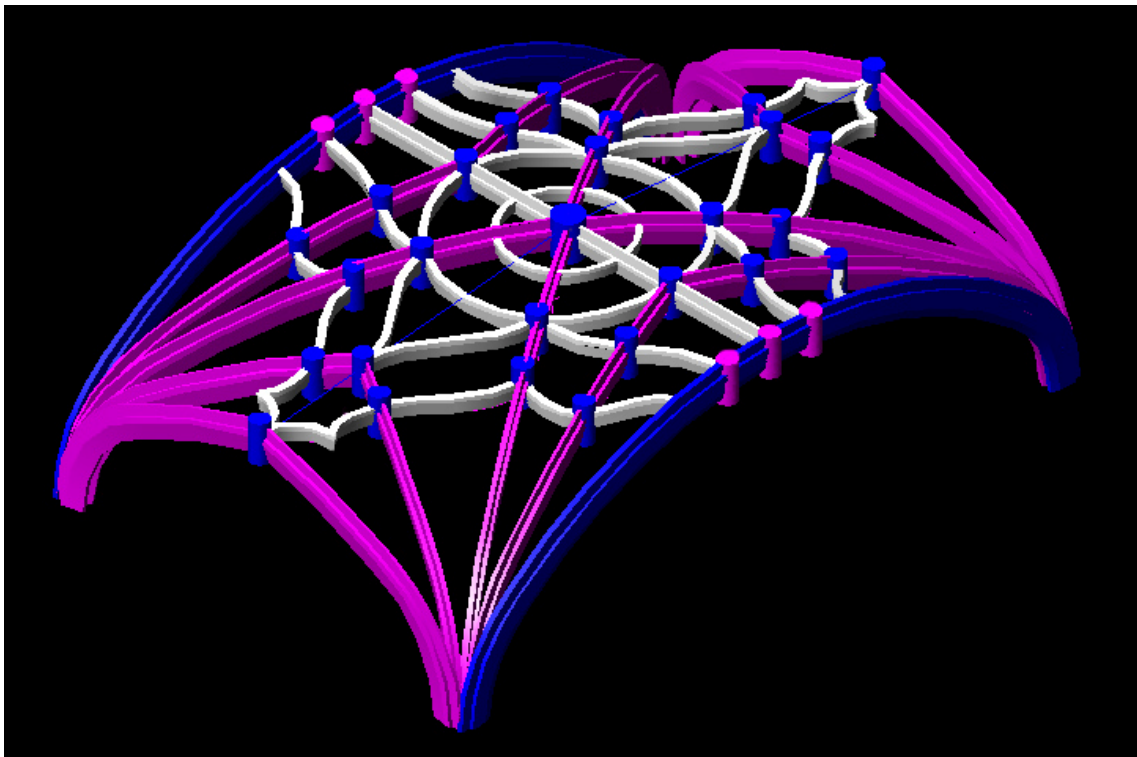


Fig. 12B Volumetría de la bóveda de san Marcos. La planeidad se consigue usando arcos en carpanel muy rebajados

