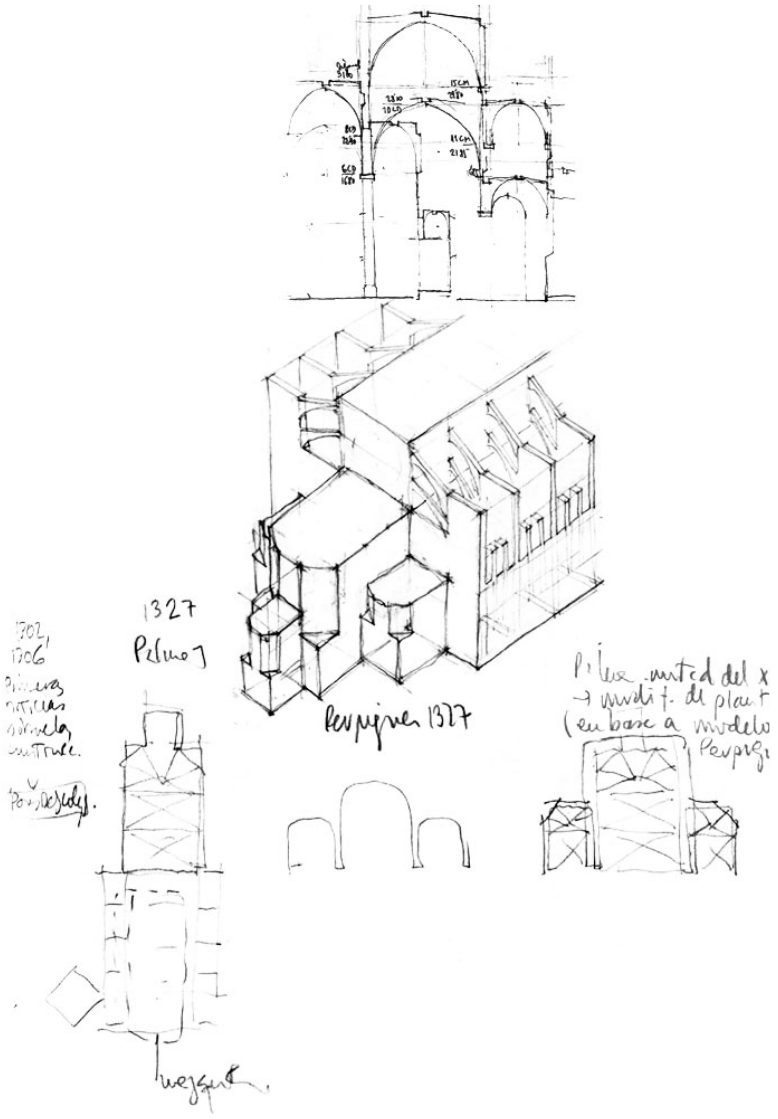


Tesis doctoral:

LA ESTRUCTURA GÓTICA CATALANA:

Sobre los conceptos de medida y espacio
El problema de la forma en la cubierta

Autor:
José Carrasco Hortal,
arquitecto

Director de tesis:
Antonio Millán Gómez,
Doctor arquitecto

Fecha:
Septiembre de 2002

Departamento:
Expresión Gráfica Arquitectónica I
Universidad Politécnica de Catalunya

AGRADECIMIENTOS

A la Generalitat de Catalunya, por la concesión de una beca de Formación de Investigadores, en los primeros años de trabajo.

A los cabildos de catedrales, canónigos de parroquias y abades de monasterios (Maria Frederica Roquet en Vallbona de les Monges, Francisco Tulla en Poblet y Emilià Clemente en Santes Creus), por permitirme el acceso a sus recintos.

A *Patrimoni* de la Generalitat de Catalunya (Eduard Carbonell) y a *Patrimonio Nacional* (Antonio Serrano), por sus autorizaciones respectivas en los templos catalanes y del Palacio de los Reyes de Mallorca.

A Agustín Obiol, Lluis Moya y Robert Brufau, por la formación recibida en el campo de las estructuras.

A Pere Roca y Miquel Llorens, organizadores del Curso *Estudi i restauració estructural de les Catedrals Gótiques de la Corona Catalano-Aragonesa*, quienes me permitieron exponer las primeras conclusiones del tema.

En el ámbito del Mediodía francés, puedo recordar especialmente la dedicación y consejos de Maurice Prin y de Jean-Louis Biget, conservadores de las obras de los Jacobins de Toulouse y de la catedral de Albi.

A Mme Pradalier-Schlumberger, directora de la Cátedra de Estudios Medievales del departamento Historia del Arte de la Universidad Toulouse Le Mirail, por su acogida para realizar una estancia de investigación de tres semanas, en el curso 1993-1994.

A Oliver Poisson por la sesión de trabajo de campo realizadada en Perpignan y la cesión de planimetrías del Service départemental de l'Architecture. A Joan Domenge y Salvador Tarragó, por sus consejos y comentarios.

Infraestructura

A Manuel Olivares, topógrafo, por el enfoque técnico en la toma de datos.

A *Todos los Extremos de la Cinta* en las sesiones de campo: Alvaro Paricio, Javier Andrés, Jean-Louis Biget, Olivier Poisson, Antonio Millán, mi padre y mis hermanos, el abuelo Ciriaco, Toni Orti, Joan Martí (de Santes Creus), Concha… y tanta gente anónima, desinteresada y amable. A Carles, Mauro y Rafa por sus consejos y su valía como compañeros. A Fina, Joaquín y María.

A las Escuelas de Arquitectura del Vallés y de Alicante, por los años de formación, investigación y docencia.

Final

A Antonio, responsable de embarcarme en un viaje apasionante, por su paciencia y sus observaciones atentas. Ha sido ejemplar en el largo discurrir del trabajo, siempre abriendo expectativas.

A mis padres, mis hermanos y mis abuelos.

A Jose, Joaquín, Miguel y finalmente, a Concha, la compañera paciente y responsable, sin cuyo aliento este trabajo no habría llegado a buen término.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN……1
1.1 ENSAYO……2
1.2 CONTEXTO CULTURAL……2
1.3 FUENTES DOCUMENTALES……4
1.4 LIMITES TEMPORALES……6
1.5 LIMITES ESPACIALES……7
1.6 METODOLOGÍA……8

1ª parte: BASE TEÓRICA

2. GEOMETRÍA Y MEDIDA……10
2.1 INTRODUCCIÓN……11
2.2 GEOMETRÍA BÁSICA……11
2.2.1 Ajuste de distancias……12
2.2.2 Ajuste de arcos……13
2.3 MEDIDA BÁSICA……17
2.3.1 Generalidades……17
2.3.2 Distribución territorial……18
2.4 CONCLUSIÓN……21

3. ESTRUCTURA Y ESTABILIDAD……23
3.1 INTRODUCCIÓN……24
3.2 LA ESTRUCTURA DEL TRAMO TIPO……24
3.3 ORIGEN DE LA TEORÍA MECÁNICA……28
3.4 PRINCIPIO DEL TRABAJO A COMPRESIÓN……33
3.5 PROCESO DE ANÁLISIS……35
3.5.1 Arcos diafragma……35
3.5.2 Bóvedas nervadas……37
3.6 CONCLUSIÓN……38

2ª parte: LECTURAS PROPUESTAS

4. EL CISTER. PRIMER GÓTICO MERIDIONAL……40
4.1 CONTEXTO……41
4.2 FUNDACIONES Y FILIACIONES……44
4.2.1 Disposición general……44
4.2.2 Grandselva, Sylvanès y Fontfreda……47
4.2.3 Santes Creus, Poblet y Vallbona de les Monges……50

4.3 LA IGLESIA……54
4.3.1 Coexistencia de modelos de una y tres naves. ……54
4.3.2 Bóvedas de cañón y crucería……55
4.3.3 Las naves de Poblet y Santes Creus……56
4.3.4 Los ábsides y el brazo de transepto……57
4.3.5 Lógica de la medida interior. ……59
4.4 LAS ESTANCIAS MENORES……63
4.4.1 Refectorio……63
4.4.2 Sala de monges……64
4.4.3 Sala capitular…… ……65
4.4.4 Biblioteca……66
4.4.5 Dormitorio……67
4.4.6 Salas superpuestas……70
4.5 CONCLUSIÓN……72

5. DE LA NAVE RAYMONDINA A LA CATEDRAL SOBRE EL TARN……73
5.1 INTRODUCCIÓN……74
5.2 ESPACIOS MODELO EN EL CAMINO DE ALBI……75
5.3 PERMANENCIA DEL CISTER DURANTE EL PROCESO……78
5.4 LA CATEDRAL DE TOLOSA……80
5.4.1 Origen de la nave raymondina……80
5.4.2 Forma de la cubierta……81
5.5 *LOS JACOBINS*……85
5.5.1 La arquitectura mendicante……85
5.5.2 Evolución del modelo……87
5.5.3 Medida y forma……90
5.5.4 El infortunado proyecto de nave única……93
5.6 LA CATEDRAL DE ALBI……98
5.6.1 Introducción……98
5.6.2 Valores constructivos……98
5.7 FORMA Y ESTABILIDAD EN LAS CUBIERTAS……102
5.7.1 Base métrica……102
5.7.2 Estabilidad de los modelos……104

6. MALLORCA Y PERPINYÀ……112
6.1 INTRODUCCIÓN……113
6.2 OBRAS *MENORES* EN MALLORCA……115
6.3 OBRAS *MENORES* EN PERPINYÀ……120
6.4 LAS CAPILLAS EN LOS PALACIOS REALES……126
6.5 LA CATEDRAL DE MALLORCA……128
6.5.1 Cambios en el modelo primitivo……131
6.6 RELACIÓN CON OTRAS CATEDRALES CATALANAS……134
6.7 LA CATEDRAL DE PERPINYÀ……137

6.7.1 Estudios sobre las opciones del proyecto……138
6.8 MEDIDA BASE DE LA CATEDRAL DE MALLORCA……141
6.9 EQUILIBRIO DE LA CATEDRAL DE MALLORCA……144

7. BARCELONA Y BERENGUER DE MONTAGUT……147
7.1 INTRODUCCIÓN……148
7.2 LOS MENDICANTES DE BARCELONA……149
7.3 SANTA MARÍA DE PEDRALBES Y LA IGLESIA DEL PI……154
7.4 SANTA MARIA DE L'ALBA DE MANRESA……156
7.5 SANTA MARÍA DEL MAR……160
7.5.1 El entorno ……160
7.5.2 La obra……161
7.5.3 Medida del espacio interior……163
7.5.4 Forma de los arcos……166
7.5.5 Estructura de cubierta……168
7.6 ESTABILIDAD DE LOS MODELOS……169
7.7 CONCLUSIÓN……175

8. GIRONA……177
8.1 INTRODUCCIÓN……178
8.2 CONTEXTO……178
8.3 EL TEMPLO ROMÁNICO……180
8.4 EL TEMPLO GÓTICO……181
8.5 LA INGENIERIA MENOR……183
8.5.1 Avances urbanos……183
8.5.2 La iglesia de los dominicos……184
8.5.3 La forma del tramo básico……185
8.6 LA INGENIERIA MAYOR……187
8.6.1 El debate sobre el modelo……187
8.7 MEDIDA DE LA SECCIÓN CONSTRUCTIVA……190
8.8 REFERENTES POSIBLES……192
8.8.1 Narbona……192
8.8.2 La iglesia dominica……193
8.8.2 Castelló d'Ampuries……193
8.8.4 Santa María del Mar……194
8.9 CONCLUSIÓN……195

9. CONCLUSIÓN……200
9.1 PRELIMINAR……200
9.2 LAS ESTRUCTURAS DEL *ESPACIO SALÓN*……202
9.3 COMPLEJIDAD DE LOS MODELOS……204
9.4 MEDIDA Y FORMA……206

10. BIBLIOGRAFÍA……208

"*…¿Cómo se define una arquitetura? Por la manera en que ella toma posesión del espacio. (…) En el Languedoc como en Roma, la catedral de Albi y el Coliseo, se imponen a partir de un gesto decisivo y sin encontrar resistencia.*

La arquitectura catalana es esfuerzo, combate, drama: los volúmenes geométricos de sus fachadas, las masas de sus contrafuertes, soportes gigantes; sus paredes atravesadas por huecos donde se enfrentan luz y sombra …"

(Pierre Lavedan, *L'architecture gothique religieuse en Catalogne,Valence et Baléares*. Ed. Laurens 1935. Paris. pag. 129)

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ENSAYO

El objetivo primero de esta tesis es parametrizar los valores del gótico meridional, a través de un estudio sobre las estructuras de las cubiertas en sus diversas variantes. Diversos autores como Lavedan[1], Durliat[2], Lambert[3] o Cirici[4] han establecido unas líneas generales de acercamiento a la cultura meridional claramente distanciada de la cultura gótica del Norte de Europa, la cual impulsó diversas escuelas y talleres en el resto de la Península Ibérica.

La cultura gótica meridional debe entenderse inscrita en el transcurso de las culturas mediterráneas, con sus modos de hacer y sus modos de definir espacios, similares durante siglos. La materia prima disponible y las técnicas conocidas en cada región han sido también indisociables con el paso del tiempo. Este trabajo parte del convencimiento de que los modos de hacer actuales son herederos de aquellos, por lo que conociendo y analizando aquellas construcciones se encuentran pautas para actuar o analizar la arquitectura y la cultura catalana actual, incluso cuando las condiciones programáticas llegan a ser radicalmente diferentes.

Mientras las catedrales del Norte producen unas estructuras que tienden al *gigantismo* -expresión adoptada por Erlande-Brandendurg para definir la búsqueda continuada de soluciones técnicas que permitieran alcanzar mayores cotas en altura para las naves centrales[5]- la estructura meridional tiende a mantener una vinculación estrecha con el plano de suelo, con la esfera humana. En general, su altura se mantiene controlada, con lo cual los sistemas de sustentación de los arcos y bóvedas pueden resultar más sencillos, sin renunciar por ello a soluciones de gran amplitud, con separaciones máximas entre soportes, con una utilización óptima de los materiales, cada vez más asequibles y livianos.

¿Por qué se entra en una construcción meridional y la cercanía de la cubierta se percibe integrada con los planos murarios laterales, formando una misma piel que se pliega? ¿Cómo puede interpretarse el tratamiento de los elementos lineales (pilares) que se diseñan distanciados entre ellos, equilibrados con unos muros y contrafuertes trabados por capillas, y que visualmente producen un grado de transparencia remarcable? ¿Cómo se acompaña todo ello con unas condiciones de luz que buscan la expresión de las superficies, el control y matiz de la luz?

Son cuestiones sobre las que este trabajo va a incidir, quedando explicadas en algunos casos y quedando abiertas a nuevas investigaciones en otros.

1.2 CONTEXTO CULTURAL

Dentro de los procesos del gótico meridional, el punto de mira se sitúa en las naves de arquitectura religiosa. Un proceso similar podría ser fijado para la arquitectura civil o bien para una escala de ordenación más urbana. De hecho, al mismo tiempo que nace la cultura de las naves góticas, se desarrollan nuevas ciudades o *bastides* con una particular adaptación al lugar, mostrando una racionalidad flexible en ocasiones basadas en los mismos fundamentos métricos.

---

[1] LAVEDAN Pierre: *L'Architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléars*. Laurens, Paris, 1935

[2] DURLIAT Marcel, *L'art dans le Royaume de Majorque*. Éd. Privat, Toulouse

[3] LAMBERT, Élie, *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècles*. Trad. en Cátedra, Madrid, 1977

[4] CIRICI Alexander, *L'art gòtic català.* Edicions 62. Barcelona, 1974

[5] ERLANDE-BRANDENBURG Alain, *Quan les cathédrales étaient peintes*. Découvertes Gallimard, pag.32.

En el caso de Mallorca, el mismo promotor de las construcciones mendicantes y reales (Jaume I) establece un planeamiento urbanístico que regulariza el territorio del llano interior de la isla.

La cultura del agua hace que se desarrollen técnicas constructivas similares para el transporte a lo largo del territorio (acueductos y acequias, con arcos apuntados coronados horizontalmente), para espacios de arquitectura civil como son las atarazanas o lonjas de los puertos, o para las *naves* de iglesias en monasterio o iglesias de las ciudades (arcos diafragma de una sola dirección).

Se puede establecer un paralelismo entre la forma del arco diafragma en una iglesia y la forma de la cuaderna en una construcción naval: ambas establecen un ritmo de elementos de soporte que condiciona el espacio limitado interior; las dovelas de piedra o las tablas arqueadas de madera que trabajan siempre comprimidas, bien por su carga gravitatoria o bien por el empuje del agua y el zunchado de los travesaños. La amplitud interior de las *cocas* catalanas puede ayudar a entender el modo en que las naves de los pequeños espacios cistercienses, de las construcciones diafragmáticas mendicantes o de las grandes naves catedralicias son concebidas.

Ya fuese por ignorancia consentida, por economía de algunos elementos o por modestia, las diferencias entre gótico septentrional y meridional son manifiestas, pues no en vano pasarán dos siglos entre el inicio de aquél y las obras maduras de éste.

Las posiciones ante el fenómeno de la revuelta albigense re-situará a las órdenes religiosas (fracaso del Cister ante los herejes, pero también ante el Papado, que elegirá a los Hermanos Predicadores dominicos como milicia a su servicio), re-situará a los reinos (configuración de Francia como primer estado moderno y reorientación de Cataluña en el seno del reino de Aragón). Las alianzas entre Pedro II y el Condado de Tolosa y el subsiguiente desastre de Muret en 1213 no sólo acaba con la posibilidad de una Gran Cataluña, terminan con la vida del monarca y exigen del joven Jaime I un espíritu pragmático, que le lleva a establecer una paz con el Norte en el tratado de Corbeil para desarrollar cuanto pueda hacia el Sur y el Este. Todo ello sumado a los compromisos que deberán establecer las órdenes mendicantes alterará de forma sustancial la manera de construir, que logra resultados con una economía de medios apreciable.

El esplendor del gótico catalán tiene lugar en un *período de plenitud* (1250-1350), "*los años de Jaime I, Pedro el Grande, Jaime II, Pedro el Ceremonioso; de Llull, Muntaner, las Crónicas; de Sicilia, Cerdeña, Grecia; del Consolat de Mar, el Consell de Cent, les Corts*"…[6]. Y ha de ser relacionado igualmente con el rasgo característico de que Cataluña fuese en el tiempo la primera de las naciones-Estado de Europa.

La dinastía de los condes catalanes, tan ligada a un territorio, una lengua y un largo pasado cultural, *"tiene de particular que combina lo que fuera de aquí está separado: una monarquía feudal de viejas raíces y que se instala en territorios cada vez mayores y una –después diversas- ciudad/es mercantil/es con estatuto municipal sólido, pero no soberano, con unas clases dirigentes, armadores y mercaderes que llegan a servirse de ella, sirviendo a la dinastía soberana"*[7].

[6] BOFILL Rafael M, *L'arquitectura nacional de Catalunya. La menystinguda personalitat de l'arquitectura catalana gòtica*. Ed La Magrana. Barcelona. 1998, p 121.

[7] VILLAR Pierre, Introducció a la història de Catalunya. Ed. 62. Pet. Biblioteca Universal, Barcelona, Pág 78.

La cultura y la arquitectura gótica catalanas producirán una síntesis de las múltiples tensiones sufridas en su territorio. Estamos ante una sociedad plural, que *"coincide con un momento de vasta expansión comercial, política, marinera y militar… Los contactos culturales con Francia eran muy íntimos, así como las formas de vida, a causa de las reinas francesas. En sus vastos dominios, los reyes catalanes tenían palacios de una inusitada suntuosidad, como la Aljafería de Zaragoza o la Ziza de Palermo. Debemos ver la arquitectura gótica catalana en función de los otros sistemas con los que los catalanes estaban familiarizados, especialmente los de la Francia gótica, el Aragón mudéjar, la Sicilia árabe-normando-bizantina..."*.

Simplicidad no exenta de grandeza que nos lleva a subrayar lo que esta arquitectura es y a matizar lo que no es. La *"Arquitectura Gótica Catalana confiere una carga positiva a su identificación entre la materia real y la razón y una carga negativa a la evasión hacia lo inmaterial (gótico nórdico) o la sustitución de la idea de lo rico por la de lo lógico, es decir, el valor de intercambio (Islam, Bizancio) por el valor de utilidad*"[8].

El intercambio cultural en la Cataluña de los siglos XIII y XIV desborda: el comercio con las ciudades italianas desarrollará la astucia y la diplomacia, el fenómeno albigense en el sur de Francia será origen de inmigraciones hacia el norte de Cataluña, el contacto con la cultura árabe (peninsular, pero también magrebí y mediterránea) permite conocimientos científicos, filosóficos, astronómicos o médicos de otro modo inimaginables; el movimiento cabalístico, arraigado en el sur de Francia y en Girona, nos muestra cimas de imaginación místico-simbólica y una coexistencia de culturas que será disturbada desde el norte y desde el sur hasta la persecución y el exilio de amplios grupos sociales. Entretanto ha ido madurando la recuperación de un neoplatonismo que anuncia la visión del mundo en el periodo posterior (del Renacimiento), y que ha catalizado en diversos momentos los cambios de los fenómenos citados; en suma, son demasiados elementos, entre los cuales hemos de elegir sólo unos pocos.

1.3 FUENTES DOCUMENTALES

Cuando se pasa a definir cuáles son los *padres* espirituales del trabajo, no queda más remedio que reseguir los textos de aquellos investigadores que en algún momento de su historia realizan unos trazos de conexión entre la arquitectura del Midi y la de Cataluña, pues son ellos los primeros que identifican, mediante argumentos diversos, una serie de rasgos diferenciales.

Élie Lambert describe cómo la actividad del Cister en el Norte de la península a principios del siglo XIII se orienta hacia la colonización de los territorios reconquistados. Unos territorios que se van cristianizando, civilizando y cultivando (un siglo más tarde de iniciada la Reconquista, la mitad de los terrenos cultivables pertenecían al clero), e identifica la filiación entre abadías al Norte y Sur de los Pirineos[9].

Pierre Lavedan defiende la tesis de que no se puede establecer un gótico indiferenciado ni es lícito establecer una filiación o dependencia entre Cataluña y el mediodía francés. Más bien, cree que, si bien en sus orígenes tuvieron gran relación a todos los niveles, posteriormente las orientaciones respectivas se diversifican:

"…*La Cataluña que en el sigo IX había sido una provincia administrativa del imperio carolingio y que en el X se convierte en independiente; la Cataluña que se había mantenido bajo la jurisdicción religiosa de*

[8] CIRICI Alexander, op. cit, Pag 342.

[9] LAMBERT Élie, *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècles*. Trad. en Cátedra, Madrid, 1977.

Narbona y que pasa a tener su propia provincia administrativa en 1118 en Tarragona; es la Cataluña que reorienta su expansión territorial pasando de ser un pequeño estado de los Pirineos en en siglo XII a un gran estado mediterráneo en el XIV. Al final de la Edad Media, el antiguo condado de Barcelona se había convertido en una federación de cuatro estados: uno de lengua castellana, Aragón; y tres de lengua catalana: Cataluña, Valencia y Baleares[10]*...".*

Pese a ello, no desmiente las aparentes relaciones que se producen entre modelos de construcciones en ambos territorios: las catedrales de Barcelona y Narbona, las naves de Santa Àgata de Barcelona y Lamourgier de Narbona...

El propio Lavedan concluye que la unidad lingüística se refuerza con la unidad del arte y cita a Puig i Cadafalch como el primer artífice de un teoria evolutiva de la arquitectura gótica en Cataluña[11].

Si se tiene que fijar un inicio de la cultura gótica catalana, Lavedan parece no tener dudas en que este momento debe asignarse a las primeras construcciones cistercienses: "...*El más antiguo edificio gótico que posee Cataluña es una iglesia abacial cisterciense, Santes Creus. ¡Nada de extraño! Todos los arqueólogos saben que, en efecto, los grandes propagadores de la arquitectura gótica en Italia y España fueron los monjes cistercienses..."*

Pero también reconoce la tarea de las órdenes mendicantes para continuar con la obra iniciada por los monjes: ...*Posteriormente, el favor popular y la tendencia se referirá a los franciscanos, dominicos y jesuitas*[12] .

Por otro lado, Durliat orienta su lectura hacia los procesos del Reino de Mallorca durante el siglo XIII. Territorios distantes como Perpinyà, Montpeller y Mallorca que durante un tiempo estuvieron bajo una misma jurisdicción, unas mismas directrices políticas y unas mismas orientaciones artísticas. Se conservan y contrastan datos sobre la actividad del arquitecto real Ponç Descoll. Con un amplio espectro, se consigue un acercamiento a unas obras concretas, bien conservadas y que permiten establecer paralelismos con el gótico de Catalunya y con el resto del mediodía francés[13].

No es coincidencia que Durliat señale el origen de los pobladores en la reconquista: gran parte de ellos venían de la Catalunya Vella (primer reparto, efectuado entre el Rey y sus vasallos) y de la Catalunya Nova (segundo reparto, división de las tierras asignadas al propio rey). Por tanto, los primeros eran originarios del Rosselló y ya desde el primer momento se establece este puente de comunicación entre la región de Perpinyà y Mallorca.

Los *Col.loques de Fanjeaux* han permitido durante las últimas décadas presentar las investigaciones más rigurosas sobre las construcciones góticas del mediodía francés. Deben distinguirse varias sesiones: la publicada en 1974 en la que Paul, Durliat, Prin, Biget, y Drocourt, centran sus estudios en el área de influencia de Toulouse; la publicada en 1986 donde se exponen los estudios sobre la arquitectura cisterciense; la publicada en1987 en que se incide en el clima intelectual desarrollado por Ramón Llull; y la publicada en 1995 sobre el contexto de las grandes catedrales del Mediodía francés.

---

[10] LAVEDAN Pierre, *L'Architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléars*. Ed. H. Laurens, Paris, 1935. Pag 6.

[11] PUIG I CADAFALCH, *El problema de la transformació de la catedral del Nord importada a Catalunya*. Miscellania Prat de la Riva, 1927.

[12] LAVEDAN Pierre, *L'Architecture gothique ...,op.cit.* Pag 9.

[13] DURLIAT Marcel, *L'art dans le Royaume de Majorque*. Éd. Privat, Toulouse. Trad. per Ed. Moll, Palma, 1989.

Es esencial la primera de las sesiones, en la cual se defiende el papel de las órdenes mendicantes en el nacimiento y desarrollo de la arquitectura meridional; Prin pone de manifiesto las investigaciones llevadas a cabo en el convento de los jacobinos (dominicos) de Toulouse; Biget describe el proceso seguido en la catedral de Albi y el protagonismo que en este caso tiene el obispado; y Drocourt expone sus investigaciones en torno a la nave raymondina.

Como referencia histórica para la clasificación de los tipos de arcos en las cubiertas góticas, este trabajo parte de la base gráfica del cuaderno de apuntes de Villard de Honnecourt, maestro de obras del s.XIII, interpretado recientemente por Roland Bechmann[14].

