

El proyecto de arquitectura en la etapa gótica. Bases y metodología de estudio

RESUMEN. La investigación expuesta se integra en el amplio conjunto de estudios que, sobre el gótico hispano, ha realizado el grupo HUM 799, con especial interés en la arquitectura castellana y su implantación en Andalucía desde finales del siglo XIII. Por sus características y afinidades, constituye una plataforma idónea para abordar análisis de conjunto sobre su tipología, claves formales y estéticas, constructivas, estructurales, etc., así como todo ello incide en la “traça” del edificio. Como se trasluce en algunos tratados tardogóticos alemanes estas cuestiones tienen estrechos vínculos entre sí, dentro de un entendimiento integral del diseño del edificio gótico, del que aún hoy nos falta mucho por conocer. Para ello se estudian las claves que inciden en la génesis de esta arquitectura, formulándose hipótesis coherentes con el “modus operandi” de la época, y que se aplican y comprueban en un amplio conjunto de edificios religiosos.

PALABRAS CLAVE: gótico, proyecto, trazado, dimensionamiento, medida, Castilla.

ABSTRACT. This research is part of the Spanish Gothic studies carried out by the HUM-799 research group, paying special attention to the Castilian architecture and its implementation in Andalusia since the late thirteenth century. This architecture, due to its characteristics and affinities, is an ideal building group to study topics such as: typology, aesthetic and artistic parameters, structure, construction, etc., and their influence to the tracing of the building. All these aspects are closely interrelated, as we have detected in some German late Gothic treatises, in which a comprehensive understanding of the Gothic building is also revealed. We still have much to learn from all these topics, which are dealt in this work mainly taking into account their impact on the definition of the architectural project. The hypotheses were formulated taking into account the medieval proceeding approach, and they are applied and tested in a wide range of religious buildings.

KEYWORDS: Gothic, project, tracing, dimensioning, measurement, Castilla.

Antonio Jesús García Ortega

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica (Universidad de Sevilla)
Avda. Reina Mercedes, 2. 41012 – Sevilla. agarcia11@us.es
Tfno. 954556535.

Biografía

Antonio Jesús García Ortega es Arquitecto, doctor por la Universidad de Sevilla, y profesor asociado del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Actualmente compagina el ejercicio de la profesión con su labor docente en el Grado de Arquitectura y en el Master MIATD. En el ámbito científico estudia los mecanismos de génesis, control formal y representación de la arquitectura.

Introducción

La experiencia investigadora expuesta se integra en la actividad del grupo HUM 799, “*Estrategias de conocimiento patrimonial: Arquitectura Medieval y Moderna*”, en la que tienen un lugar destacado los estudios sobre el gótico hispano y su implantación en Andalucía. Dentro de éste contexto, el autor centra su atención en la producción castellana de los siglos XIII y XIV, que bajo una importante influencia burgalesa dio lugar a un nutrido grupo de iglesias relativamente coetáneas y con frecuentes semejanzas entre ellas (Fig. 1). Muchas aún sobreviven, permitiendo un acercamiento a las claves que inciden en la concepción del edificio gótico (Fig. 2), y de las que aún nos queda mucho por conocer.

Estas claves han sido analizadas frecuentemente de manera parcial o fragmentaria, o a partir de hipótesis que desconocen el verdadero *modus operandi* del constructor gótico; también, a veces, se trata de meras formulaciones teóricas sin una comprobación metódica y rigurosa con la propia arquitectura. Superando estos enfoques, con la investigación abordada se profundiza científicamente en las distintas cuestiones, desarrollando una formulación integral del problema que aquí pretende exponerse. La misma, debidamente contextualizada, se ha aplicado al análisis del gótico castellano de ascendencia burgalesa, corroborándose o matizándose muchas de las hipótesis formuladas. Los resultados permiten poner la atención sobre todo un campo de investigación en la arquitectura, quizás no novedoso, pero sí necesitado de nuevos y científicos planteamientos.