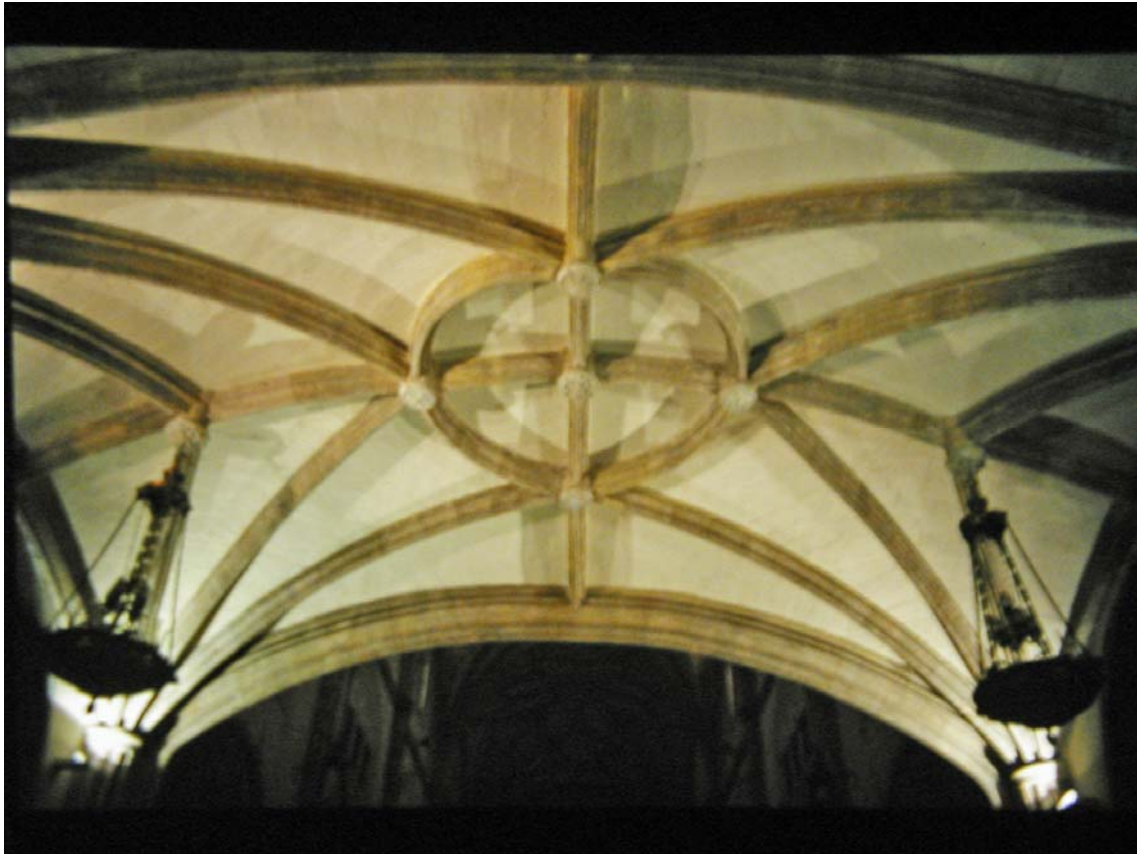


Fig. 13A Bóveda de crucería del sotocoro de la iglesia del monasterio de los Jerónimos de Madrid

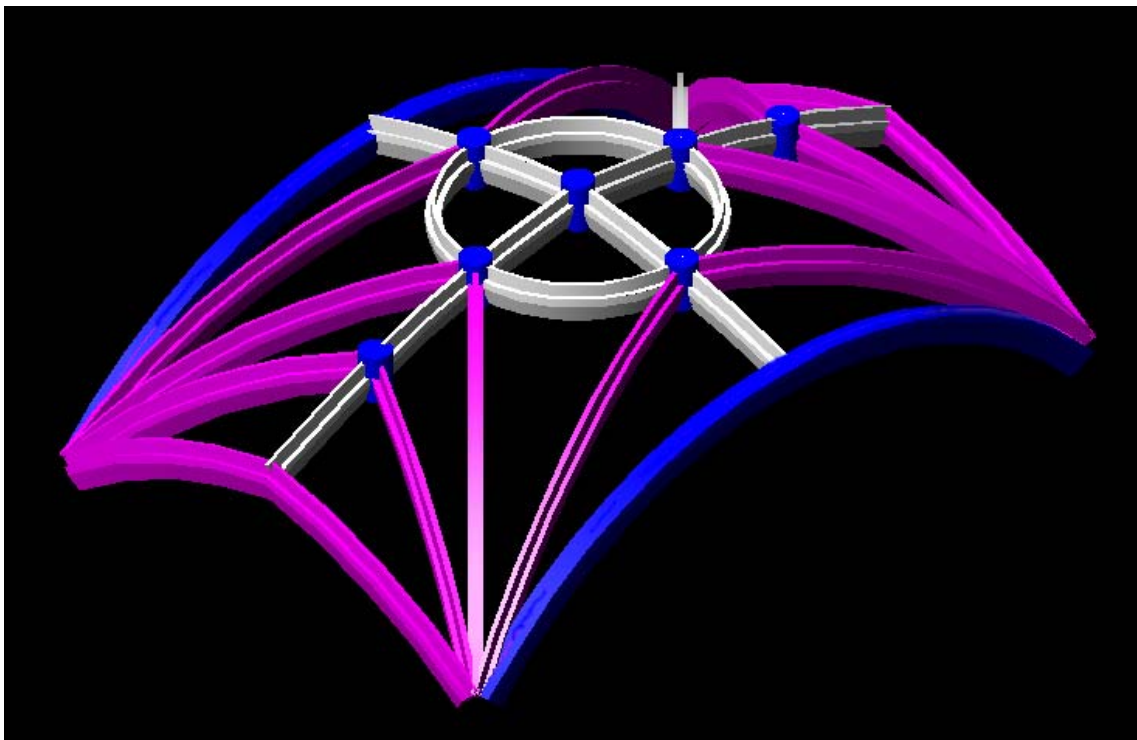


Fig. 13B Volumetría de la bóveda del sotocoro de los Jerónimos de Madrid. La forma plana se consigue usando arcos escarzanos