1.4 LÍMITES TEMPORALES

Se han escogido obras singulares por su situación en el tiempo, más que por su perfección técnica. Experiencias que provienen de diversos promotores, de capital y medios económicos muy diferenciados, pero que caracterizan un espacio similar. Desde los estamentos más pobres (órdenes mendicantes) a un clero terrateniente de gran riqueza (los monjes cistercienses), desde las nuevas clases de la ciudad a los monarcas, cada clase social busca obtener espacios de congregación, espacios de protección, espacios de expresión de poder y de determinación de límites.

Se sitúa el periodo de estudio entre los siglos XIII y XIV, cuando se producen una serie de cambios notables en la cultura mediterránea. Según Gabriel Alomar, entre el último cuarto del siglo XIII y el primero del XIV, tras superar la etapa feudal y antes de llegar las crisis posteriores, cristalizan nuevos ideales y se cultivan de una manera incipiente las libertades, el capitalismo como motor y la banca como institución, la ciudad como hecho y la comunidad urbana como poder así como la navegación en altura y la industria como sistema de producción[15].

Hacia el Norte, los condados de Albi, Toulouse, Perpinyà y Narbona se sitúan en el límite de las tensiones de fronteras entre los reinos de Francia y de Aragón. Las construcciones más primitivas de este gótico surgen en el decurso de los reinados de Saint-Louis y Philippe le Hardi, en un momento en que la Cerdanya y el Rosselló, antigua Marca Hispánica quedan segregadas de la Corona francesa. Los reyes franceses y catalano-aragoneses pugnarán por conquistar estos territorios. Se trata de un intento infructuoso de formar un gran reino catalano-languedociense, desde el Ebro hasta la Garona, a caballo de los Pirineos.

Después de Muret en 1213, Aragón y Cataluña se mantienen como refugio de los *senyors* del Mediodía francés, hasta llegar al tratado de Corbeil en 1258, a partir del cual el rey catalano-aragonés renuncia definitivamente a los territorios en el Mediodía, incluidas las bastidas en las Corbières, con la excepción del Rosselló y Montpeller. La sierra de las Corbières se convierte en baluarte del reino de Francia en el Sur, y Albi (sede principal y obispado en la lucha contra los cátaros), resultará un centro geopolítico remarcable a una distancia muy próxima.

Los soberanos entenderán las transformaciones que se están produciendo e intentarán utilizar los nuevos recursos. Uno de los casos más claros es el de los reyes de Mallorca, en cuyo limitado espacio de autonomía temporal y física desarrollan un potencial constructivo importante, en los condados del mediodía francés, las islas, y en el sur de Italia.

---

[14] BECHMANN Roland, Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIII s. et sa communication. Paris,1993 pags 143-230.

[15] ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional en la Edad Media: Las Ordinacions de Jaume II (1300) en el Reino de Mallorca*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1976. Pag 1-2.

Biget, Pradalier i Pradalier-Schlumberger[16] defienden la idea de unos Pirineos como espacio fluido de comunicación, y así lo expresan en las últimas investigaciones: "…*Cuando se examina el arte religioso de la Edad Media en el mediodía francés, uno se da cuenta de la relativa barrera que suponen los Pirineos. En la época románica, intercambios recíprocos se efectúan entre Galicia y las tierras de Toulouse, a lo largo del camino de Santiago y, más tarde, el gótico catalán se inscribe en el decurso del gótico meridional. En los siglos XII y XIII, en la orden cisterciense, se establecen lazos estrechos entre ambos lados de los Pirineos, entre las abadías madres e hijas, dando lugar a lo que Lambert calificó como la escuela hispano-languedociana...* [17]"

1.5 LÍMITES ESPACIALES

El trabajo investiga y presenta las construcciones que se producen en un espectro amplio de la cultura meridional y de la Corona de Aragón. Desde territorios en las zonas capitales del mediodía francés como pueda ser a la zona más interior de Toulouse o Albi y otras más cercanas a la cultura del mar como el Rosselló y en concreto Perpinyà, hasta culminar en ciudades y entornos más próximos como los de Girona, Barcelona, Manresa o Mallorca.

Ya que se trata de una cultura constructiva eminentemente urbana (sobre todo desde mediados del XIII y durante todo el XIV), se propone una lectura que se centre en el contexto de las ciudades donde se sitúan los grupos de construcciones.

Sólo se produce una licencia a esta regla, ya que el primer tema desarrollado será referido a las construcciones catalanas del cister (en concreto a Santes Creus y Poblet), centrándose en todos aquellos cuerpos menores que aderezan la vida y los espacios interiores de los conventos, a menudo no lo suficientemente valorados debido al contraste dimensional que se establece en las iglesias dentro de los propios recintos.

Posteriormente, las ordenes mendicantes entran en juego, siendo las encargadas de interpretar la herencia de los cistercienses y transformar esa cultura constructiva en el seno de las ciudades, compaginando tareas de predicación, estudio y enseñanza en las nuevas universidades (monjes dominicos) y el ideal de pobreza, vida de ayuda y mendicidad (monjes franciscanos) como diferencias de enfoque entre estas órdenes mendicantes que se van diluyendo con el paso de los años.

Toulouse y su área de influencia conserva pequeñas estructuras de defensa – las llamadas *iglesia-fortalezas*- muy vinculadas al movimiento albigense y que cristalizan en experiencias singulares como la nave *raymondina* de la Seu y la doble nave de *Les Jacobins.* Es el momento de la lucha contra el catarismo, de los cambios de dominio en la ciudad, de la llegada de las órdenes mendicantes (Santo Domingo de Guzman), de creación de la universidad en 1229 dirigida en sus inicios por los dominicos, donde los nuevos templos deberán responder a la necesidad de amplificación sonora que la predicación requería. Según Mestre, era "*.. allí donde debatían católicos y cátaros, de una manera dialogante, delante del pueblo, espectador mudo* [18]*.*".

---

[16] BIGET Jean-Louis, PRADALIER Henri, PRADALIER-SCHLUMBERGER Michelle, *L'art cistercien dans le Midi toulousain*, dentro de *Les cisterciens de Languedoc (s.XIII-XIV)*, cahiers de Fanjeaux n.21, Privat, Toulouse, 1986. pag 313.

[17] LAMBERT Elie *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècles,* Paris, 1931, cap.III.

[18] MESTRE J, *Atles dels Càtars* op.cit. Pag. 22.

En el caso de Mallorca, su condición de isla permitirá en mayor medida fundir la cultura previa a la reconquista con la que aportan los nuevos pobladores, materializarla en unas construcciones que serán adecuadas para diferentes escalas de poder y representación (y a la vez posibilitando una conservación más integra). La lectura se inicia con las primeras construcciones mendicantes (las dos naves franciscanas conservadas), para posteriormente incidir en las capillas de los palacios reales, concluyendo en la propia construcción de la catedral.

Las ciudades de Barcelona y Manresa quedan conectadas por la actividad de un maestro arquitecto, Berenguer de Montagut, que tiene la capacidad de dirigir unos talleres de dos obras singulares, con ciertos paralelismos, pero de planteamientos concluyentes y arriesgados, según los casos. Se verá el modo en que dicho maestro controla y modela la forma del espacio, en base a unas pautas métricas, constructivas y estructurales.

El caso de Girona será paradigmático pues en él, como en Mallorca o Perpinyà, se producen situaciones convulsas a lo largo del proceso de la obra, mediante los cuales se modifican los planteamientos o modelos iniciales. Al igual que en otros núcleos urbanos, se verá la capacidad de influjo que construcciones menores como la de los dominicos podrán producir en la obra de la gran catedral.

Cuando el trabajo se centre en la ciudad de Perpinyà, servirá como marco para abordar una de las variantes del gótico meridional, que explica cómo el espacio único se matiza y diversifica mediante tres naves paralelas iniciadas en ábsides independientes: Perpinyà realiza, en el siglo XIV, una una compleja cabecera en la iglesia de la orden de los predicadores, la cabecera de Saint-Jean-le-Neuf. Además, la proximidad territorial permite un línea de conexión transversal que, pasando por Castelló d'Ampúries, llega de nuevo a la Catedral de Mallorca. En todas ellas se produce la misma complejidad.

1.6 METODOLOGÍA

El proceso ha requerido un primer trabajo de campo para tomar medidas de las construcciones que luego serán explicadas y justificadas, llevado a cabo durante varios años, en que se realiza un levantamiento propio de las medidas básicas en los interiores de las construcciones, referidas no a la totalidad sino a unos módulos que se consideren representativos. En ocasiones, este levantamiento se contrasta con aquel publicado, en general, por los colegios profesionales (anuarios, cuadernos…) o bien por instituciones públicas citadas específicamente en cada caso.

En segundo lugar, se emplea un cuaderno de campo para croquizar estos módulos mediante proyecciones planas (vistas en planta y en sección vertical), generales y de detalle, siendo acompañadas mediante un sistema de cotas en bases métricas actual e histórica, para facilitar una interpretación directa de los resultados. En concreto, se utiliza una cinta flexible de treinta metros en cuyo reverso están marcados los palmos y unidades enteras de la *cana catalana* y de la *cana destre*, los dos más comúnmente utilizados en la cultura catalana.

En tercer lugar, se toman unas lecturas taquimétricas mediante un teodolito laser (distanciómetro que no requiere de prisma de rebote), de puntos cuyas coordenadas cartesianas o polares se traducen con una aplicación informática en un gráfico tridimensional, visualizable en la aplicación habitual de dibujo asistido por ordenador. Esta *nube de puntos* tridimensional debe ser acompañada de un segundo grupo de dibujos croquizados en el cuaderno de apuntes, para poder identificar las condiciones singulares de cada punto medido y registrado.

En algunas ocasiones se realiza una categoría de análisis gráfico, basada en la estática constructiva de las líneas de equilibrio de las diferentes formas que intervienen en el sistema, con objeto de interpretar las funciones de cada elemento y validar o contrastar con otras investigaciones los resultados obtenidos. En este sentido, el trabajo sigue la línea de trabajo sobre los conceptos de equilibrio de Rubió y Bellver sobre la catedral de Mallorca[19], reinterpretados y actualizados recientemente por Heyman[20] en sus estudios sobre las fábricas de piedra.

Finalmente, se presenta una última categoría gráfica de síntesis, que es aquella presentada con pequeñas visualizaciones que acompañan y se entrelazan con el texto. Son dibujos de interpretación de las bases gráficas previas, cotejadas con los croquis de las medidas y con los croquis de los puntos, superpuestas y comparadas con imágenes fotográficas, permiten identificar aspectos esenciales, remarcar líneas estructurales, etc. Se producen además pequeños gráficos muy esquemáticos de interpretación de la evolución histórica, proponiendo en ocasiones visiones parciales y orientadas al tema en cuestión.

Estas categorías expresadas no siempre son completas dentro de un mismo modelo constructivo, pues dependen del desarrollo o interés de cada caso concreto de estudio. Como ejemplo, los modelos medidos mediante la primera categoría son mucho más amplios que los realmente desarrollado y presentados en este texto, pues sirven para entender el proceso general, delimitar el contexto geográfico del estudio (este trabajo se extiende por el Norte hasta la Ciudad de los Papas en Avinyò o la ciudad de Cordes junto a Albi, y por el Sur hasta la catedral de Valencia, en su nave primitiva) que pueden dar pautas para futuras investigaciones.

[19] RUBIÓ I BELLVER J, *Conferencia acerca de los conceptos orgánicos, mecánicos y constructivos de la catedral de Mallorca*, Barcelona, J Bartra Laborde, 1912

[20] HEYMAN Jacques, *El esqueleto de piedra.* CEHOPU, 1999. pag 57 a 76.

."...*El espacio debe ser calmado, sin demasiados intercolumnios; ni demasiado ancho, ni demasiado pequeño; ni demasiado iluminado, ni demasiado oscuro; con intérvalos o tramos de dimensión moderada*..."

(Frances Yates, *The Art of Memory*, Routledge and Kegan, Londres, 1966, pag. 75)

2. GEOMETRÍA Y MEDIDA

2.1 INTRODUCCIÓN

El maestro gótico debió entender que, cuando se trataba de diseñar o explicar un modelo, era prioritario establecer un esquema de forma que permitiera después ajustar sus medidas. Este esquema podía ser transportado, podía cambiar de tamaño y ser traducido a nuevas unidades.

El esfuerzo para establecer nuevos patrones de medida en regiones amplias contrastará con la permanencia de sistemas métricos anteriores y con las pequeñas variaciones locales. Sin embargo permitirá, poco a poco, establecer unas constantes significativas. Veremos a continuación los aspectos básicos de esta geometría y de esta medida cuando se trata de los territorios de la antigua Corona de Aragón.

La evolución de las estructuras catalanas se acompañará así de cierto rigor y orden, en cierto modo formal, métrico y estructural, y en ellos será donde incida este trabajo.

2.2 GEOMETRÍA BÁSICA

La geometría, en su sentido más amplio, corresponde a aquella parte de la matemática que representa el espacio y las formas y nace para medir la tierra cuando, con un carácter intuitivo, se dedica a compilar hechos relativos a medidas, sin ningún proceso deductivo.

En la Edad Media, diversos testimonios distinguen una geometría de las ciencias y otra de los oficios. La primera, orientada a expresar conceptos abstractos, no necesariamente aplicados, estaba al alcance de unos pocos maestros que custodiaban sus conocimientos en logias y talleres.

La segunda, que es la que interesa en este estudio, estaba orientada a traducir soluciones complejas mediante pequeños procedimientos prácticos. Es la geometría práctica, llamada *geometría fabrorum*, que debía usarse en las obras, al alcance de los operarios y maestros canteros cuyas funciones eran replantear la formas previstas en los trazados, diseñar plantillas o moldes para fabricar posteriormente los elementos repetitivos, construir las cimbras, etc.

¿Cuales son los medios intelectuales y materiales que tenían a su disposición los constructores de la época? Ellos no eran escolásticos y, por tanto, no disponían de conocimientos teóricos amplios. Su experiencia se basaba en métodos establecidos empíricamente, transmitidos de generación en generación, ampliados por lo que aportaba cada nueva realización.

La geometría práctica, aplicada a unos objetos concretos, resolvía problemas sin tener necesidad de aportar cifras o medidas, sobre las que no había consenso, y para las cuales no había escuadra fiable, reconocida y universal.

Los conocimientos a disposición de los maestros de obra eran limitados, pues la cultura avanzada que conocía tratados antiguos como los *Elementos* de Euclides no estaba al alcance de todos[1]. El rol que asumen los escolásticos del XII y XIII, especialmente al traducir las fuentes documentales árabes, es fundamental. Es el caso de Gundisalvo, arcediano de Segovia y traductor de la Escuela de Toledo, quien distingue la geometría teórica, llamada *scientia*, de la geometría práctica, llamada *ars*. Y será interesante como dicho autor detecta unos saberes

[1] BECHMANN Roland, *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication*. Ed Picard, Paris, 1993, pag 36.

orientados al estudio de los modelos de arquitectura y, en cierto modo, sus condiciones de equilibrio. Lo llama *scientia de ponderibus*, que podría asimilarse a lo que modernamente conocemos como estática.

Diversos tratados son escritos en lenguas vernáculas, es decir, no cultas, como es el caso de la pratike de geometrie, en lengua picarda, en 1275, que será referenciado posteriormente por Villard de Honnecourt. En él trata la medida de superficies planas mediante el astrolabio, la medida de las alturas y de puntos inaccesibles, e investiga también el trazado de formas diversas de áreas equivalentes. Además, estos estudios identifican formas de idéntica superficie.

Recordemos como otra de las fuentes de transmisión del conocimiento serán los debates que se producen en las propias obras, cuando son convocados diversos expertos foráneos. En ellos, era habitual que los maestros locales no llegasen a un acuerdo sobre el modo de continuar o concluir un modelo sin referentes hasta entonces. Es conocida la sentencia del maestro Jean Mignot en el debate de Milán indicando que "*el ars (práctica) no puede separarse de la sciencia*", en el sentido de que los saberes de los oficios y talleres (en nuestro caso, la *geometría fabrorum*) debe acompañar un conocimiento más teórico o abstracto, para llevar a buen término una obra.

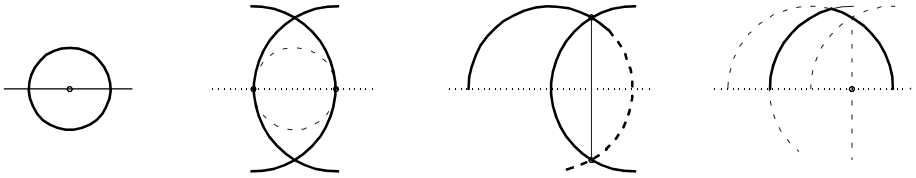
2.2.1 AJUSTE DE DISTANCIAS

Podemos avanzar que la *geometría fabrorum* tendrá diversas orientaciones. Por un lado, una orientación gráfica, que buscará recursos para simplificar geometrías más complejas y explicar procedimientos de trazado; y por otra, una orientación matemática, que buscará asimilar a medidas sencillas ciertos valores de números irracionales. Ejemplo de la primera orientación es el propio cuaderno de Villard de Honnecourt. Ejemplo de la segunda orientación son las aproximaciones a números quebrados (1/3, 4/7…) de los lados de formas poligonales perfectas, cuando el maestro cantero los incorpora a la lápida del arquitecto desconocido de Saint-Ouen de Rouen.

Así pues, el maestro gótico debía diseñar los espacios mediante gráficos planos (en planta y sección vertical) en base a una geometría teórica trazada con escuadras y compases, abocada posteriormente a una geometría práctica, la *geometría fabrorum*, basada en la aritmética de operaciones de adición y sustracción de módulos o fracciones de canas. Dicho de otro modo, la obra debía poder ser codificada mediante esquemas gráficos cuyos vértices constituyeran nudos de cuerda para traducir relaciones geométricas más abstractas.

Unos esquemas previos debían traducirse a tamaño de maqueta o a la realidad. Si a la cuerda se añade una pequeña pesa se obtiene un nivel para ajustar la planeidad de un muro o punto de pivote para regular la curvatura de un arco. Las escuadras se podían usar fijando los tres ángulos o considerando tan sólo alguno de ellos, determinando nuevas proporciones, y los compases no sólo trazaban arcos sino que servían para transportar medidas… Algunos aspectos vamos a destacar a continuación.

El gráfico f21-L41-H de Villard de Honnecourt, muestra el proceso simple para trazar una forma apuntada, que se inicia con el pequeño arco de circunferencia, aparentemente borrado, del cual se escogen dos puntos de su diámetro para dibujar unos sectores de circunferencia. El cambio entre la estructura rígida del arco de medio punto y la libertad que supone una forma apuntada.



Sobre 2 puntos de un diámetro cualquiera

Se trazan los arcos cuyo radio sea el diámetro

Una cuerda une las dos intersecciones y encuentra el nuevo centro

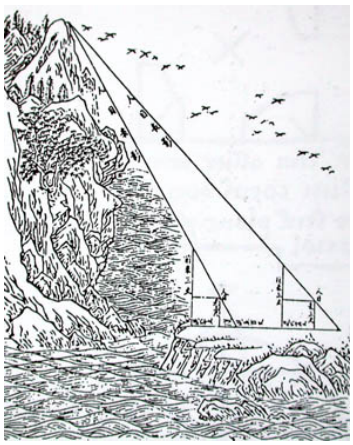
Se traza el tercer arco

Ruiz de la Rosa explica cómo los maestros disponían de una geometría práctica que permitía resolver formas sencillas y objetos concretos, sin la necesidad de recurrir a cifras o medidas, sobre las que no existía consenso[2]. Usaban instrumental simple como varas, compás o escuadras con que pasar y proporcionar medidas, y sistemas de triangulación para ajustar distancias inaccesibles o calcular áreas (para estimar cantidades necesarias de material).

Cuando muros, pilares o contrafuertes eran iniciados, los maestros podían controlar mejor las medidas libres entre ellos que las referenciadas por los ejes, inaccesibles cuando la construcción avanzaba.

El cuaderno de Villard muestra pequeños útiles que expresan conceptos más amplios, referidos a la necesidad validar la estructura geométrica de los objetos mediante una geometría sencilla, construible y recuperable.

Ejemplo de ello es gráfico que acota un punto inaccesible en altura: bien a través de una vara que pivota en el suelo y que permite, si se sitúa en el punto medio entre dos columnas, regular alturas idénticas entre ellas; o el gráfico que usa triángulos semejantes donde tres de las cuatro dimensiones son conocidas, para obtener distancias inaccesibles.



Grabado chino (enciclopedia del s XVI)[3]

Manuscrito de Villard (fº20, pl 39 L)

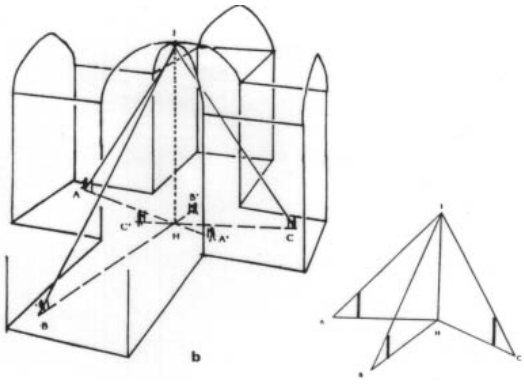


Gráfico de Bechmann, con la definición del punto inaccesible[4].

[2] RUIZ DE LA ROSA Jose Antonio, *Traza y simetría de la Arquitectura. En la Antiguedad y Medievo*. Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1987, pag 291.

[3] Se asimila lo inaccesible a unas pequeñas líneas onduladas, como se muestra en el grabado chino.

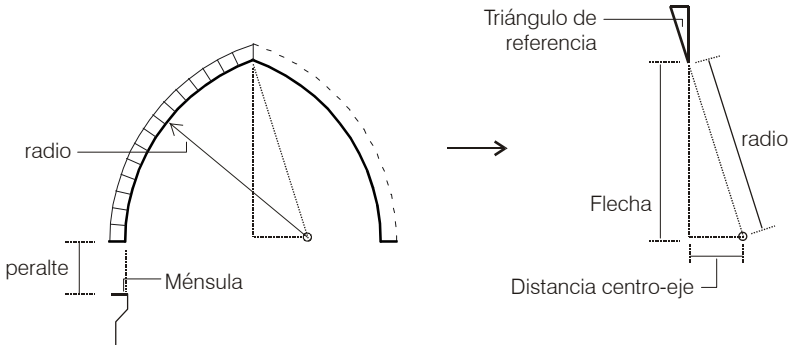
[4] BECHMANN Roland, *Villard*... op cit , pag 153, 155 y 157.

Bechmann explica cómo estos recursos gráficos elementales conformaban esquemas constructivos que no poseían escala y que por tanto eran adimensionales, si bien estaban perfectamente proporcionados. Por ello, se necesitaba un patrón aportado por el maestro. Es decir, un diseño en papel, pergamino, montea o maqueta requería de una medida o patrón a partir de la cual se podían determinar la medida real[5].

2.2.2 AJUSTE DE ARCOS

Una de las virtudes del arco apuntado respecto del medio punto es que mientras en éste las posibilidades de forma están limitadas por la luz del arco y sólo existe una solución de altura, en el arco *apuntado* el diseño de las alturas es ajustable, pudiendo adaptarse para diversas alturas.

Esta medida limitada por el *intradós* del arco debe ser garantizada por el *extradós* de una cimbra o molde de madera, a su vez trazada en el suelo o pared con la correspondiente *montea*. Evitando pues los puntos inaccesibles objeto de preocupación de Villard de Honnecourt, la geometría del arco debía ser clara y capaz de correlacionar sucesivos medios de representación gráfica.



Esquema de geometría básica del arco

Así, el proceso de definición de la *montea-cimbra-arco* debía ser de fácil transmisión entre el diseñador y los operarios y de fácil recuperación cuando el elemento tuviera que ser continuado o rehabilitado. Bechmann, en su interpretación de los gráficos de Villard, establece que "... *para definir con precisión un cierto tipo de arco apuntado – es decir sus proporciones- y poder reproducir todas sus dimensiones, es suficiente conocer la relación entre dos lados de un triángulo formado por el radio del arco, la altura (flecha del arco) y la distancia desde el eje del arco a uno de los centros de circunferencia*... [6]". Es decir, mediante los vértices de un determinado triángulo, se puede restituir un semiarco y, por simetría, obtener el arco apuntado completo.

De los tres lados de este triángulo de referencia, dos de ellos, el radio y la distancia del centro de circunferencia al eje, podrán obtenerse a partir de la *luz* del arco. Por ello, si el maestro gótico ajusta la luz del arco a un valor conocido (una fracción de canas) y posiciona el centro de circunferencia en una de sus particiones, obtendrá un valor de radio modulado en canas. En este proceso de diseño *óptimo* la flecha del arco queda como medida de valor irracional[7].

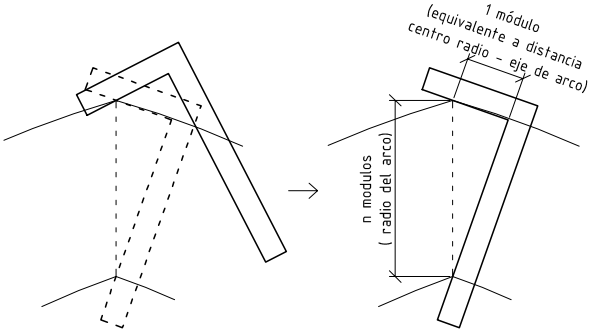
El triángulo de referencia actúa como una escuadra que se sitúa en la clave del arco, o en cualquier punto de su trazado, y permite, por un lado, facilitar su construcción y, por otro,

[5] BECHMANN Roland, *Villard*... op cit , pag 53.

[6] BECHMANN Roland, *Villard*... op cit , pag 208.

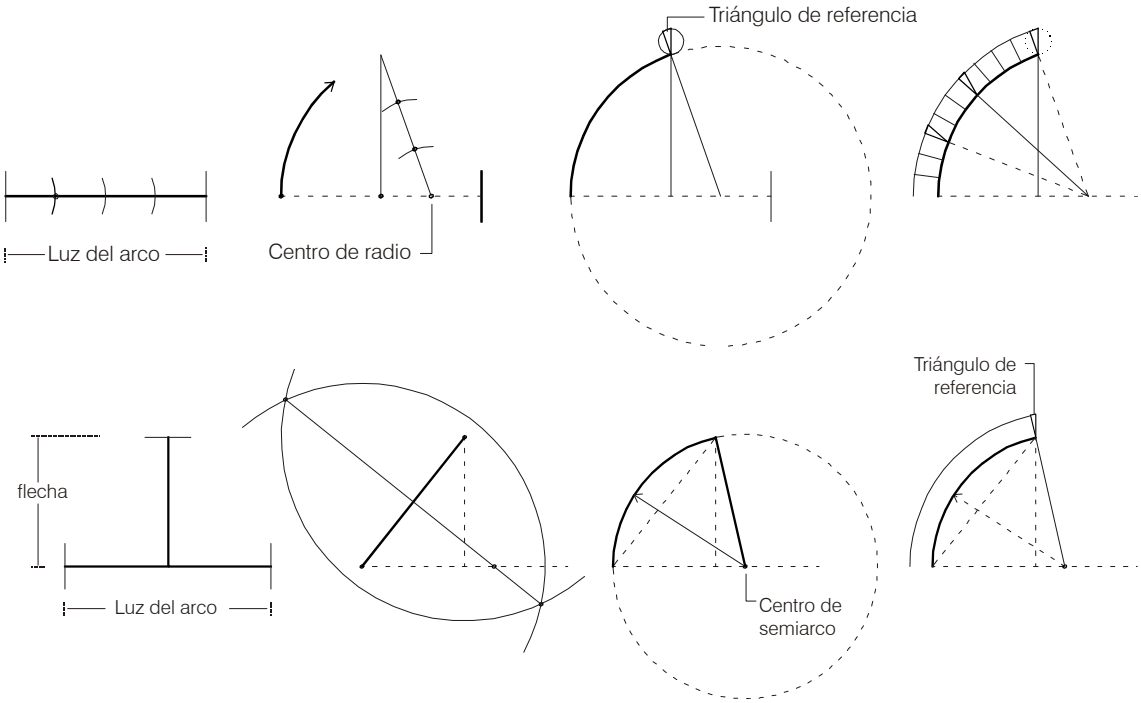
[7] Hay una excepción: es el triángulo llamado egipcio, formado por la proporción de 3-4-5 para los tres lados.

expresar la estructura del arco mediante un sistema de nombres (*tercio, quinto*...). Dado que la prolongación del lado largo de la escuadra siempre definirá el centro de la curvatura, la escuadra se pivotará sobre 2 puntos verticales de la clave, hasta obtener el modelo de arco que deseamos.