Metodología y bases generales de estudio

La generación y control formal de la arquitectura bajomedieval se afrontaba con los conocimientos del oficio, de larga tradición, y variadas reglas sancionadas por la práctica; esto evitaba que la construcción de los grandes edificios góticos, innumerables, se convirtiera en un arriesgado ejercicio de tanteo y error¹. En los modos de proceder del maestro medieval encontramos los procesos gráficos, las relaciones numéricas, o el uso de los sistemas metrológicos de la época. Estos recursos debemos suponerlos sencillos e instrumentales, dada la escasa formación teórica de los maestros medievales. Todo esto nos debe llevar a descartar teorías analíticas complejas, únicas o universales.

Asumiendo estas bases, se ha formulado un sistema de hipótesis para abordar el estudio de la arquitectura gótica, contrastadas en distintos trabajos realizados por el autor sobre la arquitectura religiosa de la época.

Los distintos análisis, así como las premisas en las que se fundamentan, se van a referir a continuación según hagan referencia a: la génesis y control formal de la planta; el diseño de los elementos estructurales, principalmente los constitutivos de los arranques del edificio; y a los aspectos constructivos (materiales, técnicas, procesos de ejecución, medios y mano de obra, etc.).

El diseño del edificio a través de su planta: la *traça*

Durante la etapa medieval el diseño de la planta encerró los aspectos sustanciales del proyecto, constituyendo un modo autosuficiente de *pensar* la arquitectura². Para su concreción bastaba con un solo dibujo, la *traça* que el maestro debía dar, en la que se tomaban las principales decisiones del futuro edificio. Como ha señalado Benévolo³, los esquemas góticos de planta constituían una “*representación compendiada de la estructura tridimensional*”; incluso en muchos planos de la época se representan explícitamente varios niveles superpuestos en un mismo dibujo. Aprobada la *traça* por el comitente, sus dimensiones, forma y geometría serían las que se replantearían en el terreno, todo ello regido por distintos mecanismos del control formal.

Estos pueden conocerse profundizando en el *modus operandi* de la etapa gótica. En ella tomaron gran auge los procedimientos geométricos, superponiéndose a una importante tradición modular y numérica. Sin embargo, según precisa Donaire⁴ y evidencian algunos documentos tardíos⁵, los trazados geométricos complejos se solían reservar para elementos concretos, recurriéndose en la planta a relaciones de números, preferentemente sencillos y bajos, y que en definitiva llevaban implícitas elementales proporciones de larga tradición en arquitectura. Estas relaciones numéricas controlarían tramas sencillas, habitualmente ortogonales, que determinaban las dimensiones de los espacios; éstos eran entendidos como elementos aditivos, denominados *capillas* por los propios maestros góticos, de cuya agregación resultaba el edificio.

La relación precisa de este sistema compositivo con los elementos conformadores de la planta es una cuestión controvertida y en la que es arriesgado fijar un proceder universal. En el caso de elementos exentos o interiores (pilares, muros separadores de capillas, etc.) es probable que se posicionaran por su eje, un proceder detectado desde la antigüedad; en cambio, los muros y fachadas perimetrales no han tenido un criterio histórico predominante, aunque, según Sunderland⁶, su control por la cara interior fue imponiéndose a lo largo del medievo.

Existen numerosos indicios de estos criterios compositivos en trazas y croquis góticos, y su asunción en distintos trabajos del autor sobre el gótico andaluz ha conducido a resultados coherentes (Fig. 3)⁷. También se ha

podido comprobar cómo las reglas al uso eran bastante flexibles, y que se aplicaban en cada edificio junto a un patrón métrico específico establecido al efecto, materializable en una *vara de medir* o *virga*⁸. En su generación solían intervenir las unidades de medida de la época, utilizándose sus submúltiplos (pie, palmo...) o incluso múltiplos de la misma, llamados *grandes unidades*⁹; éstos se obtenían mediante procedimientos numéricos o gráficos, no siendo extraña la mayoración por el irracional *raíz de dos* (Fig. 4).

Las investigaciones realizadas en numerosas iglesias andaluzas de los siglos XIII- XIV ponen de manifiesto que estos mecanismos permitían *escalar la arquitectura*¹⁰; también sabemos por algunos casos bien documentados que existía libertad para modular independientemente cada una de las direcciones del espacio¹¹. Estamos, pues, ante todo un sistema compositivo capaz de responder a múltiples circunstancias, así como a los distintos tamaños y grados de complejidad del hecho arquitectónico. Dentro de su flexibilidad, concretamente en el caso de la arquitectura religiosa cordobesa, se ha detectado una estrecha ligazón entre unos esquemas compositivos específicos y la solución tipológica adoptada¹².