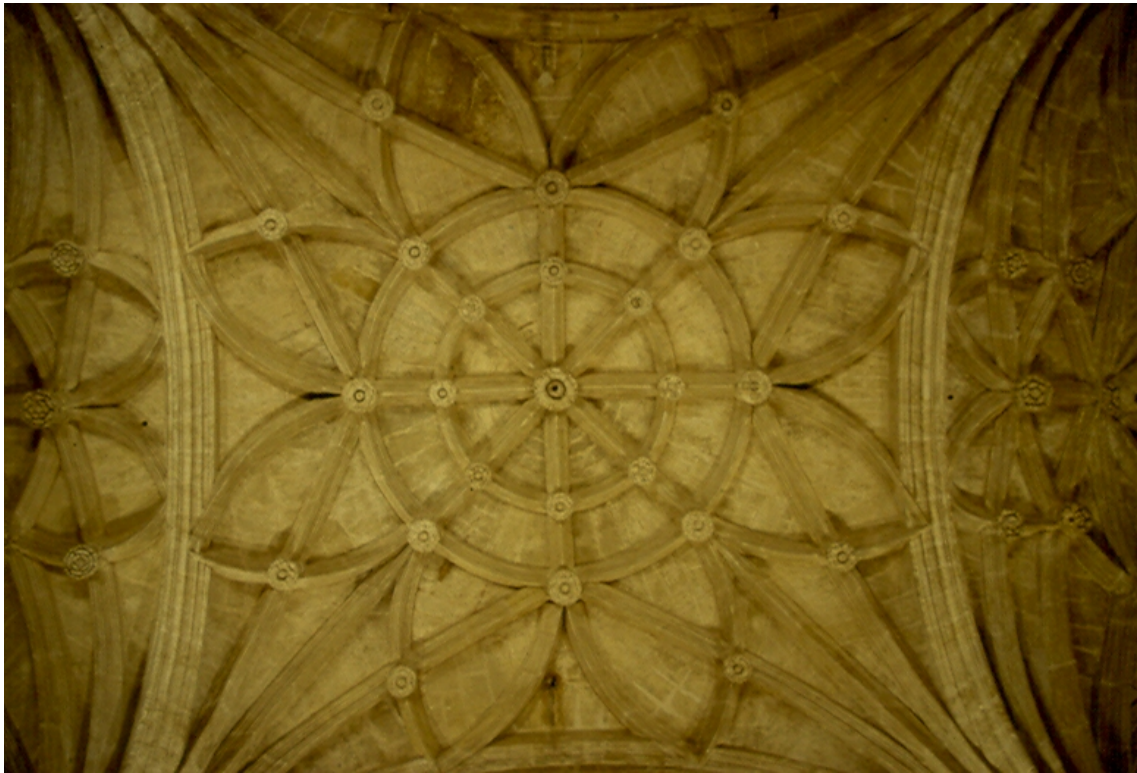


Fig. 14A Bóveda de la sacristía de los Cálices de la catedral de Sevilla, atribuida a Diego de Riaño