Ajuste del triángulo de referencia en la clave del arco

Esta manera de ajustar la posición y orientación de las dovelas puede ser entendida a través del concepto de *tirantez* explicado por Rabasa: "...*significa dirección de los planos de los lechos de las dovelas hacia el centro del arco... Es fácil imaginar cómo el cantero asentador comprueba la pieza colocada anudando un cordel o cintrel en el centro del arco, si es accesible, y tensándolo para materializar la tirantez del plano del lecho"* [8]*.*

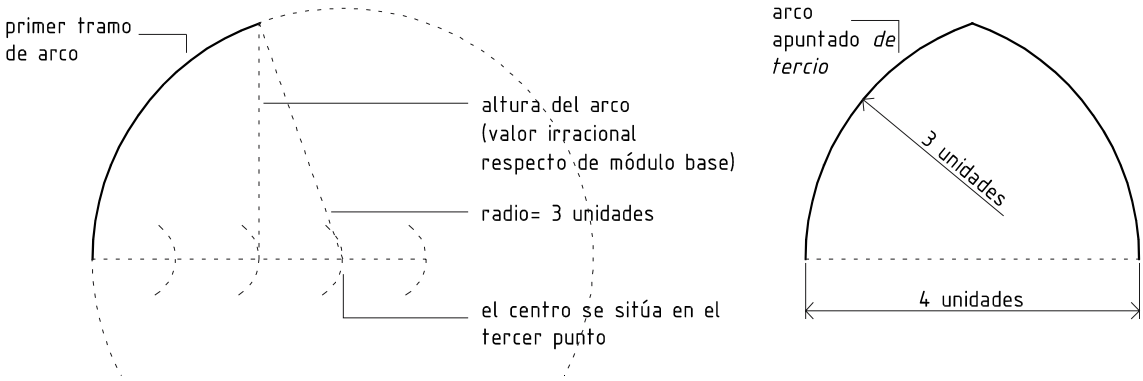


Casos habituales: en el primero se parte de la luz; y en el segundo se conocen luz y flecha.

Vemos como se trata de un sistema formal aparentemente autónomo del resto de la fábrica, ajustable a las dimensiones disponibles en la obra pudiendo ser construido en función de los datos de partida. El primero de los arcos más característicos, llamado *de tercio,* se esquematiza

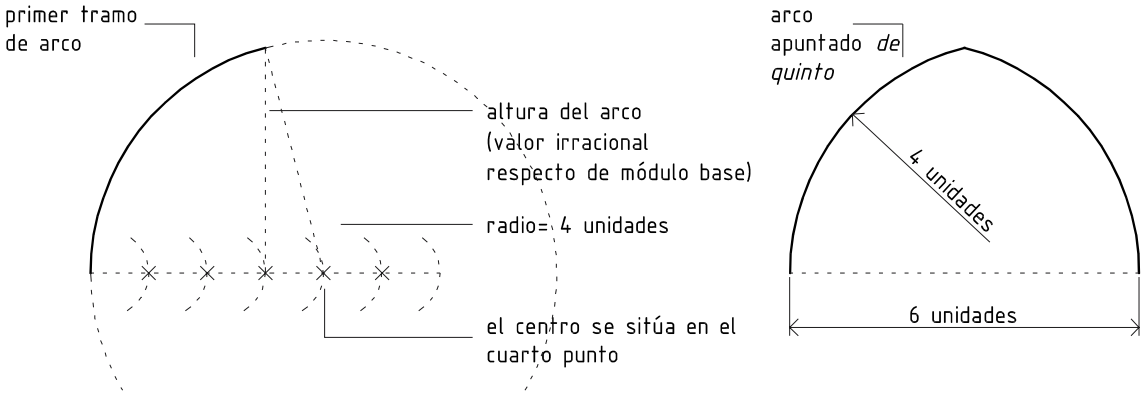
[8] RABASA Enrique, *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Ed. Akal. Textos de Arquitectura. Pag 63.

mediante un triángulo de referencia 3 a 1, y se genera a partir de una base dividida en cuatro, en la que el radio toma tres de sus partes (según definición de Branner [9]).



Dibujo del arco *de tercio*

El segundo, llamado *de quinto* se define por un triángulo de referencia 4 a 1; en la que una base dividida en seis partes permite formar un radio con cuatro de ellas.

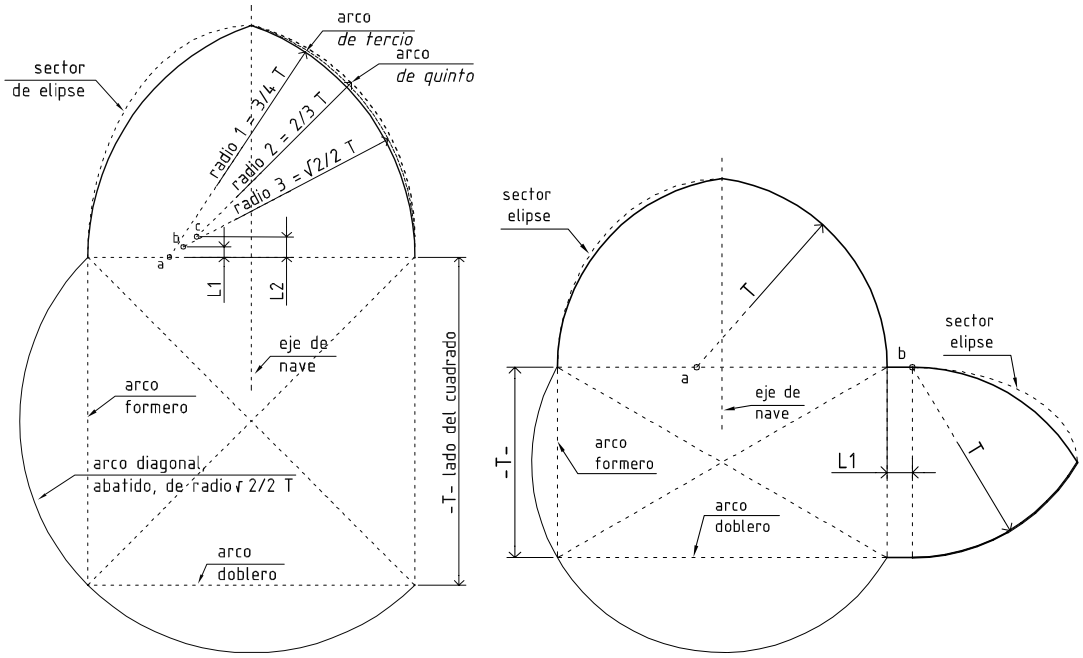


Dibujo del arco *de quinto*

Dado que la estructura de cubierta gótica dispone de arcos ortogonales y de otros cruceros para formar dos cañones de bóvedas apuntadas, las variaciones de forma entre los arcos serán tales que se ajusten a alturas deseadas por el maestro de obras, o bien a requerimientos de las propias bóvedas.

Es significativo que Roland Bechmann dedique cierto émfasis a describir las posibles formas para el toral, que permitan mantener valores de radios, partiendo de varias formas de tramo e imponiendo la condición de que las cotas de las claves se mantengan.

[9] BRANNER R, *Villard de Honnecourt, Archimedes and Chartres*, Journal of the Society of Architectural Historians, vol. 19, 1960, pag 91-96.



Tramo de base cuadrada y de base rectangular 1:√3, según Bechmann

Así, cuando el tramo es cuadrado, es razonable plantear que la misma estructura formal se pueda mantener para el arco *doblero* (*toral*) y para el *formero*, fijando una cota de coronación y unos diseños de dovelas y cimbras. Bechmann añade: ..."*Notemos también que los diferentes arcos apuntados tienen un perfil cercano a la cadena, curva generada por una cadena o cuerda flexible, homogénea y constante, que se deja caer entre dos extremos*" [10]. De este modo reconoce el modelo ideal (curva catenaria y elipse) para el comportamiento a compresión del arco, y compara los tres posibles trazados de arco.

En el caso de los tramos de base rectangular de proporción 1:√3, Bechmann realiza el mismo proceso, describiendo cómo el arco doblero puede usar el mismo radio que la diagonal y que, para unificar las cotas de coronación, se introduce un peralte en el arco lateral.

[10] BECHMANN Roland, *les racines des cathédrales*, ed . payot, Paris 1981. Pag. 192.

2.3 MEDIDA BÁSICA

2.3.1 GENERALIDADES

La base métrica de la época, genéricamente llamada cana, permite una aproximación más fiel a la relación geométrica que establece el crecimiento en planta (relación entre módulos) y en altura (crecimiento y posición de las bóvedas). Con el sistema métrico actual también podemos analizar la construcción pero, como expone Millán, hacerlo de este modo implica perder una parte del mensaje que la obra pretende transmitir "…*algo se pierde, como cuando se traduce un poema*…[11]".

En general, las canas usarán una base de medir diferente a la decimal, que permite divisores directos en 2 y 5. Así, las canas se dividirán en 8 palmos y en ocasiones hasta en 12 (cana destre), lo que permitirá, una eficacia similar a la de las medidas usadas para comprar y dividir los materiales de la obra: la cana podrá dividirse en 2, 3, 4 y 6 partes.

Muchas de estas medidas tienen un carácter antropomórfico: la cana se divide en pies, palmos y codos y pulgadas, dando a indicar que el patrón para definirlas había sido, originariamente, el propio cuerpo humano. El maestro portador de la cana o vara tenía un oficio instituido, que abarcaba un amplio espectro de actuaciones, desde obras a urbanizaciones o cultivos. Llevaba el bastón y unas cuerdas o cadenas con marcas que indicaban palmos y canas.

La cana podía entenderse como valor de cambio con un coste económico preciso. Ejemplo de ello son las crónicas de construcción del castillo de Bellver, a principios del XIII, cuando un maestro picapedrero se le pagan "…*27 libras y 10 sueldos por 50 canas de piedra, cortadas a precio hecho, destinadas a arcos*…"[12].

Los patrones de forja o tallados en la propia piedra se colocaban en las puertas de la ciudad como representación simbólica o representativa[13], a la vez que inalterable, de ella. Además, así podían ser consultadas y comprobadas por todos, mediante una vara de madera cortado a su medida.

Oficializadas por monarcas o condes, la cana se personalizaba en cada entorno mediante la adopción del nombre propio de la ciudad. Cuando ésta alcanzaba una nueva categoría religiosa (por ejemplo, en nuevo obispado) o se convertía en nuevo cruce cruce de caminos o puerto comercial, creará la medida propia como si se tratara de una lengua con la que mostrar y defender el alcance de su territorio. Así, ciudades poderosas como Montpeller, Narbona o Tolosa, junto con otras menores como Castres, Montauban o Lautrec, adoptarán patrones de medida que documentarán transacciones comerciales, actas notariales y, en lo que a este trabajo respecta, marcarán pautas para la construcción.

---

[11] MILLAN Antonio, *El pragmatismo de la vida cotidiana. Geometría y medidas: materia conceptual y constructiva*, dentro del trabajo *Santa María del Mar*, revista EGA nº8, 2003, pag 50.

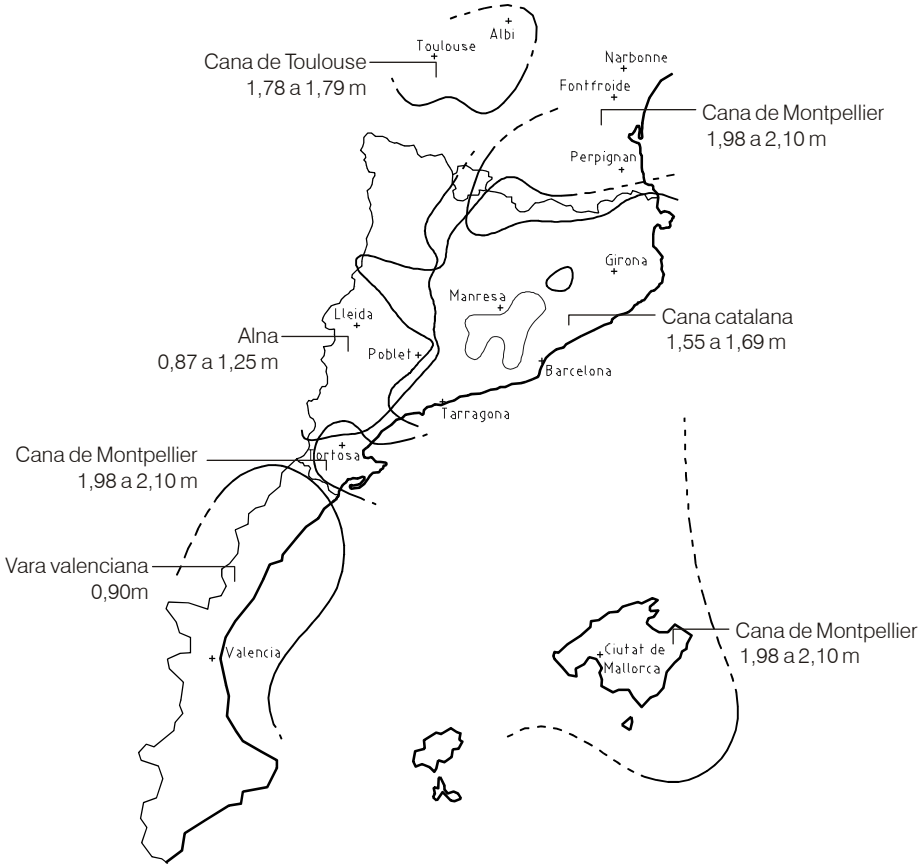
[12] DURLIAT Marcel, *L'Art en el regne de Mallorca*. Ed Moll, Mallorca, 1989 pag 204.

[13] En el caso de Barcelona, se ha conservado la llamada *cana de Santa Llúcia* (situada en la esquina de esta pequeña capilla con la calle del Bisbe de la ciudad), que se esculpe en la piedra, a la que la tradición asigna, erróneamente, el valor de la cana destre barcelonesa. Se conoce también que una de las puertas de la muralla de Jaume I, la *Portaferrissa*, situaba sobre ella las canas de la ciudad, fabricadas en hierro.

Cuando las medidas deban ser adaptadas a la gran escala, como en el caso de bastidas completas, el nuevo urbanismo deberá estar regulado en base a las medidas de la época. Ejemplo de ello es el caso de las *Ordinacions*[14] del rey Jaume II en Mallorca, modelo de crecimiento que asignaba una extensión edificable y cultivable a cada nuevo poblador. En el mismo contexto del Reino de Mallorca, Ramón Llull se interesa por la métrica de las grandes distancias, dejando constancia en su *Arbol de la Ciencia*, escrito entre 1295 y 1296, del valor de la milla marina[15].

2.3.2 DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL

El mapa propuesto por Alsina muestra unos límites difusos y con superposiciones, probablemente producidas por la movilidad de los maestros de las obras. Algunas áreas de influencia se yuxtaponen, como la producida en las tierras de Lleida entre la cana y el alna, o las incursiones puntuales de la cana de Montpeller detectada en los entornos de Tortosa y de Vic.



Mapa simplificado de la distribución espacial de las principales canas[16]

La *cana catalana* (o *moderna*), dividida en 8 palmos, 6 pies y 2 pasos, tiene una equivalencia métrica de 1,555m. Alsina apunta su gran alcance, con pequeñas variantes en una veintena de ciudades catalanas de las que toma su nombre, y su versatilidad, principalmente a través de la media cana. El territorio de cultivo, que hasta esos tiempos se cuantificaba de modo particular, se va adaptando a la

[14] ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional …* op cit. Pag 56.

[15] BATLLORI M, *Antologia de Ramón Llull*, Dirección General de Relaciones Culturales, Madrid 1961, pag 496.

[16] Redibujo ampliado al mediodía francés y a Valencia, interpretando los límites presentados en ALSINA Claudi, FELIU Gaspar y MARQUET Lluis, *Pesos, Mides i Mesures dels Països Catalans*. Ed. Curial, Barcelona, 1990. pag 43.

nueva métrica. Superar la intuitiva relación de medida del terreno trabajado en un sólo dia (*jornal*); o el tiempo de una siembra (*sembradura*); o con el movimiento de los bueyes en la labra (*vessana*), no será tarea fácil.

La *cana destre* era la medida básica de Barcelona. Dividida en 12 palmos, su correspondencia métrica es de 2,80 a 2,82 m[17]. Aunque recopilada por Jaume I en las *Ordinacions d'En Sanctatcília* dentro de los *Consuetuds* de la ciudad en 1262 , se conserva un pergamino que ya la nombra varios siglos antes, en el año 879, tal y como apunta Alsina[18].

La *cana destre* tenía una relación directa con la *cana catalana*, a través de una *mesura* de superficie de la época romana conocida con el nombre de *muxada.* Se trataba de un cuadrado cuyo lado equivalía a 25 canas destres o 45 canas catalanas. Se establecía así factor de conversión de 5/9 y un umbral de equivalencia situado en torno a los 14 metros (5 canas destres y 9 canas catalanas).

Es significativo que en muchas poblaciones se usara la *cana moderna* para corrientes operaciones comerciales, pero cuando se trataba de medir y comprobar servitudes urbanas y rurales, se empleara la *cana destre*[19]. La diferencia esencial entre la *cana* y el *destre* no es sólo de magnitud sino también numerológica: la cana introduce operaciones sencillas, dividiendo cada unidad en su mitad, mientras que el destre permite dividir por dos o por tres.

La cana de Montpeller se dividida en 8 palmos. Sobre ella, Alsina apunta dos posibles valores, referidos a 1,98 m y a 2,107 (cuando se refiere al *destre de Mallorca*) [20], mientras que Cazanove establece, en su resumen de las medidas en el Mediodía francés centrado en la región del Tarn, el valor de 1,987m[21].

La singularidad de esta medida residirá en su gran dimensión que, cuando Mallorca forme el reino abarcando parte del Rosselló y el señorío de Montpeller, definirá una medida excepcional, el *destre de Mallorca*, de valor correspondiente a dos canas, es decir, una medida en torno a los 4m.

La cana de Toulouse, dividida en 8 palmos, se extendía en toda la región del mediodía francés. Este trabajo va a considerar el valor de la cana publicado por Wolff: "...*La cana de Toulouse, la más importante del mediodía francés junto con la de Montpeller, fue medida en 1754 por los comisarios de la Académie de Toulouse, quienes definen se equivalencia a 792,2 líneas de rey. Las Tables de comparaison del año X le atribuyen un valor de 1,796 m, dividida en 8 palmos de 0,224m cada uno*... [22]".

Cazanove, Fassina y Malet defienden la presencia de las canas de Tolosa y de Montpeller en el territorio meridional, estableciendo una distinción significativa entre ambas: "...*La frontera que*

---

[17] Según el patrón del siglo XIX conservado en el Museu d'Historia de la Ciutat de Barcelona.

[18] ALSINA Claudi, *Pesos*... op cit, pag 146.

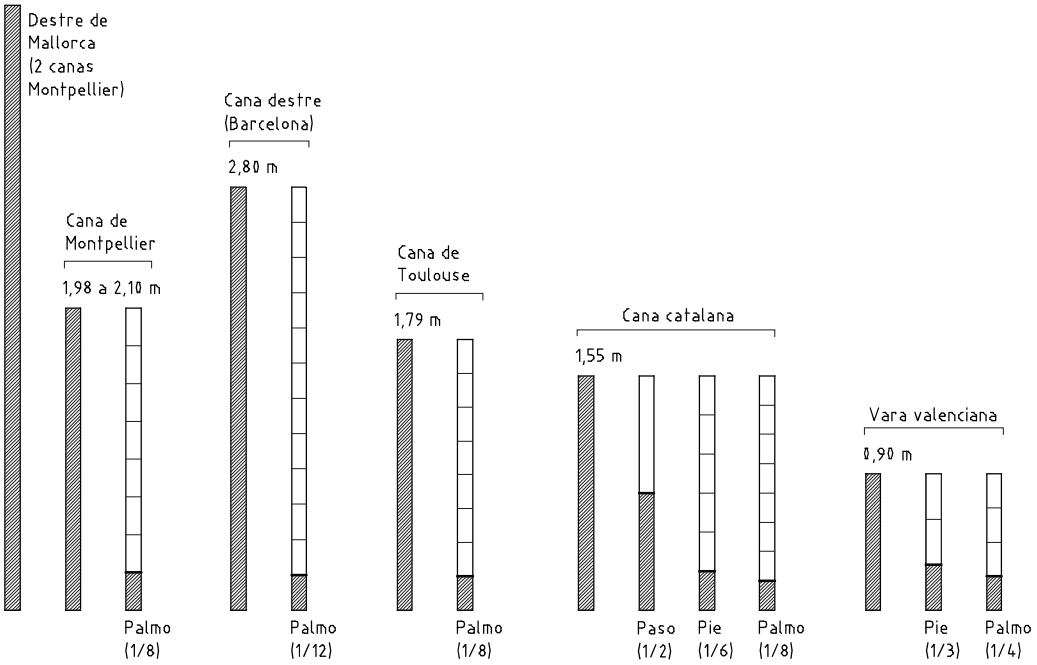
[19] ALSINA Claudi, *Pesos*... op cit, pag 131.

[20] ALSINA Claudi, *Pesos*... op cit, pag 148.

[21] CAZANOVE Françoise y otros, *Compoix et cadastres du Tarn (XIV-XIX) Étude et catalogue, accompagnés d'un tableau des anciennes mesures agraires,* Archives et Patrimoine 1992, Conseil General du Tarn, 1992., pag 75. Fuente anterior : *Annuaire* Conseil General del Departement du Tarn, ed Nougués, 1913, pag 422.

[22] WOLFF Philippe, *Commerces et marchands de Toulouse (vers 1350-1450)*, ed Librairie Plon, Paris, pag 28.

separa el Languedoc entre la cana de Montpeller (la medida larga) y la cana de Toulouse (la cana corta) divide de Norte a Sur las tres diocesis de Albi, Castres y Lavaur... [23]".



Cuadro de canas en territorios meridionales

Los conceptos de canas *corta* y *larga* pueden ser útil dentro del contexto meridional, aunque debería ampliarse a otros patrones también característicos, como puede ser la cana catalana o el alna, dentro del umbral más reducido, la cana destra y el destre de Mallorca (doble cana de Montpeller) como límites superiores, o como se verá, la cana doble como múltiplo de la unidad aplicada en grandes construcciones.

Además, las obras que se van a estudiar se sitúan en el entorno de la cana de Toulouse por lo que, en caso de que observar la presencia de la cana de Montpeller, podría significar que un maestro externo la ha adaptado o incorporado en una fase del proceso.

[23] CAZANOVE Françoise y otros, *Compoix et cadastres du Tarn …* op cit, pag 75.

2.4 CONCLUSIÓN

En las construcciones góticas era habitual que los arquitectos se incorporaran a una construcción iniciada por otros maestros de obra, con lo que debían ser capaces de reconocer los procesos preestablecidos.

La cana debía aplicarse también al caso de los arcos, asignado un radio como partición de una determinada luz libre. Cuando más conservada y restituible fuera la medida del radio, menos variantes presentarían las estructuras auxiliares de bastidas, en el caso de la bóveda nervada.

Las medidas en altura, y en concreto la que define la posición del capitel o arranque de las bastidas de los arcos, debían de tomarse desde el plano de suelo. Justamente un plano de trabajo, con irregularidades, que en ocasiones era pulido, rebajado o sobrepuesto con otro plano de pavimento cuando la obra era finalizada (o en rehabilitaciones posteriores).

Es por ello que un plano metrológicamente importante estará dispuesto en la posición de las impostas o capitales de donde saldrán, en el caso sencillo de la nave única, las nervaduras torales, formeros y diagonales. Este nivel permitiría verificar el progreso de la fábrica, comprobar desplomes y regularizar las imperfecciones del arranque de la obra. Respecto de éste debían de establecerse otros planos como el que define la terminación de los contrafuertes y que en muchas ocasiones podía constituir una plataforma desde la cual trabajar e izar el material de la estructura de cubierta.

Este trabajo mostrará si es posible establecer una lógica entre las unidades de medida locales y el modo en que las cubiertas son definidas y construidas. Además, podrá servir como argumento para establecer posibles autorías de maestros situados a distancias lejanas (que correspondan a otra cana).

Finalmente, se manifiesta un interés por mantener los radios y controlar las cotas de clave alterando la posición de arranque del arco. Los centros de arcos quedan controlados métricamente, y se buscan posiciones accesibles, que recuerdan el modo de operar de aquellas escuadras que, deslizándose por las juntas de las dovelas, permitían restituir, comprobar y ajustar los centros y la posición de los arcos.

La forma del arco corresponderá, cuando sea posible, a un trazado genérico y estructurado, compuesto por dos fragmentos de arco de circunferencia, peraltados o no, culminando en una clave. En el arco meridional se verá cómo el vínculo entre la forma del arco y su plataforma de base será muy estrecho (muy evidente en las primeras experiencias mendicantes como en Saint-Etienne de Tolosa). Cuando la perfección técnica permita buscar mayores alturas y esbelteces, también serán incrementados los espacios laterales, pretendiendo mantener la relación de una gran superficie de cubierta con el plano de base, incorporando nuevos gradientes de transparencia entre naves contiguas.

El cambio de escala de un mismo trazado genérico será posible y aparentemente experimentado por los maestros góticos, hasta unos umbrales que iban a superar todos los conocidos hasta el momento. ¿Cuál es el límite de este cambio de escala? El siguiente capítulo pretende abordar esta problemática mediante una serie de valores que permitan comparar formas y modelos, como modo de aproximarnos a conceptos de seguridad estructural.

3. ESTRUCTURA Y ESTABILIDAD

3.1 INTRODUCCIÓN

La construcción gótica meridional se distingue por un equilibrio entre las superficies cerradas murarias y las superficies abiertas de iluminación. Respecto del período anterior románico, se pierda la pesadez de las gruesas bóvedas de cañón y se busca una optimización progresiva de los elementos que basan su eficacia estructura en saber colocar la masa en los lugares adecuados, en la cantidad justa.