La sencillez y coherencia de este *corpus proyectual* le dotaba de gran potencialidad, lo que puede explicar la persistencia temporal y la difusión geográfica de algunos tipos religiosos, principalmente de ascendencia burgalesa. En este contexto, el acentuado carácter intradisciplinar de estas cuestiones ha revelado cómo la propagación de esta arquitectura se vincula con sus propios ejecutores materiales, los maestros góticos, en detrimento del papel del promotor; además explica que se planteen con las mismas claves edificios tan distantes, y diferentes en tamaño o necesidades.

Diseño estructural y dimensionamiento de elementos

Establecido un plan general para el edificio, la necesaria concreción formal y constructiva de cada elemento enfrentaba al maestro gótico al inabarcable problema del dimensionamiento estructural. Era ésta una tarea para la que, al menos en términos actuales, no estaba preparado; autores como Heyman¹³ nos avisan de su limitadísima capacidad para el más sencillo análisis estructural, sin una idea clara por ejemplo de la composición de fuerzas o sus líneas de acción. Pese a ello sabemos de la existencia de criterios de dimensionamiento, puestos por escrito en tratados tardíos, herederos de unos procedimientos empíricos que se habrían demostrado como suficientes. Estos conocimientos solían apoyarse en recetas numéricas o gráficas, que conferían seguridades al diseño estructural, aportándole la *razón* a la que aluden algunos textos¹⁴.

La disparidad de estos métodos, y la heterogeneidad de los resultados en los ejemplos construidos, dificultan su conocimiento a posteriori. Sin embargo, gracias al estudio de la documentación de la época, y también al análisis global de conjuntos edilicios homogéneos, es posible detectar criterios y prácticas habituales para estos problemas. Así, numerosos testimonios tardogóticos manifiestan con claridad el interés por determinar el fuste o *sección típica* de los elementos (pilares, muros...), obviando aspectos formales como basas, molduras, etc.; consecuentemente, las cimentaciones se entenderían como un recrecido o *retallo* del elemento que reciben (Fig. 5). Otro aspecto de trascendental importancia, también estudiado por Heyman¹⁵, es que lo más determinante para el éxito del equilibrio estructural del organismo arquitectónico eran la geometría y la proporción de cada miembro en sí y en relación al conjunto, más que la propia resistencia mecánica del elemento o del material.

Todo esto justifica que el análisis del dimensionamiento estructural del edificio gótico se pueda abordar en muchos casos analizando la geometría, proporción y medida dada a las secciones características de sus elementos, y la esbeltez que ello implica. Este entendimiento “autónomo” del elemento se complementa con el estudio de su integración en el conjunto: relación entre luces a salvar y secciones resistentes, trazado y control formal, etc. Muchas de estas cuestiones, quedaban determinadas aplicando lo que se podría denominar un *principio de semejanza* o proporcionalidad; para ello existían soluciones preestablecidas, con una proporción fija entre elementos arquitectónicos, aplicándose invariables tanto a dimensiones grandes como pequeñas¹⁶. El cambio de escala necesario para cada caso se resolvía con el auxilio de recetas numéricas o gráficas, o mediante la adopción de un patrón métrico para el edificio de mayor o menor dimensión; esto último permitía obtener secciones resistentes más delgadas en edificios de menor tamaño, atendiendo a un proceder que, aunque irreflexivo, debió ser bastante efectivo. También, a la postre, daba unicidad a todo el diseño, constituyendo un potente recurso capaz de resolver desde el trazado general de la planta a la formalización de los elementos concretos¹⁷.