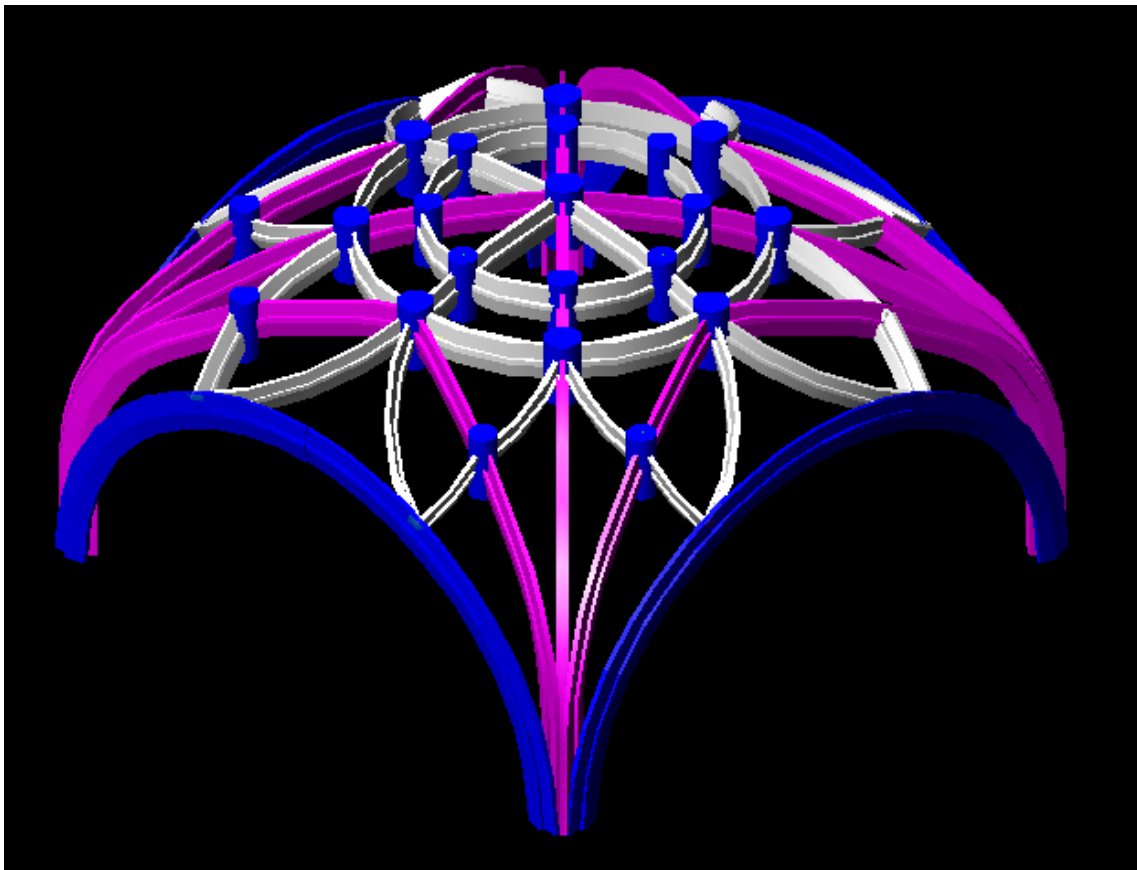


Fig. 14B Volumetría de la bóveda de la sacristía de los Cálices, la bóveda está resuelta con cruceros ovales peraltados y formeros de medio punto



Fig. 15A Bóveda de la iglesia de san Martín, Valladolid. Obra atribuida a Rodrigo Gil