Este trabajo indaga en los conocimientos estructurales que los maestros góticos debían poseer en aquella época. Poca documentación escrita nos ha quedado, con independencia de el valor que pueda tener la propia obra y de unos pocos cuadernos de apuntes con gráficos vinculados a los procesos de construcción geométrica más elemental, como hemos señalado en el capítulo anterior. Sabemos que hacia finales del XII se empiezan a recuperar tratados clásicos, principalmente griegos, a través de versiones árabes pacientemente traducidos por los escolásticos, donde ya se apuntan algunas nociones de mecánica elemental.

Tenemos los documentos de los siglos posteriores, que podemos entender como compiladores de los conocimientos teórico- prácticos conocidos y que dan lugar a la base de la ciencia estructural y en concreto de la mecánica.

Así, podemos entender que entre el periodo en que se recuperan y aplican los tratados de los clásicos y el siglo XV, donde las experiencias del gótico meridional llegan a su grado de máxima complejidad, debió de producirse algún tipo de progresiva adaptación de ciertos principios de estabilidad.

Este trabajo prentende ilustrar cuáles debieron ser estos principios que regían el buen diseño de las fábricas. La teoría mecánica, consolidada en los siglos XVII y XVIII, que hace converger necesidades gráficas de disciplinas diversas como fueron la estereotomía, el diseño de mecanismos de defensa, con los propiamente referidos al funcionamiento de las obras, culmina en el siglo XX siendo recuperada por Jacques Herman en sus lecturas sobre las estructuras de fábrica.

Veremos cómo se pueden parametrizar unos valores conceptuales de las estructuras que aislados no tendrían sentido pero puestos en común ayudarán a indentificar unas pautas de diseño a lo largo del tiempo.

3.2 LA ESTRUCTURA DEL TRAMO TIPO

¿Qué distingue el espacio de las naves góticas meridionales de las previas románicas? La evolución técnica permite modificar la escala de los nuevos espacios y veremos como las luces aumentan de los 8 o 10 metros a los 14 o 16 metros, por citar las medidas habituales. Pero, ¿cómo se dispone el material resistente?. ¿Es lógico que al aumentar la luz de las naves se reduzcan los espesores de muros y bóvedas?. Sin duda, este hecho demuestra que los maestros góticos eran capaces de ajustar los espesores estructurales hasta un valor considerado seguro. Pero ¿dónde estaba este límite?

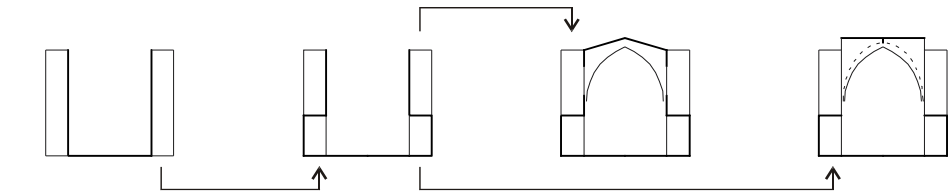
Veremos a lo largo de este capítulo cómo este límite no tendrá que ver con las condiciones físicas de trabajo del material sino con su disposición geométrica. Es decir, nos encontramos ante casos en que los materiales están trabajando muy por debajo de su tensión límite o de rotura. Más bien, el diseño óptimo será aquel que sitúa el material (arco, bóveda o estribo) en el lugar idóneo para que pueda canalizar eficazmente las curvas de presiones.

En primer lugar, asistimos a un periodo en que los pesados soportes continuos de las bóvedas de cañón se van transformando poco a poco en lienzos de pared con cierto valor de equilibrio entre masa ciega o superficie ocupada por sillares y espacio de iluminación o vidrieras.

El maestro gótico entiende el concepto de rigidez transversal cuando un lienzo de muro lo coloca transversalmente y es capaz de recoger un empuje de presión similar al que recogían los pesados muros románicos paralelos a la nave.

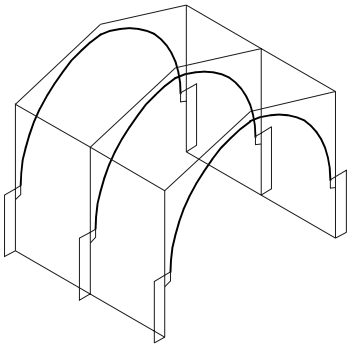
Así, el muro lateral se libera de su misión estructural y puede plegarse para producir espacios escalonados donde en cada quiebro se produzca un plano de trabazón.

La evolución en los usos del espacio interior, que requerirán espacios menores como naves laterales o capillas, dará como resultado una estructura compuesta y diversa que amplificará las luces interiores: las pantallas de los estribos o contrafuertes podrán limitar espacios privados funerarios (capillas), crear niveles de tribunas hacia el interior (catedral de Barcelona) o hacia el exterior (la mayoría de las iglesias). El espacio se podrá diversificar incluyendo una línea de soportes (los *Jacobins* de Toulouse) o una doble fila para crear tres naves (Santa María del Mar).

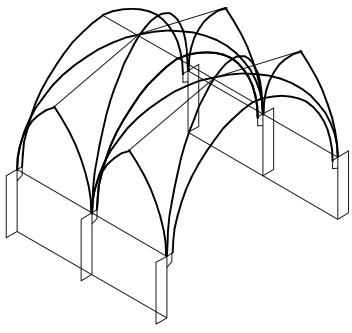


Esquema evolutivo del tramo cubierto

La cubierta forma una piel exterior que transporta las aguas de la lluvia hacia gárgolas o aliviaderos. Los arcos diafragma mantienen la solución de dos planos como estaban establecidos en las bóvedas de cañón anteriores, sólo que la masa pétrea es sustituida por un ligero envigado de madera, separados en función de la propia sección de madera. Inferiormente, los arcos buscan una forma óptima que garantice el trabajo a compresión de las piezas, alcanzando la forma compuesta característica del arco y naciendo, como en los primitivos modelos cistercienses, de pequeños salientes empotrados en el muro.



Arcos diafragma con envigado de madera



Bóveda nervada. El muro lateral se libera de carga

Las condiciones de longevidad que las obras, una mayor capacidad técnica y financiera y ciertas voluntades compositivas y estéticas, hicieron evolucionar la sencilla cubierta de madera a dos

aguas hacia un modelo más complejo de arcos en dos direcciones principales que limitaban unas superficies de bóveda.

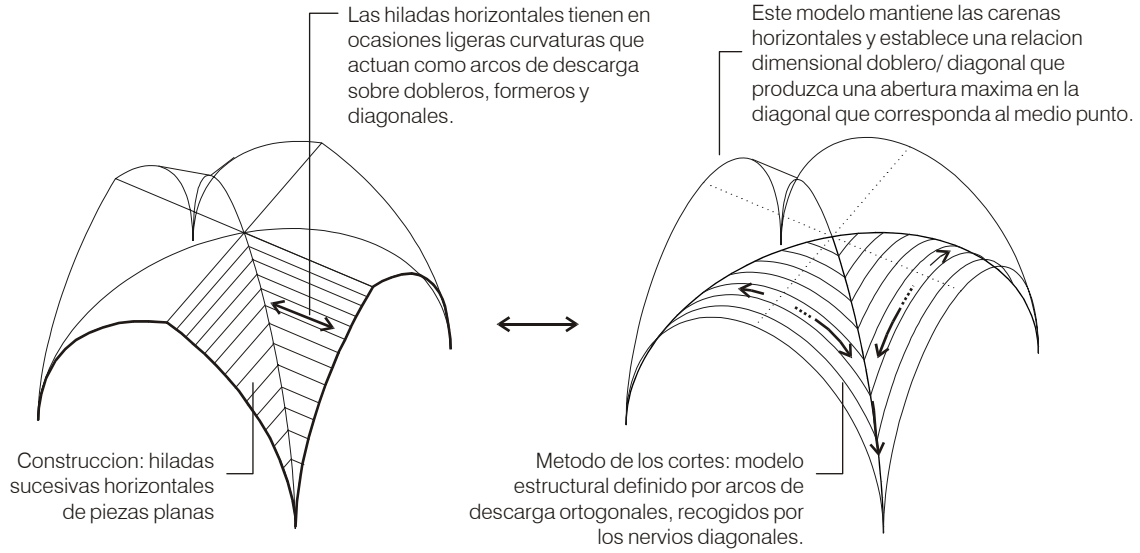
Del arco diafragma se pasa a un sistema formado por el arco *toral* o *doblero* que se combina con su perpendicular, el *formero*, y sus dos diagonales. El clima mediterráneo permitirá que el extradós de las bóvedas se solucione con planos de pendientes mínimas, con rellenos ajustados, ligeros y rígidos, capaces de transmitir los empujes y de no sobrecargar las superficies de bóveda.

Uno de los logros del gótico será que el sistema de las bóvedas dispondrá pesadas dovelas talladas (torales, formeros y diagonales) e hiladas de plementería de directriz recta o ligeramente curva, a diferencia de lo que se presentaba en el primer gótico o en la tradición románica. Sobre las delgadas superficies de bóveda se dispondrán unos mantos de argamasa que, según las técnicas locales, aportarán mayor peso o aligeramiento en el trasdós de las bóvedas, rigidizando los senos de las bóvedas en su entrega con los estribos o contrafuertes. En muchas ocasiones, esta argamasa acabará perfilando por el extradós los planos de evacuación del agua. Por tanto, estamos ante una técnica que diversifica sus elementos, que establece un orden concreto de ejecución, que resuelve de una vez varias necesidades (equilibrio y recogida de aguas) y que, gracias a la elasticidad demostrada de los morteros de cal utilizados, acaba tomando cierta ductilidad ante situaciones imprevistas: a nivel de cálculo, mejores condiciones de traba general y un pequeño grado de monolitismo.

En esto se distinguirá de las primitivas bóvedas góticas donde las nervaduras apenas tenían presencia o de las bóvedas románicas donde el espesor material era mucho más considerable.

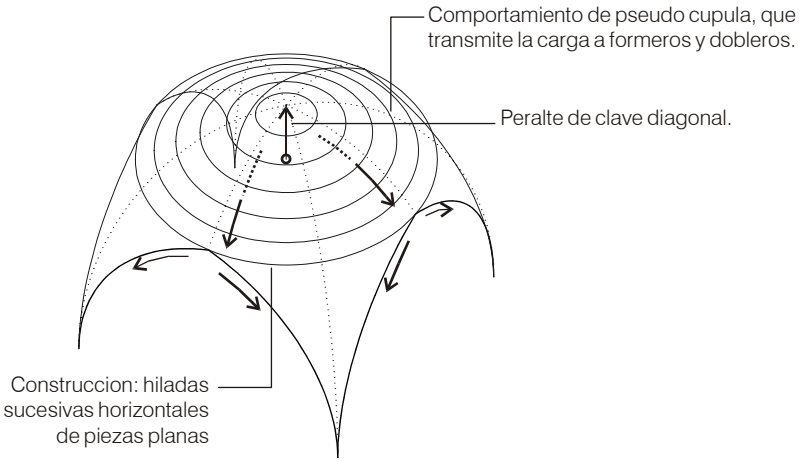
Heyman establece el método de los cortes como modelo simplificado para el análisis de bóvedas de crucería, formadas por cañones perpendiculares. Es significativo que dicho modelo establece como elemento jerárquico principal el arco diagonal, en contra de lo que el modelo constructivo podría llegar a establecer. Así, el arco doblero o formero no sería más que un fragmento de bóveda apuntada, reforzada inferiormente mediante un resalte adovelado, pero sin recibir una carga repercutida del resto de la bóveda.

Puede hablarse de un segundo modo estructural que corresponde al sentido de las hiladas de la bóveda, muchas veces ligeramente arqueadas, y que asignaría el primer grado de jerarquía a dobleros y formeros. Cabe señalar que, si partiéramos de la misma geometría en los dos modelos anteriores, las resultantes en los apoyos deberían ser las mismas, por lo que para el cálculo de los soportes o estribos podemos tomar el que resulte de más fácil aproximación.



Comportamiento dual en las bóvedas nervadas, según el modo en que están construidas, y según la hipótesis de análisis límite por el método *de los cortes*

Sin embargo, se puede añadir un tercer modo de comportamiento, que ocurre cuando se establece una diferencia de cota entre las claves de las diagonales con respecto a los dobleros y formeros. Esta forma implica una nueva orientación en el descenso de cargas estabilizando la forma general a partir de unos arcos laterales que recogen la carga gravitatoria que desciende de los paños de bóveda que se comporta como una *pseudo- cúpula*. Este comportamiento se observa tanto en estructuras primitivas (como Saint-Etienne de Toulouse) como en estructuras tardías (catedral de Palma).



Comportamiento estructural de una bóveda con diferencias en cotas de clave

En síntesis, parece oportuno no descartar, al realizar los análisis de los modelos, un modo de trabajo mixto que tenga en cuenta el modo de construcción por hiladas de boveda apoyadas perpendicularmente a los arcos ortogonales, un sistema cilíndrico monolítico que acentúa la función de los arcos diagonales y una forma cupulada que mejora la forma y verticaliza las cargas. En ocasiones, la delgada capa de argamasa permitirá entender este comportamiento trabado y diverso.

3.3 ORIGEN DE LA TEORÍA MECÁNICA

El punto de partida se base en reconocer que los maestros góticos debían buscar, de modo empírico, unas relaciones dimensionales que se acercaran a lo que ellos consideraran como forma *estable.*

Algunos investigadores identifican un primitivo estado del conocimiento sobre cuestiones de estática en la Antigüedad, en los trabajos del Pseudo-Aristóteles en su *Mecánica* y de Arquímedes con su *Equilibrio de planos*[1]. Ambos debieron ser interpretados y traducidos en la Edad Media. En concreto, destacamos los estudios de Arquímedes sobre el concepto de palanca y que, aunque uno de sus usos inmediatos iba a ser militar (para la construcción de catapultas) podrá definir la idea de polea. Estamos pues ante estudios sobre fuerzas situadas a una cierta distancia y controladas mediante un punto de pivote. Arquímedes establecía el concepto de vuelco que debe compensarse con el momento estabilizador. Las fuerzas no solo eran importantes por su magnitud, sino también por su punto de aplicación y su orientación.

Por tanto, desde el siglo III a.C. que se empiezan a manejar conceptos como peso, equilibrio, centros de gravedad… Arquímedes acabará estudiando las geometrías planas sencillas y los sólidos, indicando sus centros de gravedad.

Serán pues tratados griegos que, estudiados y desarrollados por los árabes, traducidos por los escolásticos, permitirán tener hacia finales del XII y principios del XIII, una base suficiente para abordar nuevos retos estructurales.

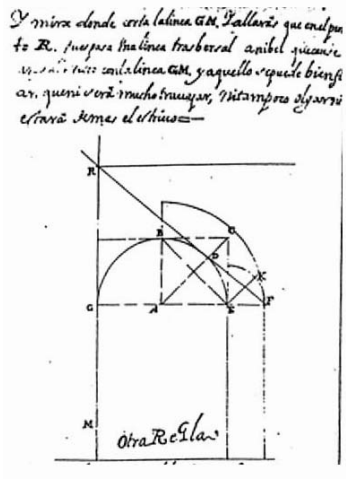


Gráfico de Gil de Hontañón

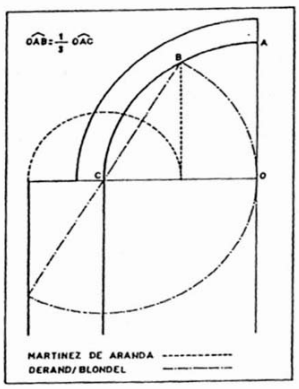
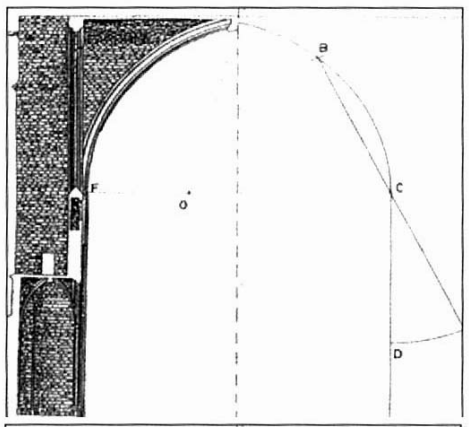


Gráfico de Derand

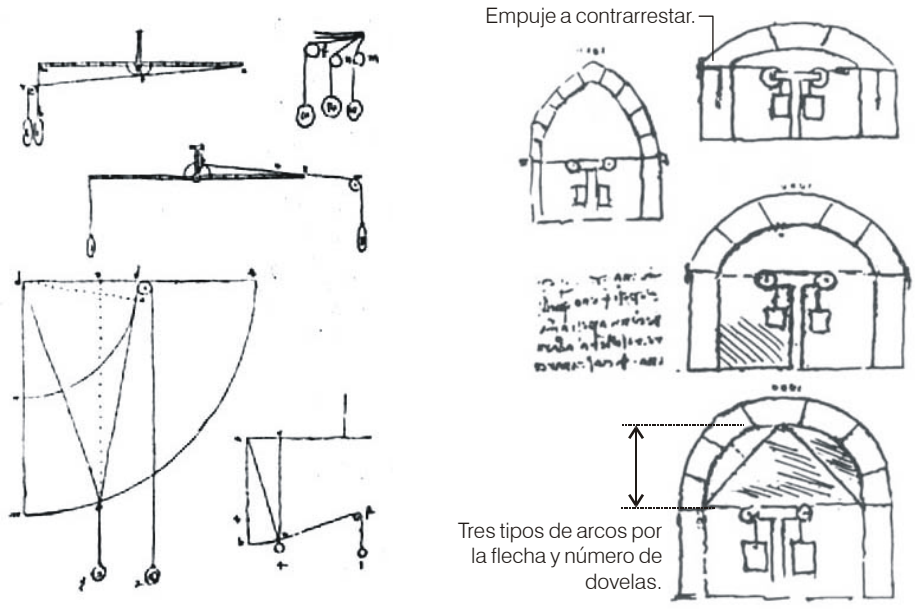


Sección de Girona. Regla de Blondel para el estribo (Huerta)

Por desgracia, no tenemos constancia de documentos avanzados que pudieran continuar la línea de investigación de los tratados griegos recuperados. Poco científicas aunque efectivas, resultan las series de reglas geométricas transmitidas a través de los estudios de estereotomía (Blondel, Derand, Martínez de Aranda, Gil de Hontañón…) quienes, después de la época gótica, explican mínimos dimensionales de los elementos estructurales. Es significativo que concentren sus esfuerzos de explicación en la dimensión del estribo.

[1] MAINSTONE Roland, *Structural Theory and Design before 1742* .

Se atribuyen a Leonardo da Vinci conceptos relacionados con fuerzas o vectores capaces de ser descompuestos en otros coplanarios[2]. Cuando él presenta estos modelos de arcos con diferente flecha, es consciente de el lugar donde debe situar un elemento de tirante. Parece indicar una cierta uniformidad en el espesor del estribo respecto del arco, cuando el empuje es absorbido por los tirantes con poleas.



Leonardo estudios de poleas y contrapesos y, *Forster Codex II, fol 82v*[3],

Ruiz de la Rosa[4] cita unas fuentes (Actas de la Catedral de Milán, el tratado de Lechler, ciertas reglas definidas por Bucher y el manuscrito de Gil de Hontañón) como muestra de la manera de operar del maestro gótico: éste desconocía las leyes de la estática y se basaba en conocimientos experimentados y heredados de los gremios de constructores. Y será significativo cómo, cuando en Milán se diserta sobre la conveniencia de continuar la obra desde la planta (esquemas *ad quadratum* o *ad triangulum*) para determinar la totalidad de las alturas, se introducen términos puramente estructurales como los referidos a arcos, estribos, arbotantes… sobre los cuales, en aquella época, se desconocía el comportamiento real como estructura.

Los primeros tratados de estructuras se basan en procedimientos empíricos que buscan conocer la tensión bajo la cual un material rompe o colapsa. Intentan proceder al igual que haría el maestro gótico para conocer cual es la carga máxima a aplicar en una sección de un material concreto, con un determinado ángulo de incidencia (peralte del arco), situado a una determinada altura del plano del suelo, cuando empieza a actuar el contrafuerte o arbotante. Así, conocía este límite, por pura experimentación.

---

[2] ESCRIG Félix, *La torre y la cúpula*, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, pag 15.

[3] BENVENUTO Edouardo, *An introduction to the History of structural mechanics*. Ed Verlag, New York, 1981, pag 310 y MAINSTONE Roland .

[4] RUIZ DE LA ROSA, Jose Antonio. *Traza y Simetría de la Arquitectura. En la Antigüedad y Medievo*. Publicaciones de la Universidad de Sevilla. 1987, Pag. 327

Enrique Rabasa apunta a este respecto que las relaciones entre la traza de cantería y los conocimientos de la estática se encuentran, en aquella época en un estado muy primitivo[5]. La literatura que ha acompañado ambas disciplinas muestra gran distancia entre ellas: algunos autores que se ocupan de la estereotomía no parecen tener nada en común con los que se ocupan de la estabilidad; en otras ocasiones, ambos saberes coinciden en un mismo tratadista, pero se expresan separadamente; finalmente, entre los tratados de cortes de piedras son muy escasas las referencias a requisitos formales que garanticen que el aparejo se sostenga. Sin embargo, a pesar de este desfase, se aprecia una cierta racionalidad subyacente a los gráficos sobre geometrías.

Heyman retoma la base teórica de Ungewitter en base a la cual, *"… Es casi seguro que los constructores eran incapaces del más sencillo análisis estructural. Uno de los problemas medievales clásicos era el del paralelogramo de fuerzas, no resuelto hasta finales del XVI; sin reglas de composición de fuerzas, o incluso sin una idea clara del propio concepto de fuerza y de su línea de acción, es difícil imaginar cómo se habrían podido hacer los cálculos para hallar, por ejemplo, la línea de empujes de un arbontante*...[6]".

Por otro lado, una determinada piedra se distinguía por su capacidad para ser desbastada (en cantera), aserrada o tallada (en taller) o rallada (en la obra, al realizar un croquis o montea). Esto podía resultar un indicador para su capacidad resistente y, por medio de experimentación continua con métodos de prueba y error, se llegaban a estimar unas secciones apropiadas en pilares, muros y contrafuertes. Diversos autores han señalado cómo la resistencia del material no es determinante en el comportamiento de las estructuras góticas pues la tensión que reciben las secciones es, en líneas generales, muy inferior al límite del material. Se trata, tan sólo, de controlar que las cargas fueran conducidas dentro de las secciones del material.

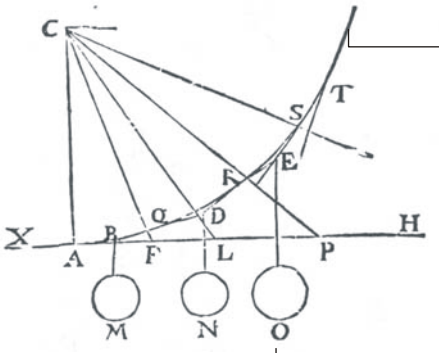
La estática gráfica para analizar la mecánica estructural se desarrolla como ciencia a partir de los siglos XVI, XVII y XVIII. En ellos se da cuerpo a una serie de experiencias previas (Blondel, Gil de Hontañón, Couplet, Martínez de Aranda…), con ayuda del desarrollo de la geometría descriptiva y de la física. Diversos autores como Varignon, Coulomb, Bernoulli, Poleni y De la Hire desarrollarán métodos para vectorizar (geometría descriptiva) y cuantificar (descomposición de fuerzas según direcciones, modelos de pesas …) que se irán publicando poco a poco[7].

---

[5] RABASA DIAZ Enrique, *Forma y construcción de piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*, ed. Akal, Textos de arquitectura, 2000, pag 20

[6] UNGEWITTER G. G., *Lehrbuch der Gotischen Konstruktionen*, 2 vol, Leipzig, Tauchnitz, 1901, citado por Heyman, estructuras de fábrica, Cehopu 1995. pag 1

[7] BENVENUTO Edouardo, *… structural mechanics*. Op cit. pag 349. En parte, tal y como describe Benvenuto, esta ciencia se desarrolla para resolver o controlar problemas de deformaciones y fisuras que van apareciendo en construcciones de bóvedas y cúpulas de épocas anteriores, consideradas como modélicas, principalmente en el entorno de la cultura italiana.



Poligono funicular, para una cuerda de peso despreciable.

Cuando de la Hire busca analizar un arco, recurre al símbolo de la pesa, asignando valores alfabéticos a cada fragmento.

Grafico del *Traité de méchanique*, de Philippe de la Hire (1712) [8], publicado de Benvenuto, …*Structural Mechanics*, op cit, pag 324

En síntesis, este trabajo parte de la línea de investigación defendida por Heyman, en base a la cual la estructura es válida y estable cuando se demuestra que su geometría alcanza ciertos valores formales[9]. En la medida en que se categoricen estos valores geométricos, la forma estructural puede considerarse aceptada y perdurable. En este caso, la *estática gráfica* servirá de vehículo para situar una línea de empujes o funicular de carga que deberá estar contenida en una cierta porción de la sección de constituyente del material.

Como defiende Wittgenstein, *la forma es la posibilidad de la estructura*[10]. Esto es aplicable cuando se analiza el comportamiento de la forma del arco, en el sentido de que existen tantas líneas de empujes (un cierto umbral de posibilidades) como hipótesis o combinaciones de carga (activa, pasiva, carga puntual, viento…). Además, la aparición de fisuras o juntas que se abren puede llegar a reconducir o desplazar los trazados del eje de presiones. En este sentido, el presente estudio establecerá ciertas condiciones de partida con objeto de poder comparar los modelos.

Cuando en este trabajo se incorporen ciertos parámetros de comparación, como la relación entre el peso de la bóveda y el material aportado en el contrafuerte (caso del estudio de las iglesias de Barcelona), se pretende reflexionar sobre la aproximación entre las formas góticas de estructura meridional y el concepto de *forma óptima* entendida como aquella que se aproxima a las condiciones de trabajo natural del material (en este caso de tensión a compresión), que pueda llegar a explicar cómo una estructura es más durable o más indeformable[11].

Los procedimientos basados en la estática gráfica estudian los polígonos de fuerzas que se producen por interacción entre los diferentes componentes del equilibrio estático. Estos procedimientos *dibujan* la posición de la resultante de los empujes, comparando la posición de las posibles líneas y relacionando la convergencia en una determinada porción de la sección con una grado de seguridad de la estructura.

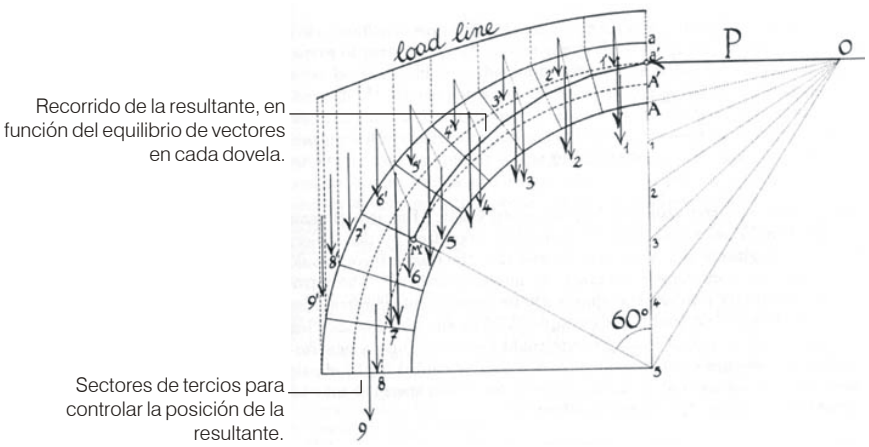
---

[8] BENVENUTO Edouardo, *Structural mechanics...* op cit, pag 324 .