Los criterios expuestos han sido rastreados y comprobados en la arquitectura construida, revelando su aplicabilidad; también se evidencia cómo el constructor gótico les otorgó un carácter orientativo, nada dogmático, primando ante todo una gran lógica arquitectónica. Así, en algunos casos estudiados¹⁸, los muros gradúan sus espesores según las circunstancias mecánicas y su posición; o dentro de un tipo de muro concreto, se adopta el mismo dimensionamiento en distintos edificios. También en los pilares se han detectado reglas de proporcionalidad, aunque es manifiesto el uso de una misma sección resistente dentro de un rango de valor de luces y cargas. En cambio los contrafuertes suelen ser más heterogéneos, haciendo patente las dudas de los constructores,

probablemente ante el desconocimiento de conceptos como la línea de acción de un empuje, un complejo problema que todavía tardaría en resolverse siglos (Fig. 6)¹⁹.

Incidencia de los aspectos constructivos

En la arquitectura estudiada ha interesado también su resolución constructiva. Ésta, aunque no siempre sea inmediata al diseño del edificio, forma parte indisoluble de su concepción, estando implícita desde los inicios del proceso proyectual. Sin embargo, debe precisarse que esto no supone una completa e inicial concreción formal y constructiva de todo el organismo arquitectónico, ya que el maestro gótico escalona en el tiempo sus decisiones de diseño; esto le llevará a, una vez concretada una *traça* general, ir detallando exhaustivamente sólo lo que vaya a ser ejecutado a corto plazo²⁰.

Son cuestiones de análisis la tecnología y soluciones empleadas (material, despieces, aparejos, paramentos...), el proceso de ejecución y sus juntas, la resolución formal y geométrica, la mano de obra y los medios utilizados, etc. La contextualización de todo ello con los datos documentales e históricos ha permitido detectar retrospectivamente, en algunos de los ejemplos estudiados²¹, interesantes indicios sobre la propia concepción del edificio, o arrojar luz sobre aquellos casos indocumentados (sin contratos de obra, planos, trazas...), que eran abordados sólo desde sus características formales y artísticas. También, el análisis dimensional de las soluciones constructivas detecta que el patrón métrico de la planta intervino en los formatos, despieces y aparejos²². Debe señalarse, por último, que la potencialidad del análisis integral de las fases constructivas de la fábrica y de los aspectos métricos y trazado (módulo, geometría, proporciones...) ha permitido en edificios como la catedral sevillana evidenciar un cambio de maestro y de *traça*²³.

Conclusiones

El conocimiento y puesta en valor de nuestro legado patrimonial es del máximo interés para nuestro tiempo, y tanto las investigaciones realizadas, como las que se planteen en un futuro, deben perseguir la máxima comprensión del hecho arquitectónico. Sin embargo éste debe hacerse, en todos sus aspectos, profundizando con rigor y extremada prudencia en sus intrínsecas claves gestacionales. Sólo así será posible aprender, *como arquitectos*, de la propia arquitectura.

Con este interés, el trabajo se acerca a distintos edificios religiosos del gótico español, estudiándose desde el *modus operandi* de la época. Para

ello se ha desarrollado un modelo analítico de acercamiento a los aspectos intrínsecamente proyectuales, intentándose detectar los factores más determinantes. En lo que respecta al trazado de la planta, interesa cuestionarse sobre su posible generación modular o integral, la incidencia de los aspectos de geometría y proporción, su control gráfico y numérico, las principales líneas compositivas y su relación con los elementos constructivos, el papel del patrón métrico de la obra, o la relación de éste con las unidades de medida al uso. En este contexto, y dentro del proceso general de diseño, son de especial importancia la detección de los procesos de determinación dimensional y constructiva de los elementos estructurales, principalmente los conformadores de la *traça* del edificio.

Se trata de un conjunto de cuestiones que ineludiblemente debe plantearse el investigador antes de formular sus hipótesis. Atendiendo a ellas, los trabajos realizados sobre el primer gótico castellano han postulado unas claves analíticas para su interpretación proyectual, considerando aspectos de trazado, estructurales y constructivos. Éstos criterios tienen a menudo una intensa interrelación, como se ha expuesto en un reciente estudio que profundiza en el caso andaluz²⁴, trasluciéndose la voluntad del constructor medieval de dar unicidad al diseño del organismo arquitectónico.