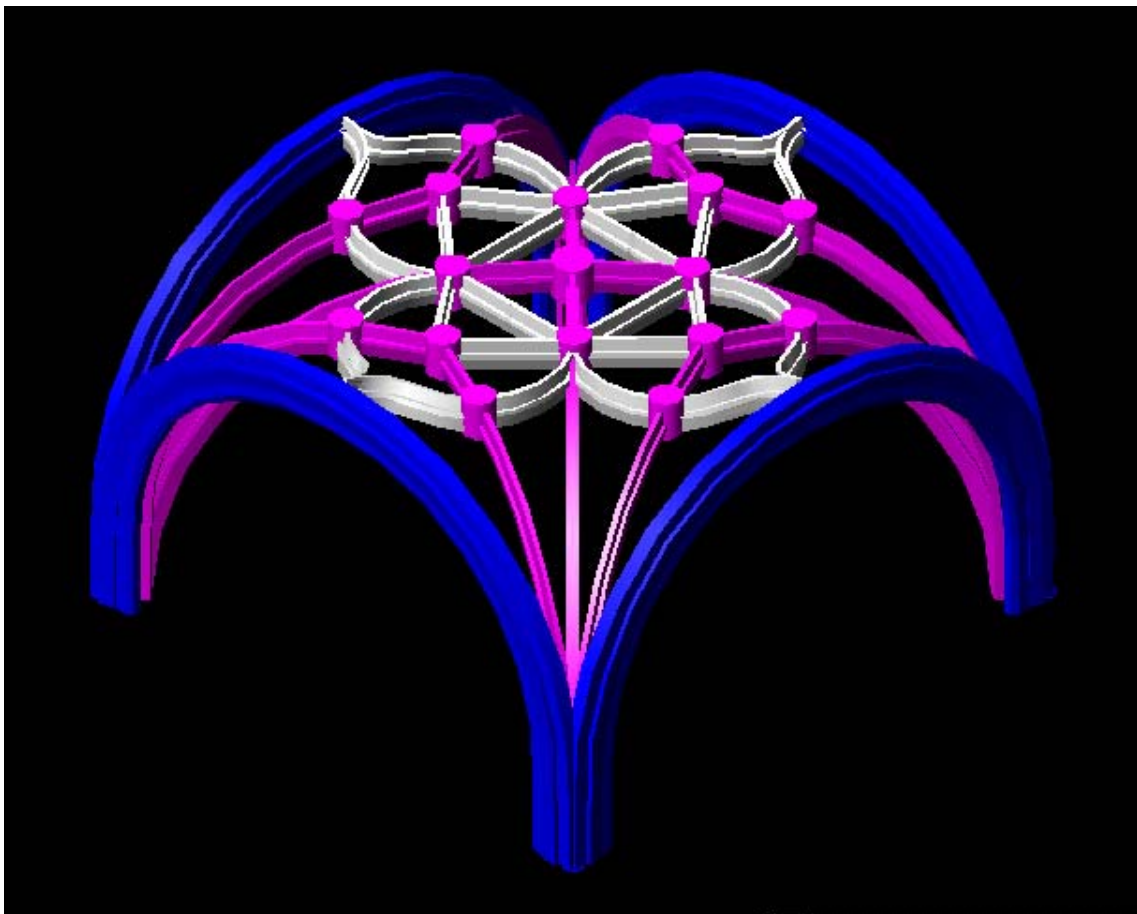


Fig. 15B Volumetría de las bóvedas centrales de san Martín, su diagonal oval y los arcos formeros semicirculares y peraltados confieren una forma convexa a la bóveda

- **Bovedas convexas**

En este tipo de bóvedas la clave central queda más baja que la clave de los perpiaños y formeros con lo que sus rampantes en vez de ser descendentes son ascendentes, la bóveda resultante es convexa y sus cuatro cuartos resultan abocinados hacia el centro. Rodrigo Gil, que se había prodigado con las bóvedas de rampante llano llevó a cabo el ejemplo que presentamos en el que invierte la concavidad de la bóveda (fig.15)

Podemos concluir que, en nuestro país, los arquitectos góticos de las catedrales flamígeras no solamente eran capaces de desarrollar sofisticados diseños decorativos en sus bóvedas estrelladas, sino que contaban además con un considerable repertorio de formas estructurales con las que construir la superficie de sus bóvedas. Las crucerías del XV y XVI ponen de manifiesto igualmente la alta cualificación en el uso de la geometría que era frecuente en sus constructores; sin ella, el control de la forma que exige la realización de una bóveda compleja no habría sido posible.

Como no podía ser de otra forma, las bóvedas de crucería, esta manifestación de la arquitectura española realizada durante el periodo más plétórico de nuestra historia, no podría ser un testimonio residual del pasado sino que constituye una de las páginas más brillantes de nuestra arquitectura.

Madrid 24 de mayo 2005

BIBLIOGRAFÍA:

- Bechmann, Roland: *Les racines des cathédrales*. Payot & Rivages. 1981 Paris
- Bucher, François: *Architector*. Abaris Books. New York. 1979
- Castro Santamaría, Ana: *Juan de Álava, arquitecto del Renacimiento*. Caja Duero, Salamanca 2.002
- Choisy, Auguste: *Histoire de l'Architecture*. Paris 1899
- Chueca Goitia, Fernando; *La Catedral Nueva de Salamanca*, Universidad de Salamanca 1951
- García, Simón: *Compendio de arquitectura y Simetría de los templos*, publicado por José Camón. Universidad de Salamanca. 1941
- Gómez Martínez, Javier: *El gótico español en la Edad Moderna. Bóvedas de Crucería*. Valladolid, Universidad, 1998
- C. Leedy, Walter Jr.: *Fan vaulting: A Study of form, Technology, and Meaning*
- R. Fiechter, Ernst: *Baustil-und Bauformenlehre, Gotische Baukunst* . Edition libri rari. Stuttgart. 1996
- Merino de Cáceres, José Miguel: *Las catedrales de Castilla y León*. Anales de Arquitectura. Universidad de Valladolid
- Nusbaum, Norbert/Lepsky, Sabine: *Das gotische Gewölbe*, Deutscher Kunstverlag, Darmstad, 1999.
- Fitchen, John: *The construction of the gothic cathedrals*. University of Chicago Press. 1961
- Fichten, John: *Building construction before machanization*. MIT. 1986
- Palacios Gonzalo, José Carlos: *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Instituto para la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1990.
- Rabasa Díaz, Enrique: *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Akal, textos de arquitectura. Madrid 2.000
- Viollet-le-Duc, E: *La construcción medieval*, Instituto Juan de Herrera, ETSAM, 1996
- Willis, R: *On the constructiuons of de vaults of the middle Ages*, Royal Institute of British Architects, London, Vol I, Part II. Longman. 1842