[9] HEYMAN Jacques, *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica,* Cehopu,1999.

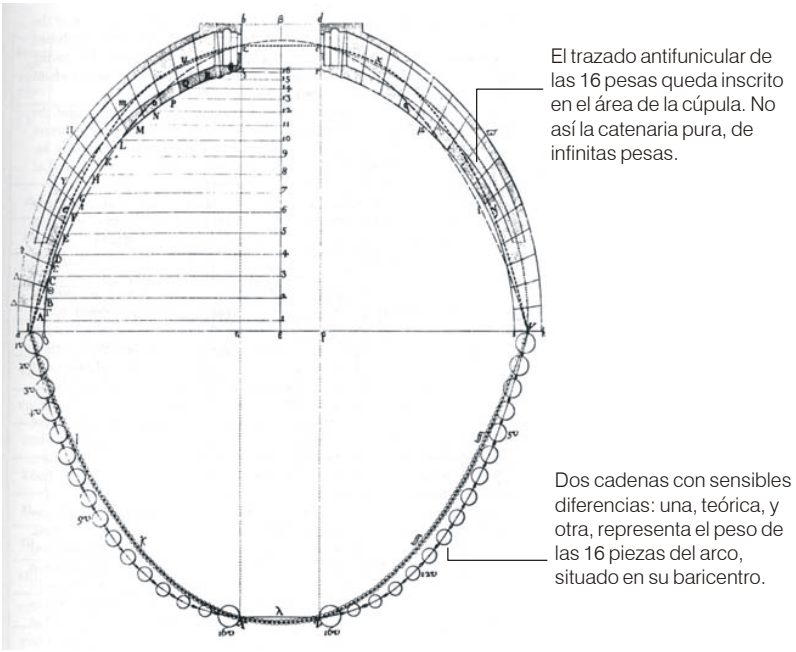
[10] WITTGENSTEIN Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus*. Sección 2.033.

[11] OTTO Frei y RASCH Bodo, *Finding form*, ed Axel Menges, 1995, pag 58. En su trabajo, analizan las formas producidas por láminas de jabón que se adaptan a formas de contorno libre demostrando que la membrana líquida es isotensa.



Empuje del arco, según E Méry, *Sur l'équilibre des voûtes en berceau*, 1840[12].

Giovanni Poleni fusiona a mediados del XVIII los conocimientos teóricos con una resolución práctica aplicada en un tratado de varios tomos[13]. Para su estudio de las fisuras de la cúpula de San Pedro en Roma utiliza y representa dos cadenas. Una de ellas incluye pesas que corresponden al valor de cada sector de cúpula. Llega a comparar el trazado de ésta con el eje central (baricentro) del la sección, obteniendo tan sólo unas pocas desviaciones, concluyendo que, aun necesitando una rehabilitación, la estabilidad de la cúpula está fuera de peligro.



Modelo de Poleni para el análisis de la cúpula de San Pedro de Roma, publicado por Benvenuto, …*Structural Mechanics*, op cit, pag 363

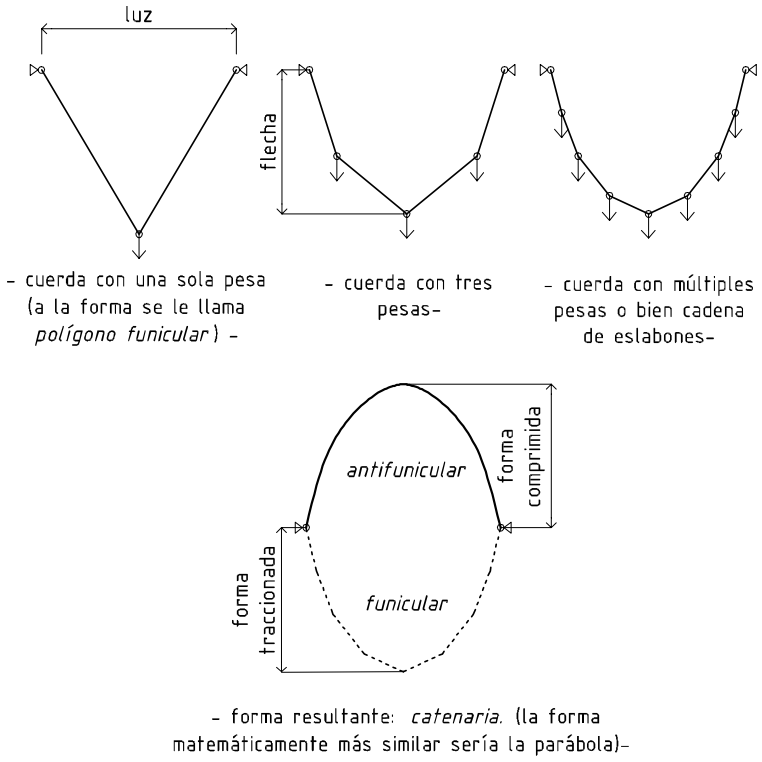
Este sistema de seccionado *en gajos* concéntricos propuesto por Poleni dará lugar al método de los cortes que se expone al presentar los diversos comportamientos de la bóveda.

[12] BENVENUTO Edouardo, *Structural mechanics...* op cit, pag 435 .

[13] POLENI Giovanni, *Memorie istoriche della gran cupola del tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro,* Padova, 1748.

3.4 PRINCIPIO DE TRABAJO EN COMPRESIÓN

Los mismos principios de una superficie tensionada, *a tracción*, pueden ser aplicados para una superficie comprimida, *a compresión*. Si en lugar de una superficie nos referimos a un hilo, una cuerda o un arco, los estados superficiales pasan a ser lineales, y se les llaman trazado *funicular* o *antifunicular* respectivamente, cuando se refieran bien a la forma perfecta de la cuerda que se dispone traccionada, bien a la forma adoptada por las dovelas comprimidas.



La condición de equilibrio considera que los empujes de las bóvedas deben ser equivalentes a las reacciones de sus soportes, considerando un cierto coeficiente de seguridad. O dicho de un modo práctico, debe producirse un equilibrio de fuerzas (verticales y horizontales) y de momentos de vuelco[14].

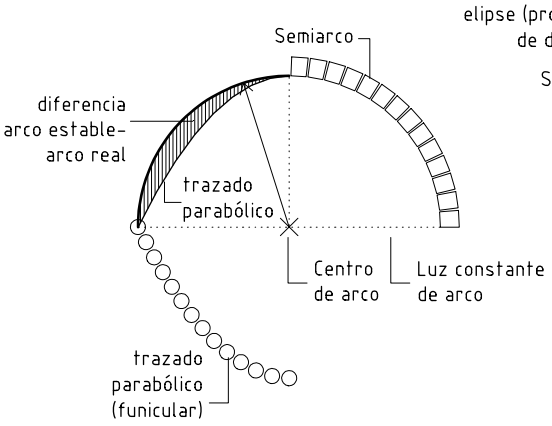
Por poner un ejemplo cercano, Gaudí buscaba el diseño de formas perfectas de compresión para sus estructuras, sin recurrir a modelos de geometría más sencilla de construir (los arcos apuntados). La manera de *fijar* esas formas consistía en transportar a un papel o una tabla el trazado de la maqueta de una cadena de eslabones de hierro o bien de unos cordeles con pesas en sus extremos, entendida como forma perfecta a tracción para una determinada luz, que posteriormente era invertida para obtener la forma perfecta comprimida.

Se muestra a continuación una comparación entre trazados ideales de catenarias (forma estable con carga por unidad de longitud de cadena), de parábolas (forma estable con carga por unidad de longitud horizontal[15]) y de elipses (forma geométrica idónea por su derivación de superficies regladas).

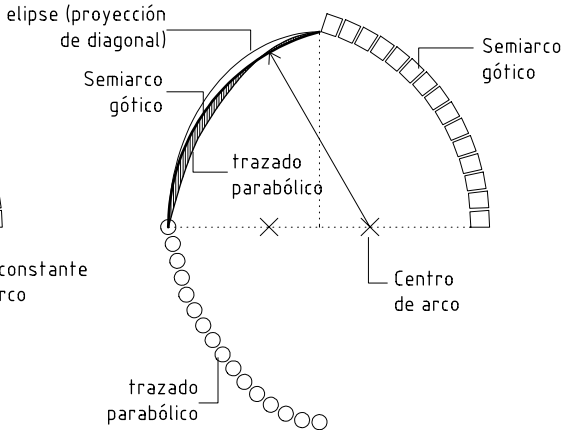
[14] Habitualmente se considera como punto de cálculo de los brazos de palanca el extremo interior del contrafuerte.

[15] La diferencia entre catenaria y elipse se basa en el modo en que se considera la distribución de cargas, horizontal para la parábola, y siguiendo el trazado de la curva para la cadena.

Para poder mostrar este ejemplo, se propone una luz constante y se trazan los diferentes tipos de arcos ordenados de menor a mayor flecha. Estos esquemas muestran las variaciones geométricas que se producen entre estos modelos y las curvas mencionadas anteriormente.



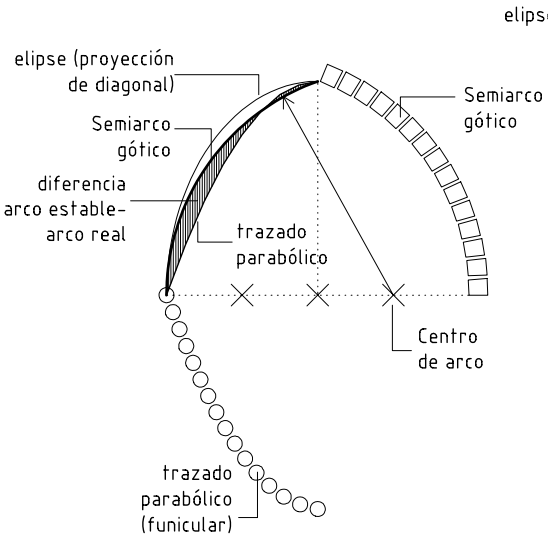
Arco de medio punto



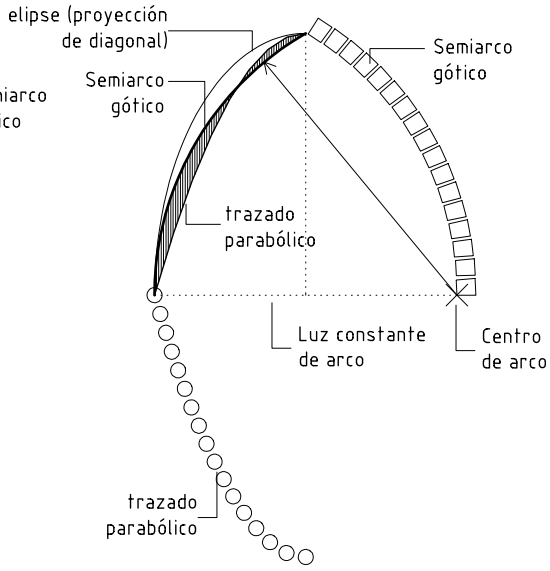
Arco *de quinto*. produce un diferencial menor arcos.

Cuanto mayor es el área definida entre el arco apuntado y un hipotético arco catenario, más distorsiones se producen en el comportamiento ideal a compresión. La posición de las áreas respecto del eje del arco será indicativa de cómo ese arco tenderá a deformarse, abriéndose el extradós por sus arranques, y abriéndose el intradós en su coronación.

Así pues, el arco técnicamente más perfecto o estable será aquel que produzca el área diferencial menor respecto de la cadena. La evolución histórica del arco de medio punto hacia el arco apuntado cuyas proporciones se sitúan en el umbral de las formas de *quinto* y *tercio* indica, por las reducciones en las áreas diferenciales, una mejora en el comportamiento del arco a compresión.



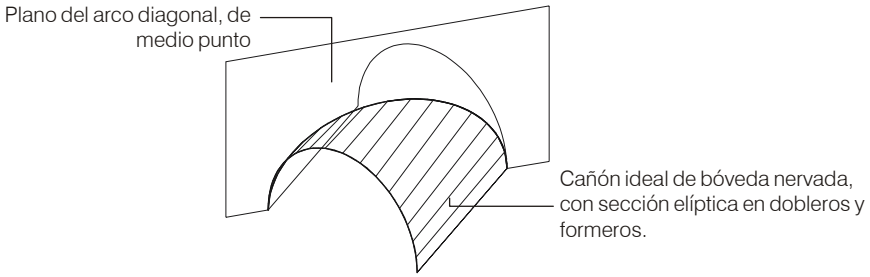
Arco *de tercio*. se reducen los empujes respecto del arco de quinto



Arco de base triángulo equilátero

La elipse, que resulta de la proyección plana de un cilindro cuyo corte oblicuo produce un arco diagonal de medio punto, tiene la virtud de que se relaciona con este arco diagonal mendiante formas regladas regulares y de hiladas paralelas. Estamos pues ante un caso en que una forma geométrica regular (el arco diagonal de medio punto) provoca una construcción cilíndrica reglada (el

tramo de bóveda) y define un arco toral (la elipse) con una geometría apropiada para la propia superficie, pero que no podrá construirse debido a la dificultad de corte de sus dovelas. Se deberá buscar la alternativa más cercana, en forma de arco apuntado.



3.5 PROCESO DE ANÁLISIS

Sean construcciones con arcos diafragmas o con arcos compuestos a los que se añaden bóvedas, se analiza la estructura siguiendo pautas similares. Ahora se explican las variables de estabilidad empleadas, que serán aplicadas en varios ejemplos en el desarrollo del trabajo.

3.5.1 ARCOS DIAFRAGMA

Se han trazado los polígonos funiculares en unos casos típicos de arcos, desde el arco de medio punto al más peraltado, con objeto de comparar la posición de la línea de empujes (que inicia y termina en el mismo punto geométrico) respecto de la sección material.

Cuando el arco *de tercio* se desarrolla y perfecciona (genéricamente, se puede hablar de una separación mayor de los centros de radio respecto del modelo *de quinto*), coincide con el periodo en que el gótico experimenta con espacios más abiertos, diáfanos y conectados con naves laterales. Las resultantes de fuerzas son, comparativamente, más verticales, con lo que la estabilidad se garantiza con una menor aportación de material en los contrafuertes.

De las gráficas anteriores se puede concluir que los arcos *de quinto* y *de tercio* (y la gama de arcos próximos a ellos) producen mayores opciones de localización de líneas de empujes, con lo que aumentan la seguridad en el equilibrio.

Heyman y Huerta proponen estudiar la posición de la línea de empujes dentro de la estructura plana formada por el arco diafragma y su correspondiente contrafuerte de modo que, comparando los conceptos de margen gráfico y seguridad, deduciendo un factor llamado geométrico.

En el caso de los arcos, el factor geométrico lo refieren a la proporción de la sección de diseño respecto de una sección límite que englobe la línea de fuerzas, explicado del siguiente modo: "…*Si ahora disminuimos el espesor del arco hasta un cierto valor, sólo será posible dibujar una línea de empuje contenida en el arco. Dicha línea es tangente (por su condición de simetría) en cinco puntos. Tenemos pues cinco rótulas y el arco está en equilibrio inestable y colapsará. Se puede por tanto establecer la seguridad de un arco comparando su espesor con aquel del arco límite. Si el arco actual tiene el doble de espesor, se considera un factor geométrico (de seguridad) de valor 2, y así sucesivamente*…[16]".

[16] HUERTA Santiago, *Mechanics of masonry vaults: the equilibrium approach*, publicado en *Actas del Congreso Historical Construction 2001.* 3er Seminario Internacional, Guimaraes, Un Minho, nov 2001. pag 57.

El dibujo de la línea de empujes en el arco permite obtener su resultante, para analizar el grado de estabilidad del estribo.

Es fundamental entender el concepto de *arco límite* (su posición respecto de él) no tanto como una forma trazada sino como una referencia. Cuando en los modelos de Poblet y Santes Creus se obtengan unas líneas teóricas de empujes, se verá como el primero de ellos permite un margen de de opciones de trazado mayor que el de Santes Creus. Podemos concluir que el arco del dormitorio de Santes Creus estaba diseñado en condiciones límites que, de haberse afinado más en su coronación, no hubiera resultado estable.

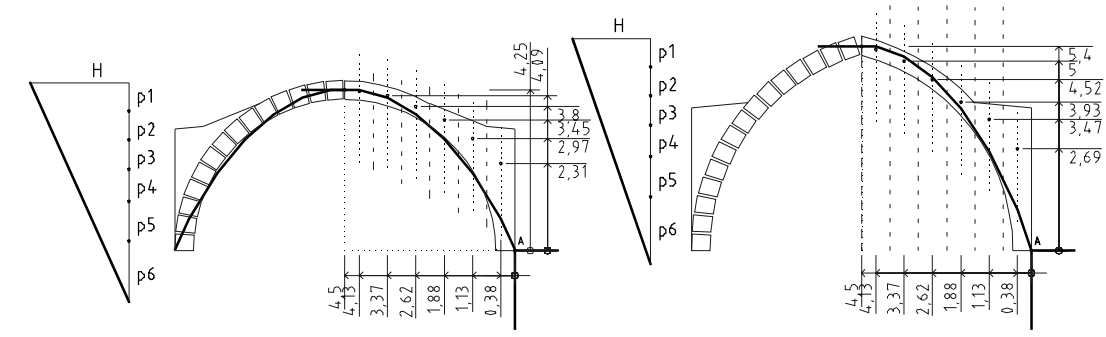
ARCO DE QUINTO

Anchura tramo:	similar a luz
Repercusión de carga bóveda nervada:	1/4 area
Grueso de bóveda:	1 pie de cana catalana (0,25m)
Ancho nervio doblero:	1,5 pies de cana catalana (0,40m)
Densidad de material:	23 kN/m3

$\sum Fv=0$
V=14,95 + 15,41 + 15,64 + 16,56 + 21,39 + 35,42 = 119,37 kN
$\sum Ma=0$
H x 5,40 = (14,95 x 4,13) + (15,41 x 3,37) + (15,64 x 2,62) + (16,56 x 1,88) + (21,39 x 1,13) + (35,42 x 0,38)
H x 5,40 = 223,41
H = 41,37 kN

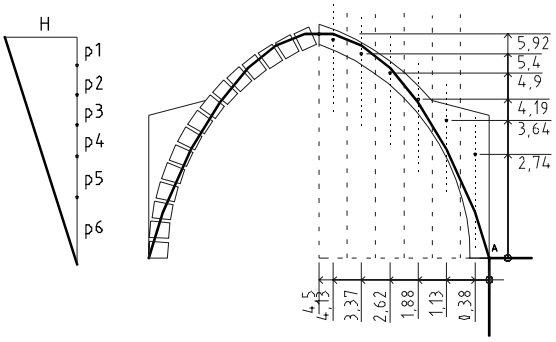
Luz modelo:	8 m
Carga resultante de bóveda:	8/4 x 0,25 x 23 = 11,5 kN/mL

	p1	p2	p3	p4	p5	p6
Area (m2)	0,39	0,42	0,46	0,54	1,08	2,60
Volumen (m3)	0,15	0,17	0,18	0,22	0,43	1,04
Peso arco (kN)	3,45	3,91	4,14	5,06	9,89	23,92
Carga total (kN)	14,95	15,41	15,64	16,56	21,39	35,42

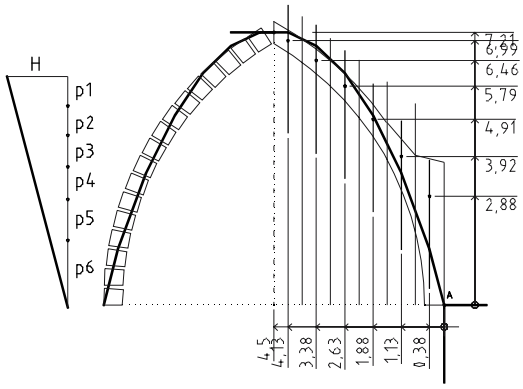


Arco de medio punto

Arco *de quinto*



Arco *de tercio*



Arco de equilátero inscrito

Polígono funicular posible de algunos arcos estandarizados

Se pretende ilustrar cómo algunos arcos diafragmas de las estructuras posteriores a los cistercienses (en el caso de Perpignan) evolucionan y definen más eficazmente las dimensiones de sus contrafuertes. Algunas de estos diafragmas serán modificados en su extradós (para recibir las bóvedas) y en su sistema de contrafuertes (que se amplían), pero manteniendo la posición de las dovelas.

3.5.2 BÓVEDAS NERVADAS

Se ha visto cómo Poleni analizaba la bóveda de San Pedro partiendo de unos cortes radiales a modo de gajos, y cómo dicho sistema era propuesto por Heyman en las bóvedas definiendo cortes paralelos a torales y formeros, con objeto de establecer más eficazmente los pesos respectivos.

Este sistema se aplicará en el modelo de Santa María del Mar, de modo que se obtengan los pesos que repercuten en cada sector de nervio diagonal, para poder investigar el equilibrio que se produce en la columna o en el contrafuerte lateral.

El procedimiento más habitual que se utilizará para valorar los empujes de las bóvedas y analizar las condiciones de equilibrio partirá de la tabla de Ungewitter del año 1901[17].

Se trata de un método sencillo de determinar los valores unitarios de carga horizontal y vertical, cuya resultante (una vez multiplicados dichos valores por la semiárea de la bóveda), se sitúa en una posición entre 0,72 y 0,80 F.

Material

Proporción Flecha / Luz

	Relación altura luz 1/2		2/3		5/6 a	1/1
	Vo	Ho	Vo	Ho	Vo	Ho
1/2 ladrillo ligero	2.6	1.1- 1.2	2.9	0.9- 1.0	3.4	0.8- 0.9
1/2 ladrillo resistente	3.5	1.4- 1.6	3.8	1.1- 1.3	4.5	1.0- 1.1
3/4 ladrillo resistente	4.8	1.9- 2.2	5.3	1.6- 1.8	6.5	1.5- 1.6
200mm arenisca	7.0	2.8- 3.2	7.5	2.2- 2.5	9.0	2.1- 2.3
300mm mampostería	12.0	4.8- 5.5	13	4.0- 4.3	15	3.5- 3.7
Brazo palanca h/f	0.80 a 0.70		0.80 a 0.72		0.80 a 0.76	

Fragmento de tabla de empujes de Ungewitter, 1901 (valores en KN/m2).

Valores unitarios de empujes Vertical y Horizontal

Podemos apuntar que en el caso de las formas góticas meridionales se establece una proporción de forma transversal de bóvedas (relación entre fecha y luz) relativamente constante (entre 0,55 y 0,65) lo que permitirá relacionar mejor los resultados entre modelos.

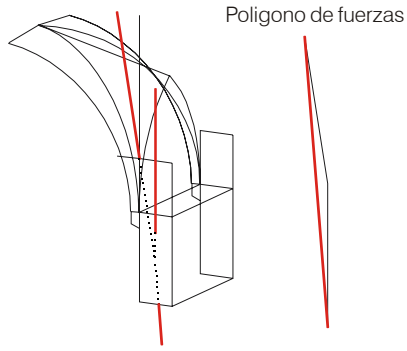
Se comparan tramos tipo de diferentes modelos: en el área de Toulouse, los más primitivos (Saint-Etienne y Rabastens...) y los más experimentados (Cordeliers, Jacobins, Albi); en el área catalana, se comparan obras mendicantes en la misma ciudad; obras de una misma orden en diversas ciudades (dominicos); obras donde aparentemente hay fracturas o recrecidos y obras del mismo arquitecto (Santa María del Mar y Manresa).

La tabla de Ungewitter permite obtener unos valores unitarios que sirven para valorar la idoneidad del sistema de estribo o contrafuerte. Para ello, usamos dos valores: el llamado factor de forma[18] (corresponde al coeficiente geométrico de Herman y Huerta) y el llamado f*actor de masa*, definido por la relación entre el empuje de bóveda nervada y el que empuje que se opone a ella, es decir, la masa del contrafuerte.

---

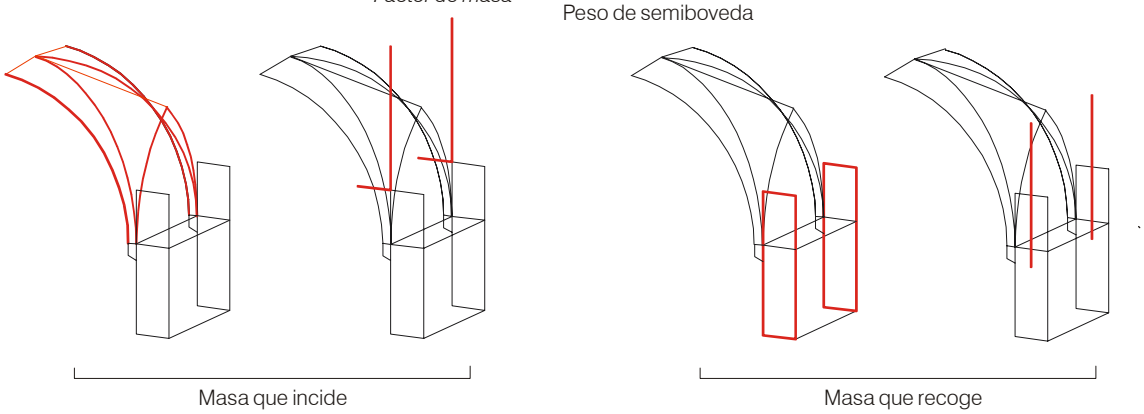
[17] HEYMAN Jacques, *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. CEHOPU. Instituto Juan de Herrera. 1999, pag. 73 y sig

[18] HUERTA Santiago, Apuntes del Curso *Las grandes bóvedas hispánicas* llevado a cabo en Madrid, 1997, publicado por CEHOPU, 1998, pag 63.



$$\textit{Factor de forma} = \frac{\text{Semibase de estribo}}{\text{excentricidad}}$$

$$\textit{Factor de masa} = \frac{\text{Peso de estribo}}{\text{Peso de semiboveda}}$$



El *factor de masa* permite reflexionar sobre la cantidad de material a colocar como estribo o contrafuerte para equilibrar el empuje de la bóveda. Traducido a la época de estudio, quiere decir que cuando los maestros estandarizaban la proporción de las formas dentro del umbral citado, interpretaban que una mayor luz de la bóveda (anchura del tramo), implicaba reducir el área que repercutía en cada sector (longitud del tramo), si querían obtener unas capacidades equivalentes en un determinado contrafuerte.

3.6 CONCLUSIÓN

La comparación de los resultados de los diferentes modelos va a permitirnos un acercamiento a la lógica del proceso constructivo.

La forma del arco responderá a unas necesidades de estandarización del material, de corte de dovelas y de preparación del material auxiliar y el maestro gótico deberá pues intuir la forma más estable que le facilite el proceso de prefabricación y montaje.