Por último, debe señalarse que la sencillez y versatilidad de los criterios proyectuales detectados pudo otorgarles amplia difusión y vigencia temporal, lo que aconseja abordar otros edificios del gótico hispano desde los mismos postulados. Sin duda, la investigación en este sentido tiene una gran potencialidad, algo a lo que quiere contribuir la clarificación y establecimiento de unas bases analíticas por parte de este trabajo, fundamentadas en el estudio directo de la propia arquitectura.

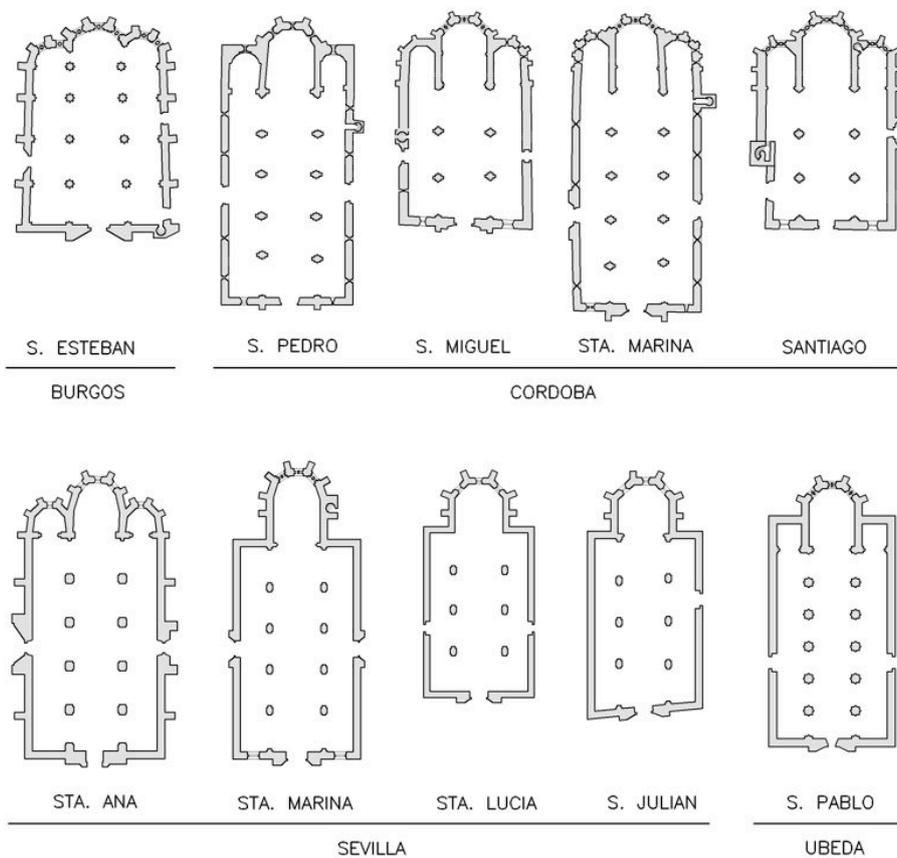


Fig. 1. Plantas de iglesias parroquiales de influencia burgalesa (ss. XIII-XIV).

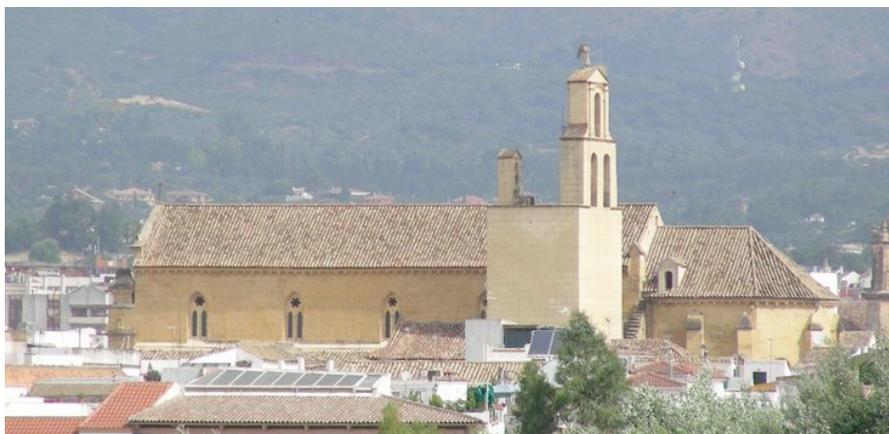


Fig. 2. Vista de la parroquia cordobesa de San Pedro (siglo XIV).