Durante todo el proceso de interpretación, las medidas (en ocasiones en base a la cana antigua) acompañan el análisis estructural, pues entendemos que para los maestros góticos la medida era el instrumento para adecuar la forma a las sucesivas necesidades estructurales de luz y separación entre soportes.

El objetivo de los maestros góticos consistía en buscar formas estables con el mínimo material, coherentes con un proceso mecanizado. Buscaban intuitivamente la *antifunicularidad*, aunque no debieran entender el significado del concepto.

"…*La arquitectura autóctona de cada lugar es la más perfecta, pues acumula los conocimientos que muchas generaciones tienen de las características del territorio*…"

(Alvaro Siza, *Viaje al territorio de Miró*, *El País*, 18 julio de 2002)

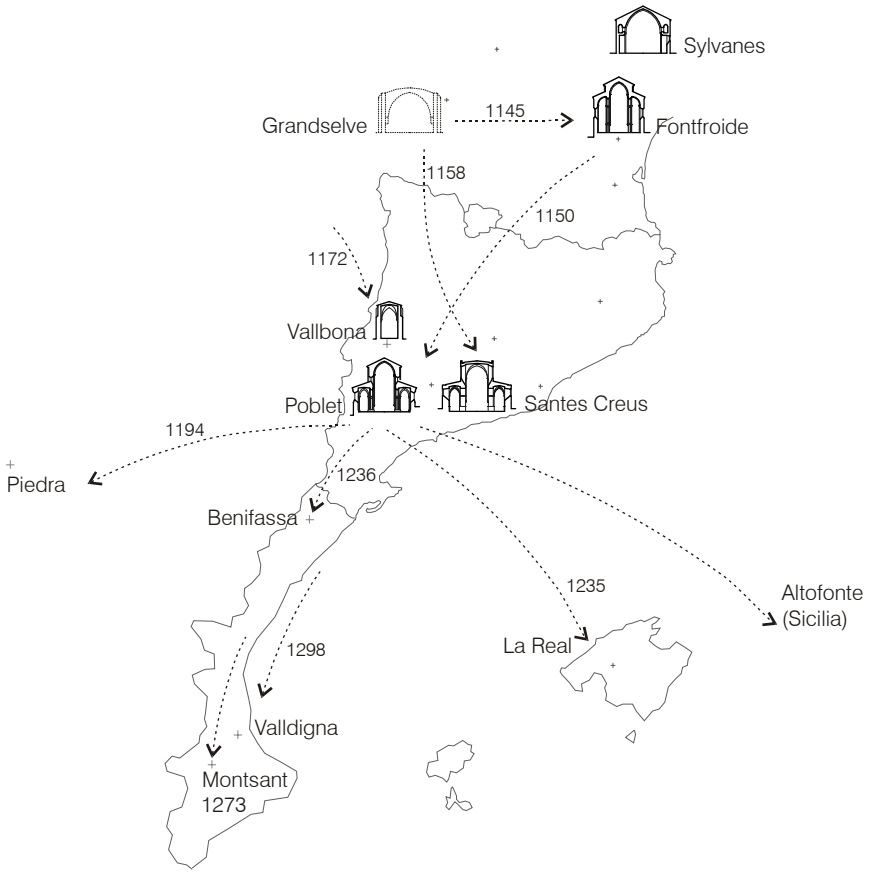
2ª PARTE: LECTURAS PROPUESTAS

4. EL CISTER. PRIMER GÓTICO MERIDIONAL

4.1. CONTEXTO

El periodo de arquitectura monástica cisterciense que en este trabajo interesa destacar se desarrolla entre mediados de los siglos XII y XIII. En él, un gótico cisterciense, originario de la Borgoña francesa, se va imponiendo progresivamente en los territorios de la Corona de Aragón, surgido por la fusión de nuevos ideales de pureza y simplicidad (según los objetivos fundacionales) y de ciertas maneras de entender y construir el espacio que tienen a su vez relación con la tradición constructiva romana.

Esta tradición romana de la región, se distinguía del que se estaba produciendo en la Ille de France (centro del llamado gótico anglonormando, capaz de producir espacios de mayor verticalidad, acentuando la direccionalidad del eje central) pues no eliminan ciertos aspectos que van a permanecer, como el carácter murario o la tendencia a equilibrar o igualar las alturas de las naves. Es justamente el muro el que generará unas relaciones particulares con los elementos sustentantes y sobre él se dispondrán pequeñas ménsulas empotradas a las que se entregarán los arcos de las bóvedas. En el principio ciertos elementos, como los pilares cruciformes, no dejarán que la entrega con las diagonales se produzca de manera articulada, fruto de tiempos de experimentación y adaptación a nuevas técnicas.



Distribución territorial de las abadías más influyentes para el gótico catalán.

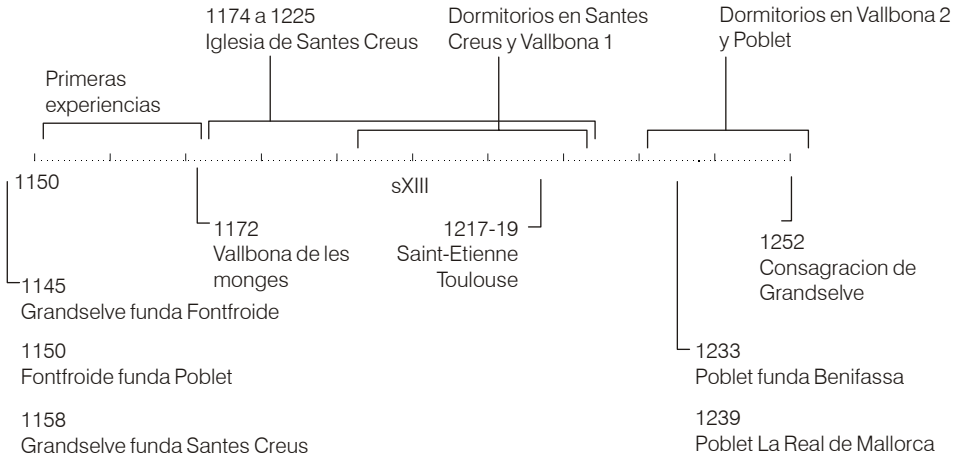
El mapa resalta las fundaciones más emblemáticas, concentradas en la Catalunya Nova, desde la que se forma un núcleo a mediados del XII que, una vez consolidado y con las fronteras ampliadas, se extiende hacia tierras fértiles en las primeras décadas del XIII. Será pues un fenómeno relacionado con la repoblación y el cultivo de las nuevas tierras.

Dado que el trabajo se centra en el ámbito catalano-aragonés, es de justicia señalar que el desarrollo del cister es reducido, en número de fundaciones, en relación al resto de la Península Ibérica, orientadas principalmente entorno al Camino de Santiago. Pero el motivo de limitar el estudio viene producido porque será en él donde el modo de construir se puede entender como un embrión del gótico catalán.

Se trataba de construcciones con medios de financiación suficientes para albergar empresas constructivas de envergadura. Muchas veces tenían protección de reyes, papas y condes, que las escogían como panteones. Y la adhesión durante las primeras décadas (hasta la llegada del siglo XIII) de gran cantidad de conversos que estaban al servicio de la comunidad a cambio de protección y estabilidad, hizo que pudiera disponerse de una de mano de obra ingente. Estos conversos eran además responsables del cultivo de las tierras de granjas controladas por el convento, podían participar como mano de obra en las construcciones y, en general, servían para todas las tareas al servicio de los monjes.

Sin embargo, en paralelo a su periodo de expansión, se desarrolla en el Mediodía francés, entre 1150 y 1200, la herejía cátara. El cister fracasa entonces en su intento de anular el gran desarrollo que la herejía alcanza, produciendo un efecto de pérdida de confianza de las masas ciudadanas. Éstas desoyen su mensaje religioso y busca nuevas referencias, después de constatar el alejamiento de los ideales de pobreza iniciales y la falta de transparencia en la administración de las riquezas adquiridas mediante donaciones y legados. El pueblo llano acabará recurriendo a otros entornos religiosos, más cercanos, adaptados a las costumbres nuevas de las ciudades, donde incluso poder rendir culto a sus muertos de un modo privado.

De este modo, varias decenas de años más tarde, cuando la protección de los monjes resulte insuficiente y las ciudades empiecen a desarrollar nuevas expectativas de futuro (oficios en talleres y gremios), posibilidades de protección (dentro de recintos amurallados), nuevos centros de enseñanza (escuelas y universidades), nuevas referencias religiosas (órdenes mendicantes) y, en fin, mayores condiciones de libertad para el desarrollo personal, será el momento en que los centros del cister empezarán a perder las masas voluntarias que antes se habían puesto a su servicio.



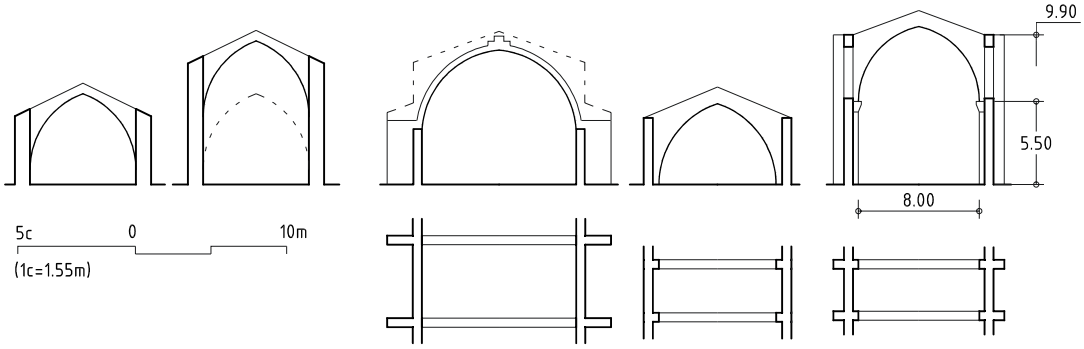
Cuadro cronológico comparativo

El cuadro cronológico indica un inicio del movimiento cisterciense hacia mitad del XII con los primeros movimientos fundacionales y culmina en la fecha tardía de mediados del XIII con la consagración de Granselva, madre de Fontfreda y de Santes Creus. Entre tanto, estructuras

ambiciosas como la catedral de Tolosa de Languedoc estarán concluidas y las primeras empresas constructivas de las órdenes mendicantes (*Jacobins* y *Cordeliers* en Tolosa) habrán iniciado su curso.

Puede entenderse que las órdenes mendicantes asumieron, tras el fracaso de los legados del Cister[1], el nuevo papel de conservadores de los intereses papales y de ortodoxia religiosa, cambiando los centros de acción para situarse precisamente allí donde se produce el crecimiento demográfico, dentro mismo de las ciudades. Justamente ahí residirá su gran capacidad de expansión y, en consecuencia, su capacidad de financiar empresas constructivas con cada vez más envergadura.

La originalidad de las construcciones del cister es compartida, según algunos autores como Fuguet y Plaza y Dalmases y José[2], con las órdenes militares como el Temple y el Hospital. Tendrán en común con ellas un cierto carácter de fortaleza avanzada en las nuevas fronteras meridionales. Pequeñas capillas o iglesias se incorporarán a los recintos amurallados y las similitudes formales, en sistemas constructivos y en austeridad y practicidad en la ornamentación, serán evidentes. Recintos como Sant Miquel dels Templers en Tortosa o Santa Maria de Horta de Sant Joan son exponentes de la manera de adaptar diafragmas sobre ménsulas salientes de muros continuos y del modo en que las bóvedas nervadas se adaptan al espacio único tipo salón, característico de la arquitectura meridional.



Secciones de Vallbona de les Monges (dos fases), Sant Miquel dels Templers en Tortosa, santuari de Paretdelgada y Santa Maria del Angels en Horta de Sant Joan[3].

El interés de estas construcciones reside en los procesos que ilustran. Contemporáneas a las cistercienses, de modo incipiente empiezan a fijar maneras de cerrar el espacio con pocos medios, estableciendo relaciones de proporcionalidad entre espesores de muros y luces a cubrir, o entre dimensiones de estribos y arranque de los arcos. Fuguet destaca el valor de la temporalidad y transición en el gótico arcaico de los arcos diafragma, llegando a distinguir el producido en las tierras del Norte de Catalunya y Languedoc, más vinculado a la cultura del muro al cual se adosan unas impostas para hacer nacer unos arcos diafragmas, del producido en las

[1] Los dos legados de Fontfroide designados por Inocencio III en 1203 son Raul de Fontfreda y Pere de Castelnau (quien será asesinado en 1208 por un vasallo del Conde de Tolosa) y a ellos se unirá en 1204 el abad de Citeaux en persona, Arnaud Amaury (quien previamente había sido abad de Poblet y de Granselva).

[2] DE DALMASES Núria i JOSÉ i PITARCH Antoni, *Historia de l'art català, II- l'època del cister, s.XIII*, Barcelona, 1985, pag 16.

[3] FUGUET Joan, *L'arquitectura dels templers a Catalunya*, Rafael Dalmau Editor, Barcelona Secciones redibujadas a partir de gráficos.

tierras de la Catalunya Nova, en que los modos de construir de loss templarios, donde parece estar más clara la articulación de estructura gótica del diafragma apoyado en un estribo que empieza a liberar el muro[4].

4.2. FUNDACIONES Y FILIACIONES

Una abadía es creada cuando un grupo de monjes se desplaza y funda una nueva comunidad, dependiente administrativamente de la primera. Dado que una abadía se forma a partir de otra, se acaba produciendo una singular y determinante estructura ramificada, en la que aquellas que prosperan reinvierten sus beneficios (del cultivo de la tierra, de la explotación fluvial y de los bosques) en su propio crecimiento así como en otras nuevas. La opinión de que las fundaciones buscaban el aislamiento social localizándose en un entorno virgen al cual cultivar es matizada por Fuguet y Plaza[5], quienes remarcan la primordial función de los monjes como inductores de granjas y de pequeños poblados para llegar a formar una extensa red de comunicaciones.

De Dalmases y Pitarch son explícitos al valorar una primera arquitectura cisterciense expresada mediante elementos estructurales cuya forma y acabado vienen dados por su estricta función: "*…la desnudez de los edificios cistercienses, su ausencia de decoraciones superfluas, la pureza de sus formas escogidas, no es ninguna negación de la belleza, sino otro camino, otro sistema compositivo. Nunca la ausencia ha sido tan rica …la nueva composición emana directamente de la funcionalidad de cada una de las partes sabiamente estudiadas y por tanto con una configuración de acuerdo con su uso*…[6]"

Apenas se conservan textos, dentro de la Orden, donde se interpreten cuestiones formales o arquitectónicas. En los Capítulos se redactan las Constituciones, que hablan de ciertas prohibiciones, como las referidas a las torres de piedra o decoraciones figurativas. Tan sólo se conserva un documento de 1122 en que San Bernardo redacta un escrito a Guillaume de Saint-Thierry donde le reprocha ciertos aspectos de *desproporción* en altura y longitud, que se alejan del ideal primitivo de austeridad de iglesias modestas o desnudas de ornamento.

4.2.1. DISPOSICIÓN GENERAL

Las *constituciones* de la orden establecen las pautas y condiciones de las nuevas sedes, entendidas como asentamientos relativamente complejos, que llegan a formar varios recintos de muralla, desde los más externos y accesibles a los más privados, y que tendrán capacidad para generar una red de pequeñas granjas y poblaciones en su entorno.

El acercamiento es progresivo. Los monjes establecen una serie de filtros. En el principio de la secuencia, aparecen espacios abiertos al paisaje, habitaciones de sirvientes, de peregrinos o huéspedes. Acompañan estos locales huertos con fines diversos (incluso medicinales), capillas, y pequeños palacios dedicados a la jerarquía máxima del convento. Constantemente se mantiene una referencia visual con la fachada de la iglesia, orientada a poniente, a la que se llega una vez pasados varios umbrales de puertas. Sin embargo, a pesar de su posición axial, ésta no será la

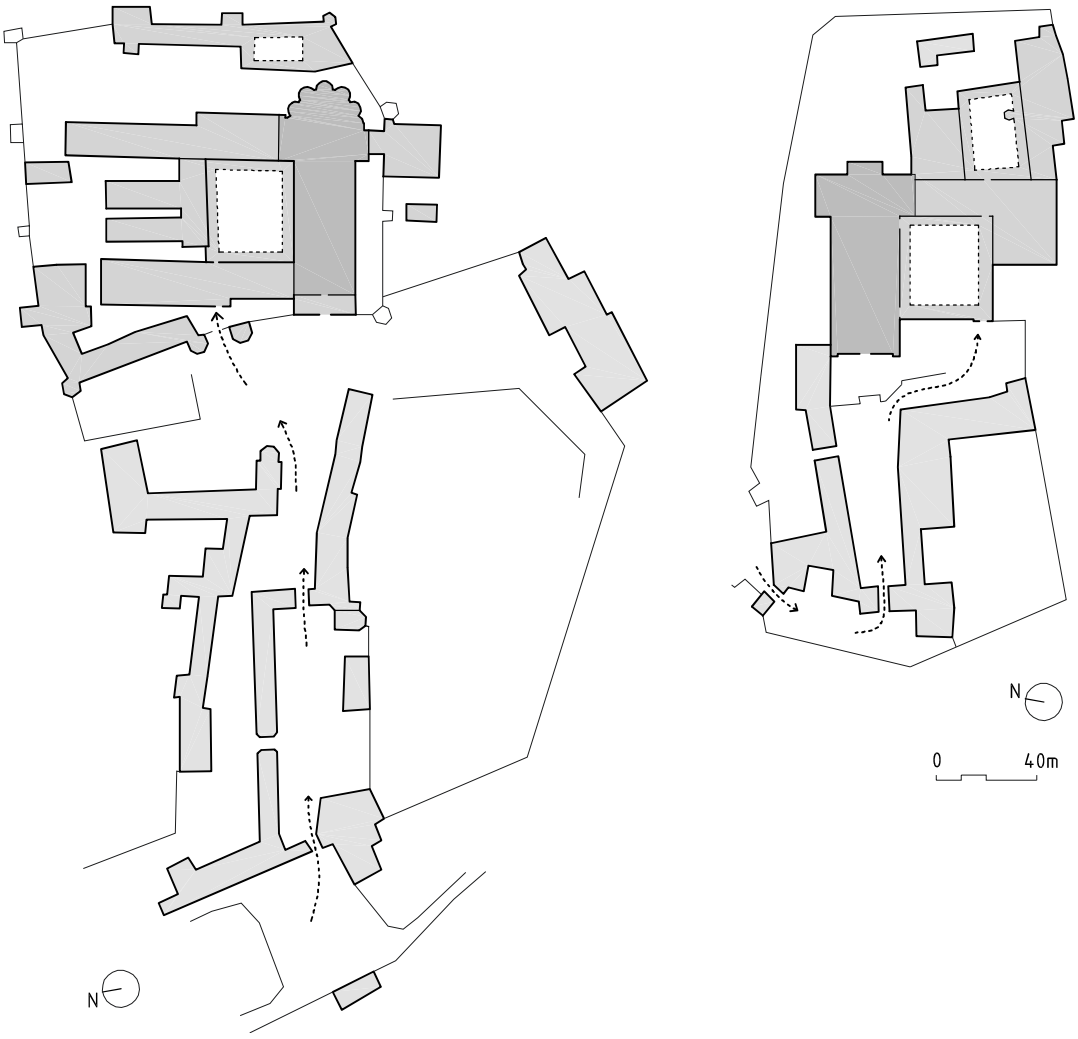
---

[4] FUGUET Joan y PLAZA Carme, *El cister. El patrimoni dels monestirs catalans a la Corona d'Aragó*. Ed Nissaga n14, Barcelona 1998, pag 35.

[5] FUGUET Joan *El cister*… op cit, pag 8.

[6] DE DALMASES Núria i JOSÉ i PITARCH Antoni, *Historia de l'art català,* op cit…, pag 56

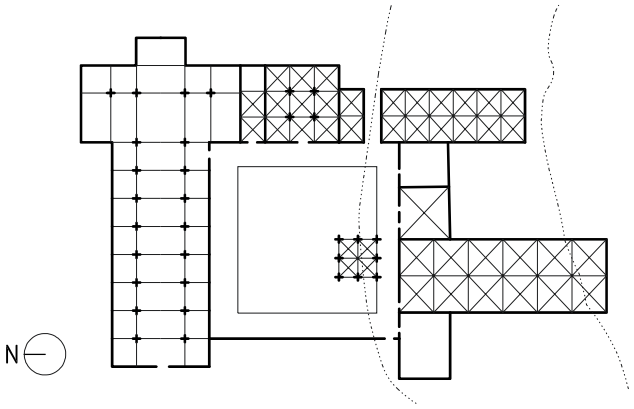
puerta principal de acceso a la iglesia, ya que tendrán funcionalidades primordiales aquellas que comuniquen directamente, desde dentro, con los recorridos privados de los conversos y de los propios monjes.



Poblet y Santes Creus. Plantas generales

Además, este recorrido de acceso tiende a orientarse a levante (como la cabecera de la iglesia), que representa la vida naciente desde donde entrarán los primeros rayos del día. Ya dentro del convento entorno al claustro, hacia poniente se sitúan las salas de conversos y las casas de los monjes jubilados, en consonancia con el principio vital expresado antes. Finalmente, hacia el Norte, se ubica el final de la vida pues, a través del brazo del transepto, se accede a la zona de enterramiento de los propios monjes y de la gente de la comunidad próxima.

A la *positio* del convento, en tierras vírgenes, fértiles y bien abastecidas fluvialmente se añade la *dispositio* u ordenación propia de los cuerpos en el convento en función de una clara jerarquía adaptada a los usos religiosos y de trabajo de los monjes. Fontenay (como Santes Creus) es muestra de esta ortodoxia. la iglesia, con su cabecera hacia poniente, limita uno de los costados del claustro, situado hacia el mediodía de modo que no impidiera un buen asoleo del resto de cuerpos. Se forma un esquema que tan sólo podrá alterarse (como en Poblet o Fontfreda) por cuestiones de topografía o de posición de las vías fluviales.



Fontenay. Ideal de disposición en planta de monasterio

Siempre que se podía, se respetaba un sistema descendiente de plataformas donde la iglesia, con voluntad emergente, se ubica en la más alta, de modo que posibilite un sistema de construcción en bancadas donde el material residual superior sirve para completar los niveles siguientes. Muestra de ello son las plataformas sucesivas que se producen en el brazo de la biblioteca de Poblet.

La disposición canónica crea unas circulaciones separadas para los monjes y para los novicios, para los usos privados y para los compartidos, conecta las zonas de descanso directamente con la iglesia y limita las zonas abiertas a los fieles dentro de las iglesias. Esta ordenación de los cuerpos en torno a un claustro permite a la vez ventilar e iluminar, encadenando y separando usos de trabajo, de estudio, de almacenamiento y de higiene (las fuentes de agua que alimentan lavabos, cocina, letrinas... se conectan bajo suelo mediante recorridos de agua).

La sala capitular se fija, en la mayoría de los casos, en el ala del claustro que sirve de prolongación del transepto de la iglesia, situando el refectorio en el lado opuesto de la iglesia.

A nivel constructivo, se puede decir que en los recintos monacales se consolidan técnicas edificatorias aplicada a dos escalas diferentes. Por un lado, debe resolverse la gran escala constructiva de las iglesias, trazadas en base a una planta basilical con unas cubiertas que evolucionarán aportando diversas soluciones. Y por otro, la pequeña escala de los cuerpos secundarios que fijarán unas soluciones técnicas para crear una variabilidad notable de recintos entorno a un limitado número de claustros.

Las construcciones mayores (las iglesias) tardaban en ser construidas decenas de años. Por ello podían ser resultado de la superposición de varios modelos constructivos. Así, era habitual adaptar pilares y muros pensados inicialmente para recoger una bóveda de cañón apuntado para obtener unas formas de crucería incorporando nuevos nervios diagonales.

4.2.2. GRANDSELVA, SYLVANES Y FONTFREDA

Se ha comentado antes la estructura arbórea de filiaciones que se produce entre las abadías. Las primeras fundaciones en la Corona de Aragón fueron creadas por otras situadas en el Mediodía francés, cuyos primeros asentamientos fueron Sylvanès (Aveyron) y Bonnefont (Haute-Garonne) en 1136[7].

Sin embargo, fue Granselva (adherida a la Orden en 1144) la que acaba teniendo una repercusión mayor (ésta funda Fontfreda en 1145 y Santes Creus en 1150. A la vez, el crecimiento propio no cesa, y se desarrollan pequeñas producciones industriales y viñedos en las riberas próximas[8].

Fontfroide. Naves central y lateral

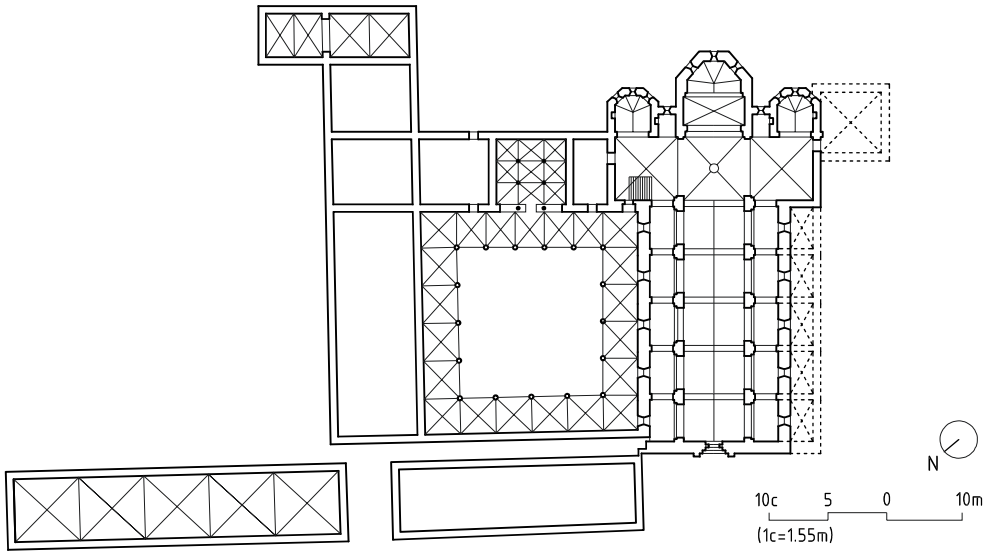
A mediados del siglo XIII, en la época en que su crecimiento culmina y se llega a consagrar la iglesia (1253), dicha abadía consigue del obispo de la ciudad próxima de Toulouse el permiso de introducir en el programa de la iglesia un nuevo espacio de gran utilidad y difusión en otras construcciones religiosas de las ciudades: la capilla o pequeño oratorio de uso más privado, que se ubicará en el perímetro del recinto sacro (como habían empezado a implantar mientras tanto las órdenes mendicantes). El siglo XIII fue el de su mayor esplendor, gracias a la capacidad de los abades para administrar donaciones y legados y para tratar con los poderes políticos.

Se tiene constancia de las dimensiones de la iglesia de Grandselve, notables para aquel entonces (una nave de 100m de largo y unos 20m de luz, de la que no se han conservado restos), constituyendo una envergadura similar a la de la antigua nave raymondina de la catedral de Tolosa.

---

[7] BAGNERIS François y otros, *Anciennes Abbayes en Midi-Pyrénees*. Addoc Midi-Pyrénées, Tarbes,1991, pag 187. Otras fundaciones emblemáticas son L'escale-Dieu, Fontreda y Flaran.

[8] Se estima que sus posesiones llegan a ocupar más de 20.000 hectáreas repartidas en 25 granjas explotadas por conversos y que sus bienes inmuebles se extienden hasta Paris, Bordeaux y Tolosa.



Planta de abadía de Fontfreda

Cuando en 1145 la antigua abadía benedictina de Fontfreda se incorpora a la orden del Cister por la acción de los vecinos monjes de Granselva, en seguida inicia su reconstrucción. Galinier describe cómo la abadía de Fontfreda llega a convertirse, para la región del Languedoc, en el lugar de mayor representación para caballeros y nobles: " ... *el primer monasterio del Languedoc que, en el modo en que Lagrasse había sido en el periodo precedente, atraerá la caridad de los más grandes, que lo escogerán para ser allí inhumados*..." [9].

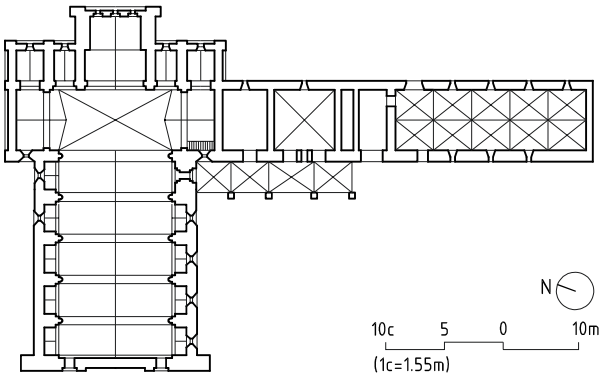
Abadias de Sylvanès[10] y de L'Escaledieu[11]

[9] GALINIER Jean-François, *L'abbaye de Fontfroide en Languedoc dans son contexte historique et artistique. Etude sur le cloitre et la salle capitulaire*. Memoire de maitrise d'Histoire. Toulouse le Mirail, 1975. pag 3 y sig. En 1250 se termina la construcción de la iglesia y hasta 1350 se sitúa el periodo de mayor prosperidad, contabilizándose más de 100 granjas en su área de influencia.

[10] Imagen de BONDE Sheila, *Fortress-Churches of Languedoc*, pag 130

[11] Imagen de GARCIA-OLIVER Ferran, *El císter, ideals i realitat d'un ordre monàstic, Actes del simposi Internacional sobre el Císter*. Valldigna, 1998. PUV 2001. pag 89

Puede entenderse que Sylvanès se adapta a la escala pequeña de los primeros recintos en el Mediodía francés (como Le Thoronet y Flaran), siguiendo el ideal de pobreza y contención formal promovido por San Bernardo. Esta contención dimensional en planta afecta a todos los recintos (iglesias y cuerpos menores), incluida la dimensión del claustro. Es significativo ver cómo en las estructuras de segunda generación, como Poblet y Santes Creus, los espacios interiores y exteriores se incrementan en medida, permaneciendo fijados algunos valores dimensionales singulares como será la altura interior de la iglesia.



Planta de abadía de Sylvanès

Destaquemos dos aspectos singulares de Sylvanès. El primero, que será desarrollado posteriormente, sobre la solución escogida para la estructura de la nave que, con un solo vuelo, salva una luz de aproximadamente 14 metros, reflejo de una tradición de la región que refuerza el muro lateral mediante cañones transversales, creando recintos propios de una arquitectura representativa y de protección, en la línea expuesta por Sheila Bonde, quien defiende una tesis sobre la interrelación funcional y formal entre los recintos fortificados y los religiosos en el Mediodía francés[12]. El segundo, referido a la singularidad de la sala capitular, definida, de nuevo mediante una sola luz, eliminando los soportes centrales que dividen el cuerpo en tres naves.

Biget y Pradalier señalan que Sylvanès será exponente de la práctica constructiva de la nave única en la segunda mitad del XII, con valores compositivos, como la situación de la galería perimetral dentro del muro, próxima al arranque de los arcos de las bóvedas, que se encontrará también en otras construcciones como Saint-Pons de Thomières, Nant o Saint-Michel de Castelnau-Pégayrolles[13].

[12] BONDE Sheila, *Fortress-churches of Languedoc. Architecture, Religion and Conflict in the High Middle Ages*. Cambridge University Press, New York, 1994, pag 130.

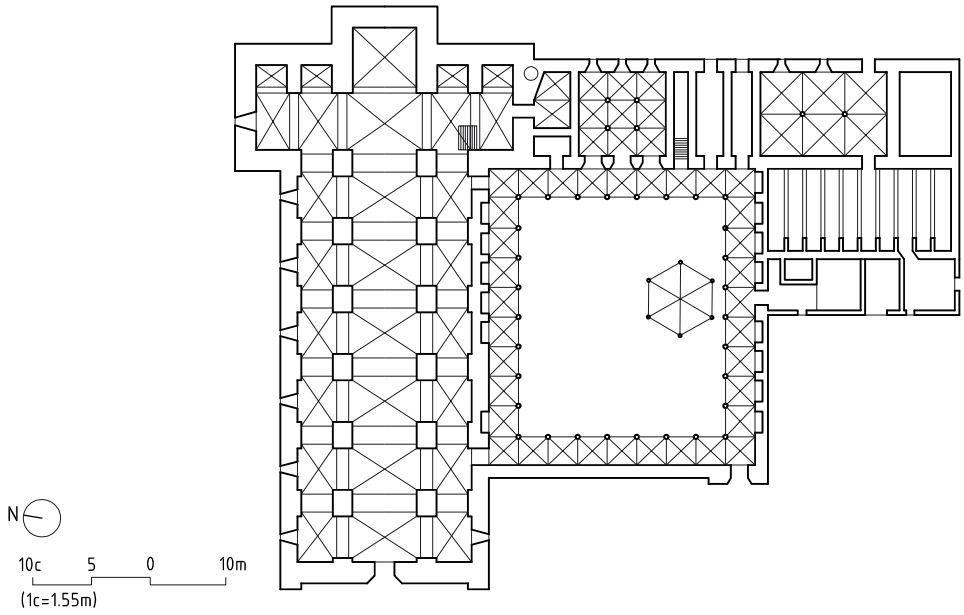
[13] BIGET JL, PRADALIER H y PRADALIER-SCHLUMBERGER M, *L'art cistercien dans le Midi toulousain*, en.*Les cisterciens de Languedoc (s.XIII-XIV)*, Cah. de Fanjeaux 21, Privat, Toulouse, 1986, pag 334.

4.2.3. SANTES CREUS, POBLET Y VALLBONA DE LES MONGES

Pocos años más tarde de que se liberen las tierras de la Calalunya Nova (Tortosa en 1148 y Lleida en 1149) y de que se establezca un límite meridional de geografía accidentada con el reino musulmán de Valencia, los cistercienses empiezan a colonizar estas nuevas tierras[14].

Naves de Poblet y Santes Creus

Según Joan Fuguet y Carme Plaza los monjes de Santes Creus llegan a desechar unos primeros terrenos cedidos en 1150 por la familia de los Montcada en la sierra de Collserola cerca de Valldaura, debido a la proximidad al núcleo urbano de Barcelona y al influyente monasterio de Sant Cugat y a la dificultad orográfica del lugar para su posterior expansión, así como unos posteriores en la Espluga d'Ancosa[15].



Monasterio de Santes Creus. planta general

[14] Es el momento, 1151, en que Aragón y Cataluña se unen por el enlace del conde de Barcelona y Petronila de Aragón, pretendiendo competir desde entonces con el poder del reino de Francia.

[15] FUGUET Joan, *El cister* …op cit pag 71.

Coral Cuadrada explica los modos de trabajo y aprovechamiento que supieron consolidar los monjes de Santes Creus:"…*El Cister fue, desde siempre, una orden eminentemente agrícola y ganadera, y supo crear una buena administración en todos y cada uno de sus monasterios y aprovechar los recursos locales a través de estrategias efectivas de trabajo… Fueron grandes innovadores o, al menos, fueron activos agentes de difusión y mejora de las técnicas conocidas, en lo que respecta a innovaciones agrícolas y a industrias locales: mejoraron razas de animales, fertilizaban adecuadamente sus tierras, las labraban con el mayor cuidado, dominaban la fuerza de las aguas y las conducían hacia molinos de harina*…[16]"

La visita de Ramón Berenguer IV (conde de Barcelona y Provenza) a Fontfreda sirve para solicitarle una nueva fundación y cede para ello las tierras del valle de Poblet en 1149. Según Pérez-Embid, el promotor inicial de las fundaciones es el poder político[17] con objeto de evitar la obligada dependencia administrativa de la diócesis de Tarragona. Pocos años más tarde, en 1152, se establece una comunidad de monjes que ordenan la estructura agrícola de granjas y los terrenos fértiles en los alrededores[18].

Entre 1158 y 1184, siendo abad Pere de Puigverd, el monasterio de Poblet tiene un desarrollo importante, tanto en lo que respecta al crecimiento de sus bienes territoriales, como a consolidación de su patrimonio[19], llegando a abrir en1221 el culto en la iglesia.

Poblet. colateral primitivo y entradas de luz al interior

Es conocido como en 1166 el rey Alfonso concede al abad el derecho de explotación de canteras y de tala de árboles en las montañas vecinas, cuando los trabajos ya debían estar iniciados[20]. Ese mismo año el rey Alfonso realiza una donación al abad Hugues de Poblet para fundar y construir la iglesia y dependencias del monasterio, lo que implica una coexistencia de actividades en ambas fundaciones, situadas geográficamente muy próximas.

---

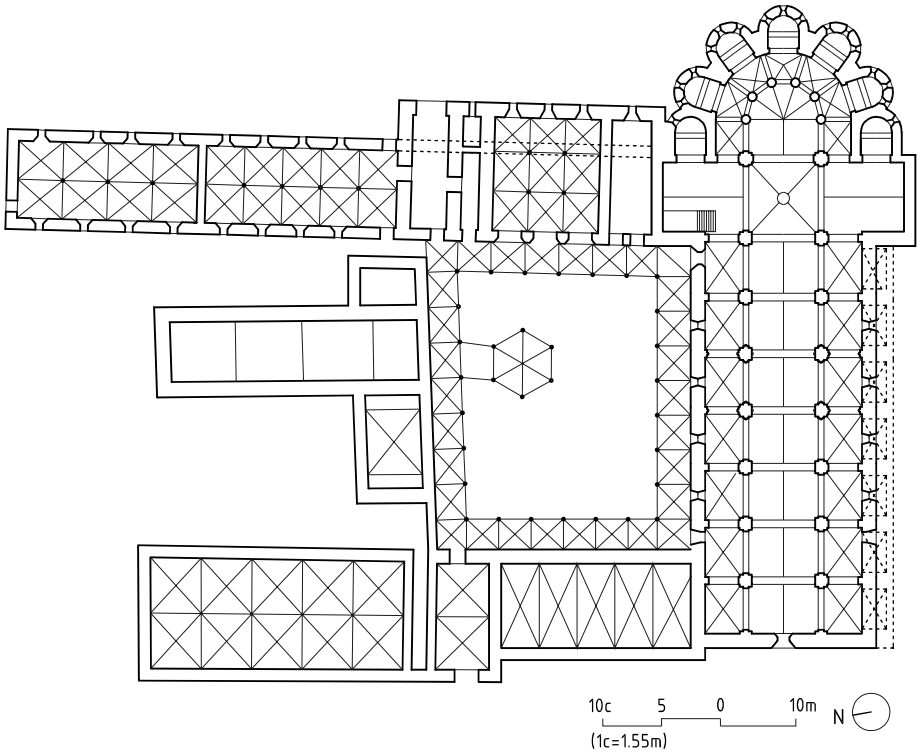
[16] CUADRADA Coral, *Els monjos colonitzadors i l'ordenació del territori*, dentro de GARCIA-OLIVER Ferran, *El Císter, ideals i realitat d'un ordre monàstic* PUV, 2001, pag 150.

[17] PEREZ-EMBID Javier, *Le modèle cistercien dans la Péninsule Ibérique*, en *L'espace cistercien*, Comité des Travaux historiques et scientifiques, Paris, 1994. pag 142.

[18] CIRICI Alexander, GUMI Jordi, *L'art gòtic català. L'arquitectura als segles XIII i XIV.* Capítol I: *El s. XIII: gòtic monàstic.* Edicions 62. Barcelona, 1974.

[19] GARCIA-OLIVER Ferran, *El Císter, ideals i realitat d'un ordre monàstic* PUV, 2001, pag 146.

[20] LAVEDAN Pierre, *L'architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléares*, Ed H Laurens, Paris, 1935 , pag 18 y 22.



Monasterio de Poblet. planta general

El monasterio dispone desde sus primeras décadas de un territorio definido fértil en la Conca del Barberà regado por el Sec, afluente del Francolí, y protegido por la sierra de Roques Rojes, además de una zona a lo largo del Bajo Ebro y del Segre (con cultivos de cereales, viñedos, olivares y frutales) y de una zona en los Pirineos (con los pastos para el ganado en verano).

Las cartas de franquicias muestran que se trata de un territorio de nuevos pobladores que abarcan una red de granjas y pequeños asentamientos. Sólo en la zona próxima al monasterio, se ordena una veintena de granjas a principios del XIII, con tal destreza técnica que se sirven de molinos de agua, de harina, de aceite, y de batanes para telas y papeles[21].

La importancia de Poblet empieza a ser demostrada cuando en 1176 se escoge como panteón real de la Corona de Aragón, siendo en 1195 cuando se produce el salto cualitativo con la adquisición de la ciudad y el castillo de Montblanquet, a la vez que empieza a notarse una cierta disminución en el reclutamiento de conversos.

Sobre la iglesia de Poblet, se conoce que es iniciada durante el reinado de Alfonso I (1162-1196) y que se reconstruye posteriormente en el siglo XIV, en tiempos del Abad Copons, reformando la nave lateral (de la epístola) y añadiendo el cimborrio[22]. Y según Anselme Dimier[23], hacia finales del XII se llevan a cabo las campañas de Fontfreda para reformar la iglesia, añadiendo igualmente un cimborrio

[21] PEREZ-EMBID Javier, *Le modèle cistercien …* op cit. pag 144.

[22] El monje Agustí ALTISENT, historiador de Poblet, autor de l'*Historia de Poblet*, comenta como tan sólo se pueden datar algunas capillas a partir de las fechas de donaciones. No hay datos concretos sobre la nave, el crucero ni sobre el ábside.

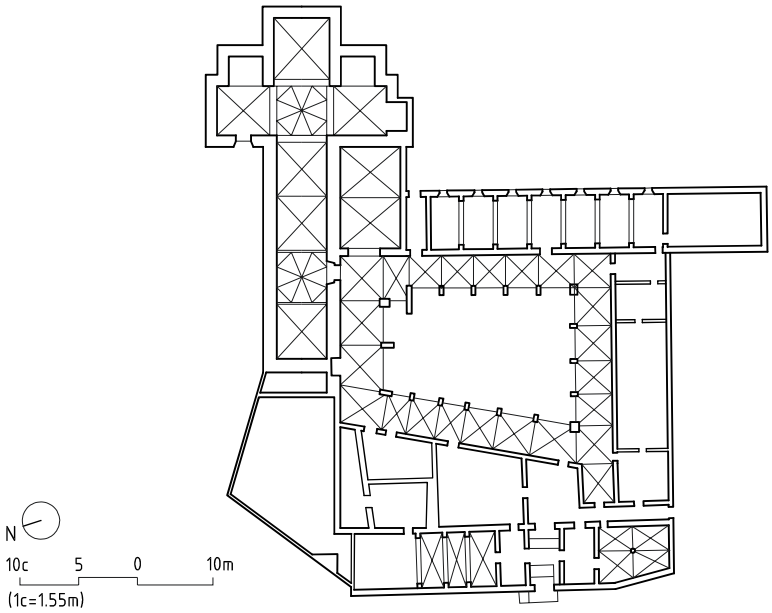
[23] DIMIER P Anselme, *L'art cistercien*, Zodiaque, La nuit des temps, 1962. Pag.214.

sobre estructura nervada de crucero con clave de anillo. Así, a pesar de la relación de filiación entre Fontfreda y Poblet, los periodos de construcción y reforma coinciden.

Según Lavedán, la planta de Poblet (basilical, con pilares cruciformes y con cabecera circular a la que se añaden capillas radiales) no provenía directamente de Fontfreda, sino de las primeras fundaciones cistercienses en la Península (Moreruela y Fitero)[24], y la denomina *Poblet II*, debido a que supone que se trata de una reforma o modificación de una estructura preexistente.

A lo largo del XIII se adquieren hasta 20 poblaciones, muchas de ellas con fortaleza o castillo, mediante donaciones de nuevos ricos que habían intervenido en las conquistas de Mallorca o Valencia. Hasta 1229 las compras fueron superiores a las donaciones, lo que produce un endeudamiento del monasterio. A lo largo del siglo XIII, las compras se ralentizan y se inicia un proceso de división y venta de las propiedades. A principios del XIV la situación económica parece estable, a punto para afrontar un siglo de crisis económica y social que afectará tambien a la comunidad.

El número de monjes se había consolidado entorno al centenar hacia finales del XII, lo que permite y justifica la expansión hacia nuevas abadías, para las cuales el rey Jaime I mantendrá un gran protagonismo (Benifassà en 1233, la Real de Mallorca en 1239 y San Vicente de Valencia en 1287, entre otras).



Monasterio de Vallbona de les Monges. planta general

En Vallbona de les Monges, se produce una largo proceso constructivo desde el XII hasta el XV, con unos primitivos recintos que se reforman y completan desde finales del XIII. La sala capitular, en el ángulo entre el transepto y la nave, es una construcción del XIV y las bóvedas de crucería de algunas zonas de la iglesia, como la nave o el cimborrio octogonal, muestran que se trata de estructuras de transición del XIII. El penúltimo tramo es reformado en el XIV para añadir un cimborrio campanario.

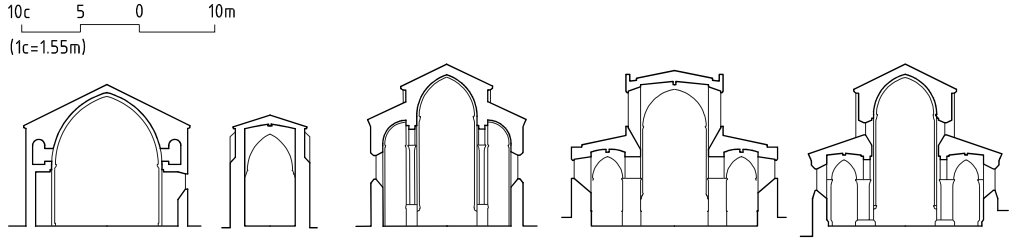
[24] LAVEDAN Pierre, *L'architecture gothique* . pag 24

4.3. LA IGLESIA

4.3.1. COEXISTENCIA DE MODELOS DE UNA Y TRES NAVES

La planta de la iglesia es, según Lavedán y otros investigadores, característica:"… *un transepto bien diferenciado, una cabecera trazada con líneas rectas; todo su diseño puede ser trazado empleando una regla o una escuadra, sin recurrir al compás*..."[25]. Veamos cómo se puede interpretar esta aparente simplicidad formal y cómo se traduce en base a unos modelos constructivos.

En primer lugar, hay que destacar una manifiesta búsqueda de espacios más amplios para mejorar la capacidad de las iglesias, en comparación con las basílicas románicas de los tiempos precedentes. Sin embargo, un mayor número de naves no presupone una transparencia lateral entre ellas. Estas iglesias de transición deben resolver primero el modo en que las pesadas bóvedas de cañón son recogidas mediante arcos de descarga (los formeros entre naves) formando soportes complejos debido al lenguaje derivado de las nervaduras compuestas (soportes cruciformes con semicolumnas simples o dobles adosadas).



Modelos de una y tres naves

Pocas de ellas se arriesgarán en sus modelos para buscar una solución más novedosa. Capaz de usar técnicas que se estaban consolidando en las construcciones monásticas, Sylvanés (y la desaparecida Grandselve) será excepcional pues propone un espacio de nave única de gran luz, definiendo de modo original el sistema de contrarresto lateral.

Cuando los monges opten por el modelo de tres naves, recurrirán al espacio del transepto para ajustar las medidas libres definidas para los ábsides y para las naves, diferentes en muchos de los casos. Sólo la dimensión libre del ábside central tenderá a ser mantenida en la nave central.

Dado que en el origen no se incorporan capillas en las iglesias, cuando éstas sean requeridas se ubicarán en la fachada opuesta al claustro, que generalmente va a permanecer inalterable (tan sólo será vaciado parcialmente para ubicar tumbas en el interior del muro). Fontfreda y Poblet son exponentes diferenciados del modo de modificar este muro: como se verá en los gráficos del siguiente capítulo, Poblet ubica parte del espacio de la capilla dentro del espesor del muro primitivo, ampliando sólo parcialmente la profundidad de la capilla, mientras que Fontfreda distingue claramente el umbral del muro, recogido por un arco toral, y adosa en la parte posterior el espacio completo de la nueva capilla.

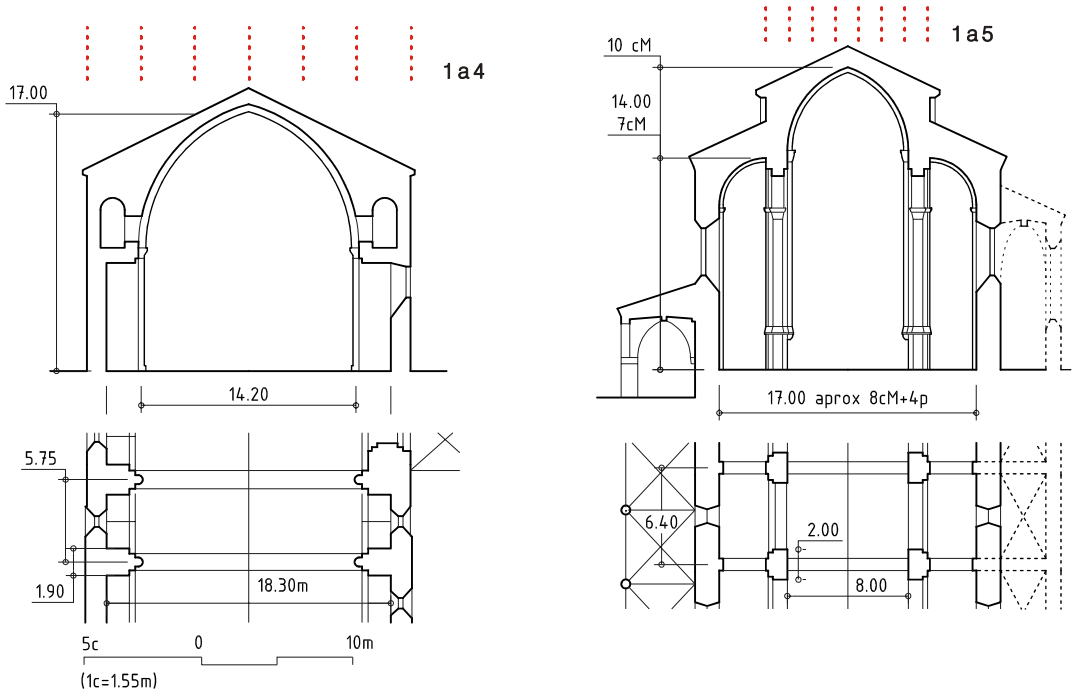
[25] LAVEDAN Pierre, L'Architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléars. Ed. H. Laurens, Paris, 1935, pag 11..

4.3.2. BÓVEDAS DE CAÑÓN Y DE CRUCERÍA

La transición entre la primitiva técnica de cobertura de bóveda de cañón apuntado hacia la bóveda nervada tiene que ver con el modo de iluminar el espacio interior. Poblet y Santes Creus ayudan a entender este concepto. Mientras que en la primera las dificultades de iluminación se concretan en el establecimiento de pequeñas aberturas situadas antes del arranque de la bóveda de cañón, en la segunda la bóveda nervada, de evidente tosquedad en sus formas, permite liberar la superficie muraria lateral para aumentar la entrada de luz.

Aún manteniendo una solución de gran robustez, las secciones permiten evidenciar una reducción del material aportado en la construcción de las bóvedas, lo que se traduce, al tratarse de construcciones pieza a pieza, en un menor tiempo de construcción.

En el caso de las tres naves, el modo de definir las alturas entre ellas deberá tener en cuenta que la bóveda o cañón central empuja lateralmente y que el modo natural de recoger este empuje se establece por escalonamiento progresivo de las estructuras laterales. Lavedan se pregunta sobre el modo en que los cistercienses consiguen alcanzar el equilibrio de sus bóvedas cuando se trata de espacios con triple nave[26]. Los muros apilastrados de gran rigidez permitirán evitar el uso de arbotantes, cuando el escalonado entre naves sea notable, como en Poblet o Santes Creus.



Tramos tipo de Sylvanès y de Fontfreda

Los modos de cobertura más primitivos se refieren a la bóveda de cañón apuntada. Este es el recurso principal para la nave central. Pero ¿cómo se recoge el empuje de la bóveda cuando hacia los laterales se sitúa una nave de una altura menor? Los maestros cistercienses experimentarán dos soluciones, antes de reconocer la robustez de la propia estructura apilastrada. La primera, simple de concepto, establece un esquema de bóvedas "en cascada",

[26] LAVEDAN Pierre, *L' architecture gothique religieuse*... pag 14.