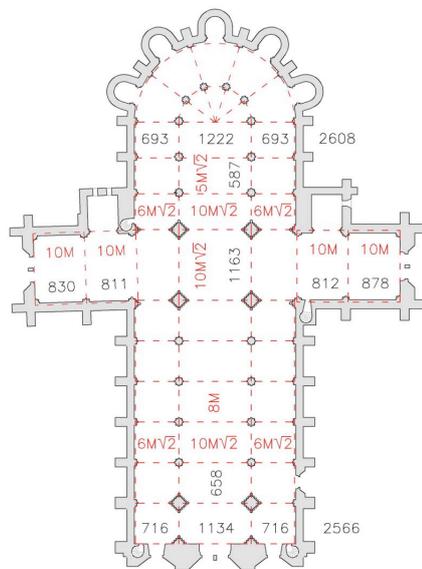


Fig. 3. Análisis interpretativo del trazado de la Catedral de Burgos a partir de la vara burgalesa (M).



Fig. 5. Pilar arruinado y cimentación.



Fig. 4. Submúltiplos de la vara y mayoración gráfica por $\sqrt{2}$.

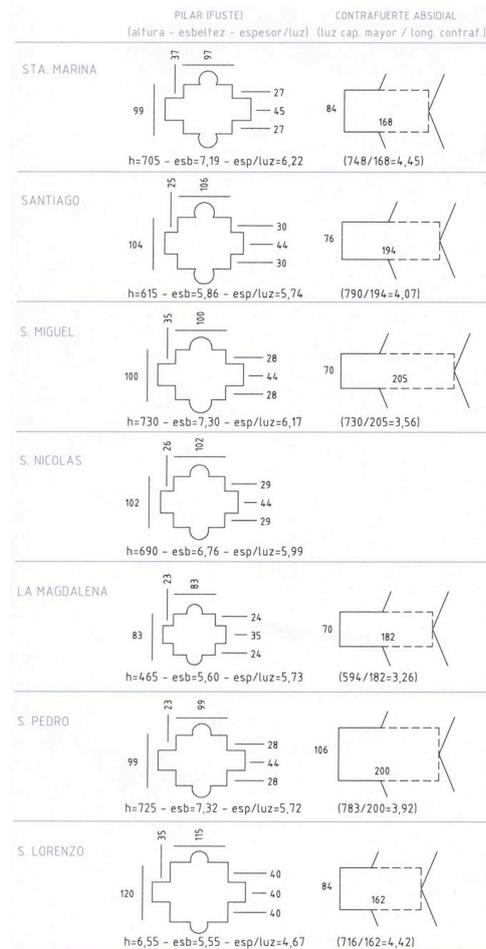


Fig. 6. Análisis de pilares y estribos.

¹ Escrig, F. *Las grandes estructuras de los edificios históricos: desde la antigüedad hasta el gótico*, Sevilla, 1997, p. 130.

² Cabezas, L. Ichnographia, la fundación de la arquitectura, *EGA*, 2 (1994), pp. 82-94.

³ Benévolo, L., *Historia de la arquitectura del Renacimiento. La arquitectura clásica*, I, Barcelona, 1988, p. 71.

⁴ Donaire, A., El trazado del artesonado del Salón de Comares, *Periferia*, 7 (1987), p. 61.

⁵ Huerta, S., Las reglas estructurales del gótico tardío alemán, *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Burgos, 2007, pp. 519-532.

⁶ Sunderland, E., More Analogies between Charliu and Anzy-le-Duc, *J.S.A.H.*, XVI, 3 (1957), pp. 16-21.

⁷ Véase, García, A. J., Las parroquias medievales cordobesas. Su traza a la luz de Villard, *EGA*, 7 (2002), pp. 27-35. Estos criterios también han sido ratificados arqueológicamente en la catedral hispalense, como demuestra Pinto, F., Fábrica y forma del templo gótico, *La Catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva*, Sevilla, 2007, p. 230.

⁸ Bechmann, R., Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIII siècle et sa communication, Paris, 1993.

⁹ Frankl, P. y Panofsky, E., The secret of the mediaeval masons. An explanation of Stornaloco's formula, *The Art Bulletin*, 27.1 (1945), pp. 46-64.

¹⁰ Esto se desarrolla en el próximo trabajo del autor, García, A. J., Tipo, tamaño y medida en la arquitectura gótica. El foco burgalés (ss. XIII-XIV), *EGA*, 17 (en prensa).

¹¹ Sobre la modulación de la planta, véase Sunderland, E., More analogies... pp. 16-21; también, para la del alzado y la sección es significativo el caso del *duomo* milanés, analizado por Frankl, P. y Panofsky, E., The secret of the... pp. 46-64; Ackerman, J., *Ars sine scientia nihil est: Gothic theory of Architecture at the Cathedral of Milan*, *Art Bulletin*, 31 (1949), pp. 84-111.

¹² Véase, García, A. J., Mecanismos de proyecto medievales. El caso cordobés a partir de sus parroquias, *Ra*, 5 (2003), pp. 3-12; también, García, A. J., *Traza de la planta en el modelo parroquial cordobés bajomedieval*, Tesis doctoral inédita, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica (Universidad de Sevilla), 2008.

¹³ Heyman, J. *Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica*. Madrid, 1995, p. 1.

¹⁴ En esta época obrar según *raçón* era "*basar la práctica constructora en algún tipo de ciencia; las relaciones numéricas y la geometría son los medios para satisfacer esta necesidad*" (Cabezas, L., Ichnographia... p. 91).

¹⁵ Heyman, J. *Teoría, historia y restauración...* pp. 2-3. Este trabajo incluye distintos análisis que demuestran las bajas tensiones a las que trabajan los elementos estructurales de la mayoría de las obras de fábrica históricas, por grandes que éstas fueran.

¹⁶ Huerta, S. y Aroca, R., Cúpulas de fábrica. Un estudio de sus dimensiones y semejanzas, *Ingeniería Civil*, 75 (1990), pp. 109-123.

¹⁷ En el tratado del cantero alemán Lechler, L., *Unterweisung*, Leipzig ([1516] 1856, fol. 44, se propugna como módulo universal "...el espesor del muro del coro, sea grande o pequeño (...), así hallaras todas las plantillas...".

¹⁸ García, A. J. y Ruiz, J. A., Diseño estructural en el primer gótico andaluz (I): Reglas y proporción, *EGA*, 14 (2009), pp. 100-107; también, García, A. J. y Ruiz, J. A., Diseño estructural en el primer gótico andaluz (II): Maestros y medidas, *EGA*, 15 (2010), pp. 46-53.

¹⁹ Véanse las dudas explicitadas aún por García, S., *Compendio de Architectvra y Simetría de los Templos conforme a la medida del cuerpo humano con algunas demostraciones de Geometría. Recoxido de dibersos Autores Naturales y Estrangeros. Año de 1681.*

²⁰ Este proceso es bien conocido en la catedral sevillana (Ruiz, J. A. y Rodríguez J. C., Trazas de un arquitecto medieval. 'Monteas' para la catedral de Sevilla, *Ra*, 5 (2003), pp. 105-114).

²¹ García, A. J., Diseño y construcción de muros en el primer gótico cordobés, *Informes de la construcción*, 61, 516 (2009), pp. 37-52.

²² García, A. J., Diseño y construcción de muros... pp. 37-52.

²³ Pinto, F., La construcción de la Catedral de Sevilla, *Simposium Internacional sobre la Catedral de Sevilla en el contexto del gótico final. La piedra postrera*, Sevilla, 2007, pp. 96-97.

²⁴ García, A. J., Estudios del Gótico Andaluz: Traza, dimensión y construcción en sus primeras realizaciones, *Seminario de Innovación e Investigación en la ETSAS*, Sevilla, 2010. Este entendimiento integral del edificio también es patente en algunos tratados tardogóticos alemanes (Huerta, S., Las reglas estructurales... pp. 519-532).