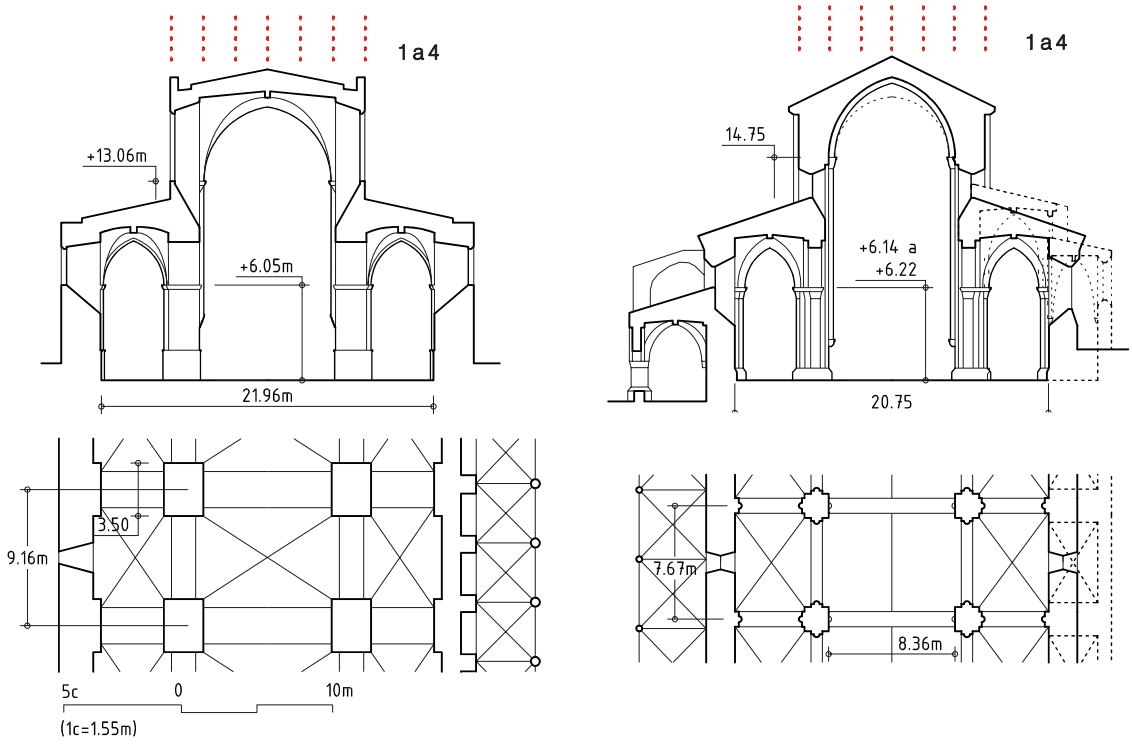
con unas curvaturas sucesivas que se acodalan de modo simétrico. Es el caso de Fontfreda[27]. La segunda, gira las bóvedas de cañón para servir de trabazón a los grandes paños murarios que se convierten en estribos de la bóveda. Son los casos de L'Escaledieu y Sylvanès[28].

4.3.3. LAS NAVES DE POBLET Y SANTES CREUS

Disimétrica debido a la reforma del XIII, la sección de Poblet muestra un escalonado gradual entre el espacio central único y las formas laterales con capilla o con ala lateral de claustro. La robustez de los muros permite recoger las cargas sin apenas necesidad de contrafuertes. No obstante, las grandes pilastras todavía están lejos de producir la transparencia hacia los laterales que buscarán los maestros góticos meridionales unas décadas más tarde.

Tan sólo en los colaterales se emplea la bóveda nervada, mientras que la nave central mantiene un cañón apuntado con dobleros. Las nervaduras son primitivas, de sección cilíndrica, sin apenas resalte de la clave.

El uso de la bóveda de cañón apuntada, cuando se pretende iluminar directamente el interior de la nave, obliga a ajustar la altura de las bóvedas laterales con respecto al arranque de la principal, situando los ventanales en el espacio de separación.



Tramos tipo de Santes Creus y de Poblet

La iglesia de Santes Creus, datada entre 1174 y 1225 y contemporánea a la iglesia de Poblet, nos muestra una cubierta de bóvedas de crucería de grandes torales y carácter arcaico en todos sus

[27] GALINIER Jean-François, *L'abbaye de Fontfroide* ...op cit. que incluye plano de planta y datos de dimensiones extraídos de ANSELME, *L'art cistercien*, Zodiaque, La nuit des temps, 1962. Pag.214-218.

[28] DURAND Geneviève, *L'église de l'abbaye cistercienne de Sylvanes*. Centre d'Archeologie medievale du Languedoc. Toulouse, 1982 pag 82 a 92.

aspectos formales y geométricos: el doblero, de gran sección prismática rectangular, se aproxima a la forma de medio punto, lo que produce un nervio diagonal de trazado rebajado.

Se produce un efecto de continuidad entre la pilastra y la cubierta a través del arco toral que, a modo de fragmento de cañón apuntado, nace desde una ménsula creciente en el soporte y sólo se interrumpe por una pequeña línea de imposta, sin continuidad en los paños de muros sobre los formeros, donde se ubican los ventanales.

Nave lateral del mediodía en Poblet, con la ampliación de capillas del XIII

Los nervios diagonales se entregan de manera tosca sobre unas ménsulas situadas en el lateral del gran toral, a la de las primeras construcciones del gótico meridional. Lambert es de la opinión de que las bóvedas nervadas no estaban inicialmente previstas[29].

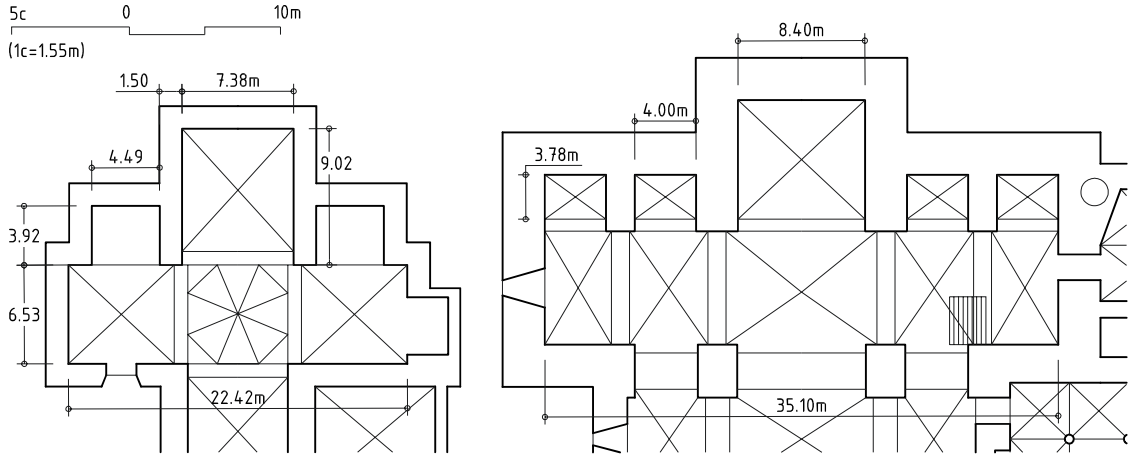
De la comparación entre ambas iglesias puede entenderse el clima de transición que suponen las naves cistercienses. La diferencia con el resto de estancias del monasterio reside en que aquí las alturas permitidas son mayores, y la estructura se complica con el planteamiento de naves paralelas de diferente altura, comunicadas lateralmente mediante arcos formeros y que deben ser capaces de transmitir las cargas de las pesadas bóvedas mediante un sistema de arcos de descarga.

4.3.4. LOS ÁBSIDES Y EL BRAZO DEL TRANSEPTO

El modelo de iglesia deriva del establecido en las primeras fundaciones de la Orden y se traduce, en el Mediodía francés, en pequeñas construcciones basilicales de tres naves con bóveda de cañón y ábsides múltiples. Silvacane es uno de los casos principales y está documentado que la iglesia madre Grandselve también disponía de ábsides múltiples, el primero pentagonal y los laterales cuadrados[30].

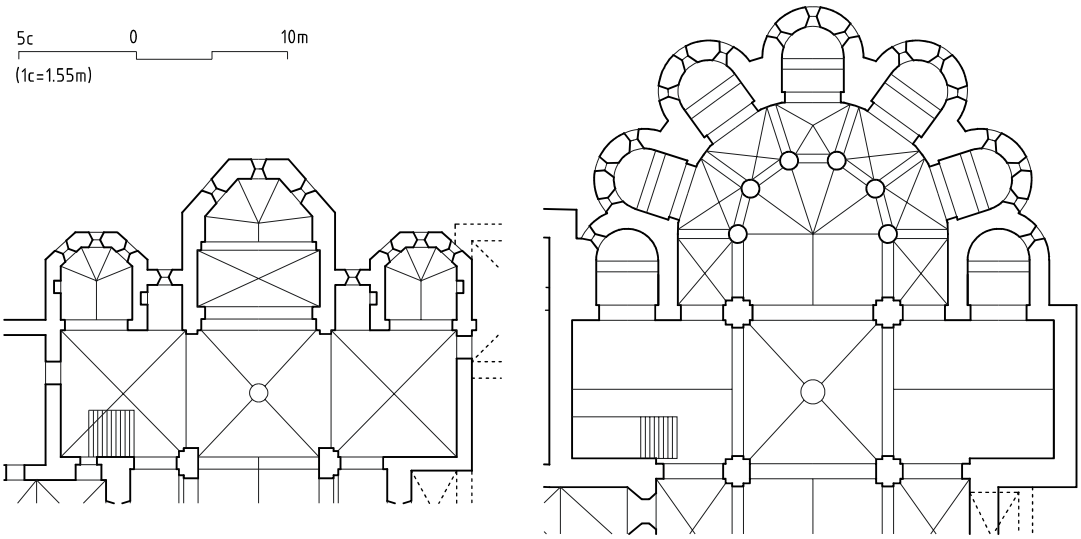
[29] LAMBERT Elie, *El arte gótico en España* … op cit, pag 87.

[30] LAMBERT Élie, *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècles*. Trad. en Cátedra, Madrid, 1977. pag 96.



Absides de Vallbona de les Monges y de Santes Creus

Los ábsides y el brazo del transepto son resueltos de modo versátil. En un principio, se recurre a las semibóvedas esféricas a las que se añaden troncos de cañón apuntado (como en Le Thoronet, Flaran y Senanque). Estos ábsides forman pequeños espacios unidireccionales donde las posibilidades de iluminación se reducen a estrechas aberturas verticales a través de los paños del muro bajo la bóveda. El eje de sus bóvedas se sitúa transversal al espacio del crucero. La disposición de sectores de cúpulas en los ábsides implica que el muro de base tenga un trazado circular (caso de Flaran).



Absides de Fontfreda y de Poblet

Algunos modelos optan por simplificar la forma de la piel exterior en las cubiertas de los ábsides, retirando la semicúpula, recuperando espacios de planta rectangular y fachadas exteriores de paños ortogonales (caso de Sylvanés o de Vallbona de les Monges). Y en pocas ocasiones se reduce el número de estos absides de cinco a tres unidades.

Cruceros en Fontfroide y en Poblet

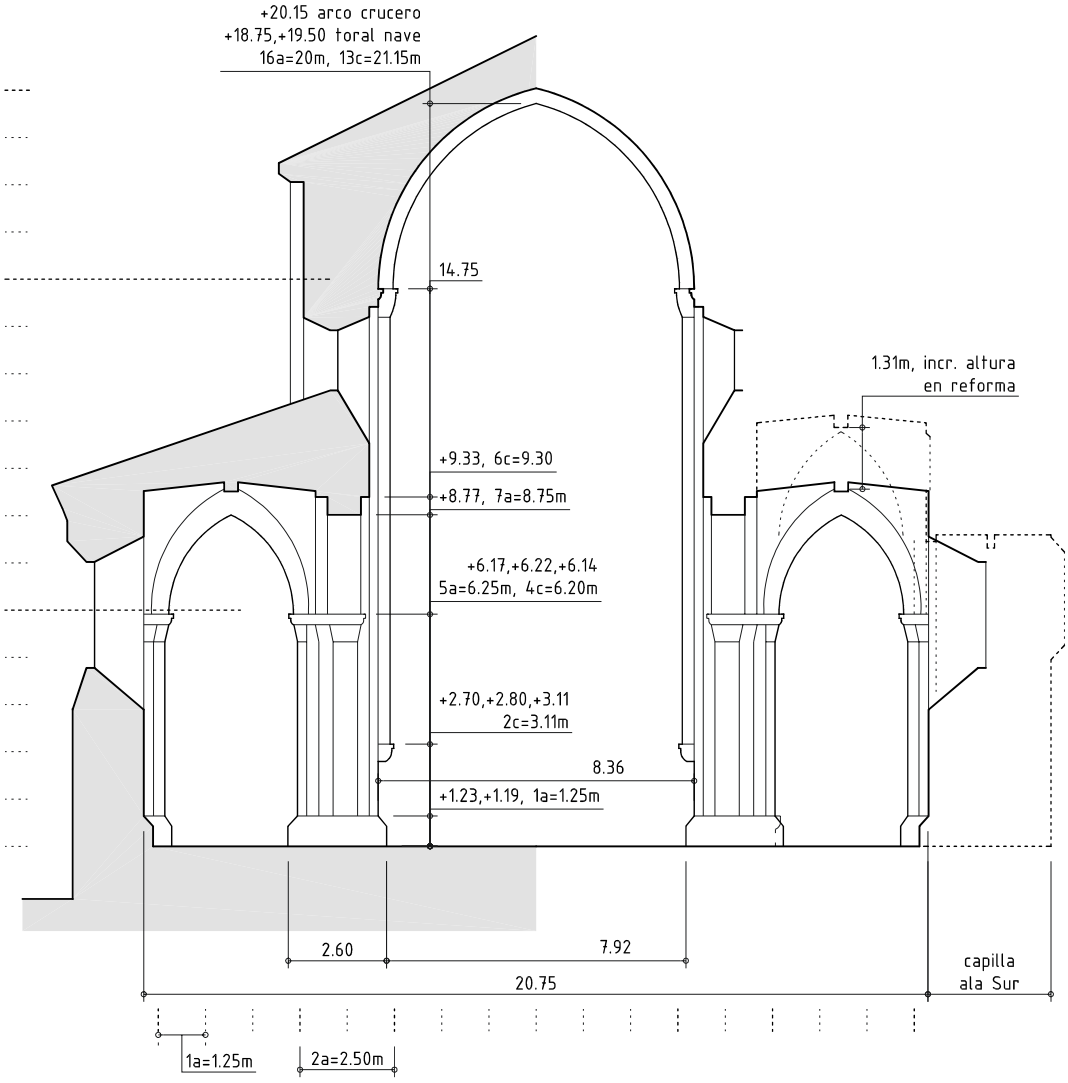
El espacio sacro de los ábsides tiene al crucero como espacio de transición a la nave, para el cual se reserva la solución más avanzada de técnica constructiva, esto es, la bóveda de crucería. Tan sólo el primitivo modelo de Le Thoronet mantendrá la prolongación del cañón del ábside principal y lo prolongará hacia la nave. Y en pocos casos este crucero aporta una solución mucho más avanzada como es la bóveda octogonal (quizás debida a reformas posteriores), como en Vallbona de les Monges y Senanque.

Fontfreda y Poblet van a reducir el número de ábsides a tres, como Vallbona de les Monges, pero en estos casos la solución de los ábsides será poligonal o mixta, con un grado mayor de complejidad espacial.

4.3.5. LÓGICA DE LA MEDIDA INTERIOR

Parece obvio indicar que la estructura de la iglesia debía dar respuesta a dos aspectos fundamentales. El primero, referido a la propia estabilidad de la construcción. El segundo, referente a unas condiciones de iluminación interior que produjeran un óptimo aprovechamiento de los usos previstos, apuntadas en el capítulo 3.2.

Respecto del primero de los aspectos, es útil reflexionar sobre el modo en que se equilibra la estructura en cada uno de los niveles: por un lado, debe ser estable y resistente al establecer un hipotético plano infinitamente rígido sobre el nivel de la cubierta del colateral; y por otro, debe serlo cuando las cargas continúan su descenso, interfiriendo y combinándose con las bóvedas de los colaterales hasta ser transmitidas al terreno, esto es, en el plano de base.



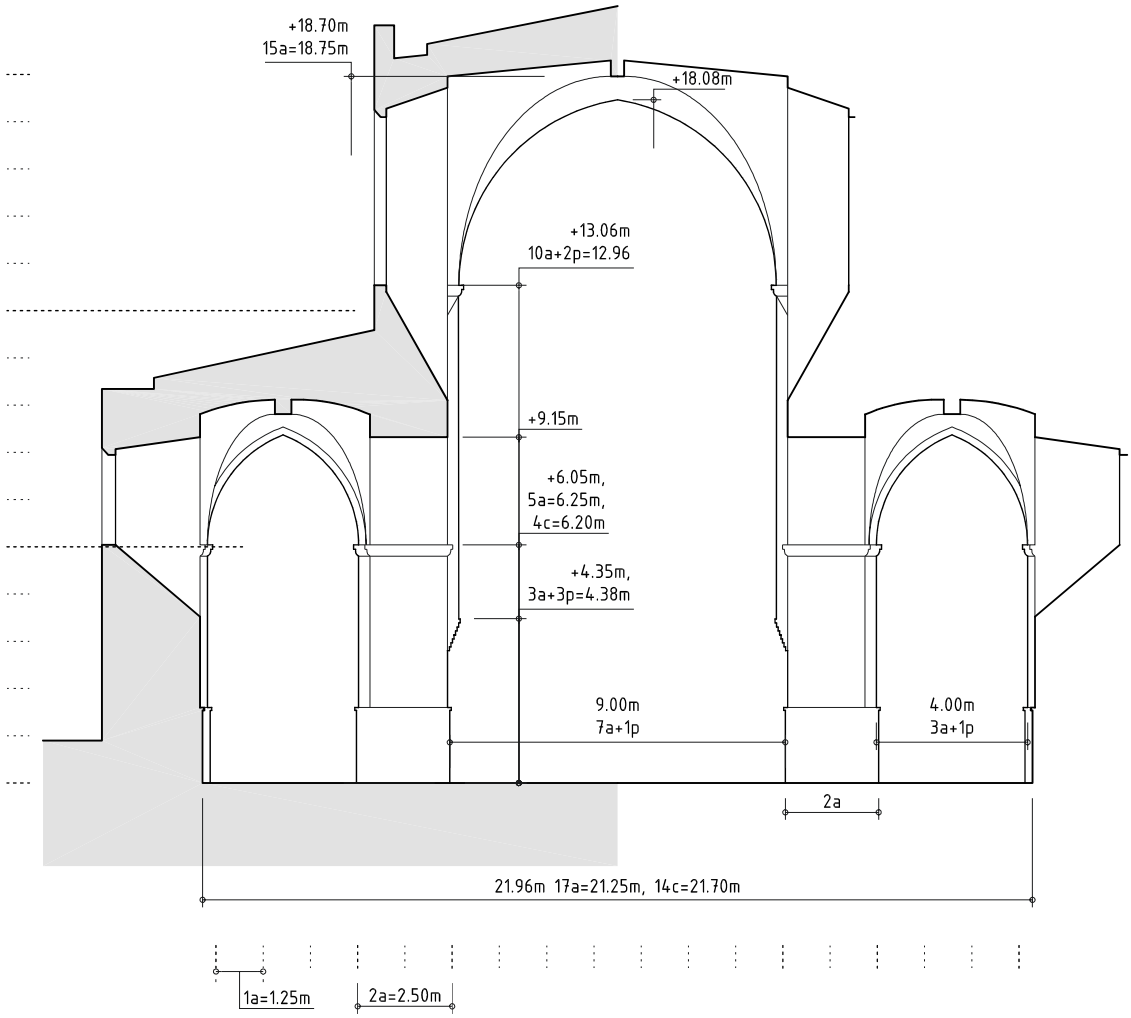
Poblet. Sección de la iglesia

Un esquema de estructura (espesor de muro, luz y peralte de bóveda…) puede ser válido cuando se traduce a los diversos patrones métrico de las ciudades, siempre y cuando éstos pertenezcan a un mismo umbral. En los casos que se estudian, tenemos de un primer entorno de valores a cubrir, entre de 8 y 9m (las naves centrales de Fontfreda, Santes Creus, Poblet[31] y el refectorio de ésta última), y un segundo grupo entorno a los 14m, como es el caso de Sylvanès.

Uno de los valores que condiciona la estabilidad de la forma viene dado por la relación entre espesor de muro y luz a salvar, en la línea que defiende Mainstone y que se explicó en el capítulo anterior[32].

[31] En concreto, la luz entre soportes de la nave central es de 8m en Fontfreda, 8,36m en Poblet y 9m en Santes Creus.

[32] MAINSTONE Rowland, *Structural theory and design before 1742*, Architectural Review, abril 1968., pag 303-306.



Santes Creus. Sección de la iglesia

Así, de las estructuras cistercienses analizadas que se cubren con bóvedas pesadas y que están en el entorno del umbral menor, de unos 8m, las que presentan una relación entre muro y luz de valor mayor son la iglesia de Fontfreda y el refectorio de Poblet, con valor de 1 a 5. Tanto la iglesia de Poblet como la de Santes Creus se muestran más conservadoras: 1 a 4 si se tiene en cuenta el muro sobre los torales, y 1 a 3 si se cuenta con la sección completa de la pilastra compuesta que se refuerza en el muro sobre el toral mediante un pequeño resalte exterior.

Esta prudencia de los monjes constructores de Poblet y Santes Creus se justifica porque incrementan la amplitud global de las tres naves de la iglesia de Fontfreda (17m) al umbral entre 21 y 22m (unas 17 alnas) de Poblet y Santes Creus, respectivamente.

Podemos suponer que la bóveda de cañón de la iglesia madre, Fontfreda, sirviera como referencia para alguna de las construcciones menores, como el refectorio en Poblet, y que esta relación proporcional fuera definida como umbral superior para el resto de construcciones.

Debe remarcar que la estructura de Sylvanès, al considerarse una estructura de umbral mayor, optimiza la cantidad de material en los estribos mediante un vaciado con bóvedas transversales de cañón, por lo que consigue mejorar la relación entre base y luz con un valor de 1 a 4.

Ambas construcciones, Santes Creus y Poblet, mantienen una proporción similar para el espacio útil del colateral: separándose de la nave central unas 2 alnas, que es lo que abarca la pilastra cruciforme central (mucho más que la de Fontfreda), definiendo la anchura libre de la nave entorno a

3 alnas, y su altura hasta el arranque de los arcos se fija en 5 alnas o 4 canas catalanas. Por tanto, a pesar de tratarse de empresas constructivas independientes, la reserva de espacio y estructura asignada a los colaterales es similar y es probable que se estructure en base a las canas locales.

El cambio más trascendente, respecto de los niveles de alturas, corresponde a la posición de los capiteles (Poblet) o pequeñas impostas (Santes Creus) donde arrancan los grandes torales. La bóveda de crucería de Santes Creus permite acercar dicho nivel a las cubiertas de los colaterales, hasta un valor próximo a 10 alnas, liberando el muro para las entradas de luz . En cambio, la bóveda de cañón apuntada de Poblet sube el nivel de arranque de los torales hasta 11a+5p ó 9c+3p y antes debe disponer las pequeñas entradas de luz al espacio central. Concluyendo, nos interesa resaltar la idea de que el mecanismo de iluminación condiciona la forma de la estructura.

4.4. LAS ESTANCIAS MENORES

Lambert describe cómo los monjes constructores de la escuela hispano-languedociense desarrollan un lenguaje particular, a partir de técnicas enraizadas en la tradición constructiva local y en las culturas que previamente habían ocupado el territorio, entre finales del XII y principios del XIII[33]. En dicho lenguaje, cada línea estructural de la cubierta (arcos torales, formeros o diagonales) continúa formalmente hasta la base, con la transición del capitel, conformando un soporte compuesto, derivado de la planta cruciforme a la que se añaden otros perfiles, semicolumnas, etc...

La adaptación de las técnicas góticas nervadas a las construcciones meridionales de carácter murario tendrá, en las construcciones monásticas menores, un campo de experimentación amplio.

Los recintos se limitan por muros ortogonales que confiarán su estabilidad a la rigidez de su propia masa para equilibrar los empujes horizontales que las nuevas bóvedas nervadas van a producir. Sin embargo, en comparación con las pesadas bóvedas del románico (conservadas en algunos casos, como era habitual en los refectorios), ahora las nuevas bóvedas nervadas van a canalizar los esfuerzos en lugares concretos de los muros, que tenderán a rigidizarse con estribos.

Se experimentan con formas de arcos diafragma, en diferente separación y peralte, formas abovedadas, más regladas o cupuladas, según los casos. Cada elemento de la estructura de cubierta (en cañón o en crucería) está enfatizado mediante un resalte nervado, de sección cilíndrica sencilla y de base circular o rectangular, que acompaña la superficie regular curvada por un solo radio. Este resalte se entrega a las formas geométricas de las impostas y pequeños capiteles, y prolongado posteriormente por la pared hasta la base o hasta otro saliente mediante semicolumnas simples o dobles.

Las pequeñas salas muestran procesos unitarios acotados en el tiempo, que se pueden entender como pequeñas maquetas de procesos y técnicas. En pocas ocasiones se producirán, en estructuras de gran envergadura como iglesias o catedrales, tales condiciones de integridad estilística y estructural permitidas por la intervención de pocos maestros de obra (será el caso de Santa María del Mar en Barcelona).

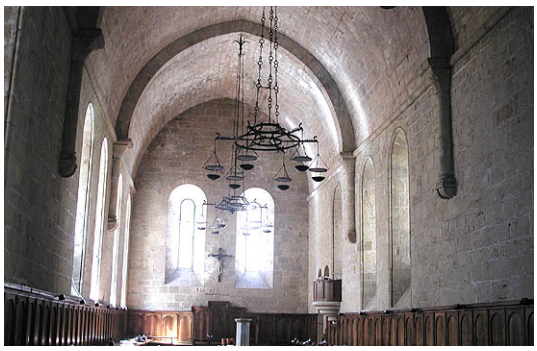
Dado que los monjes buscaban agrupar en vertical los espacios, la experimentación tendrá un grado mayor de interés. El muro deberá sostener una o dos plataformas, acodaladas en parte por el propio claustro. El primer nivel siempre será de bóveda nervada. El segunda nivel, de arcos diafragma y cobertura de madera. Se forman pequeñas salas rectangulares son espacios *salón* adaptados para uso doméstico y privado.

4.4.1. REFECTORIO

Se trata de un espacio de un solo eje, situado perpendicular al claustro, en el lado opuesto a la iglesia. Al no estar condicionado por la anchura del brazo crucero de la iglesia (como ocurre con la sala capitular, la biblioteca y el dormitorio) su forma es, *a priori*, más libre: puede cubrirse con una arcaica bóveda de cañón apuntada en la mayoría de los casos (Poblet), o con bóvedas de crucería (Fontfroide).

[33] LAMBERT Élie, *L'art gothique …* op cit pag 95.

El refectorio de Poblet sigue el tipo constructivo de la nave central, y es ejemplo de la dificultad de iluminación de los espacios de bóveda de cañón apuntada, con pequeñas aberturas en los laterales y ventanas en los paños testeros, que ofrecen contrastes excesivos de claroscuro.



Refectorio de Poblet

El refectorio de Fontfroide recurre a una gran luz (8,95m) para unos muros de espesor reducido (1,50m) con ménsulas en los muros para arrancar los nervios. Lo más notable es que la separación de los torales (9,42m) es mayor que la luz indicada, con lo que se producen unos trazados de arcos diagonales exageradamente rebajados.

4.4.2. SALA DE MONGES

La medida libre del brazo Este del claustro de Santes Creus define, entre los muros externos, la estructura modulada inferior (dos naves en la sala de monges y tres naves en la sala capitular) así como la luz de los diafragmas del superior.

En el caso de las dos salas inferiores, se altera no solo el numero de naves, sino también la posición del plano de suelo (que en la sala de monges se trabaja para canalizar los usos posteriores de la bodega). Así, los monjes constructores deben elevar o reducir la posición del capitel en función del encaje de superficies cilíndricas de de las bóvedas (generadas por formas circulares o elípticas).

Sala de monges en Sylvanès y Santes Creus

El menor grado de ornamentación o mayor simplicidad de las formas estructurales de la sala de monjes respecto de sala capitular, indica una voluntad de definir jerarquías entre los espacios en función de la representatividad y privacidad de los mismos. Además, la sala de monjes muestra desajustes formales en el trazado de arcos torales y diagonales (que no respectan la condición de tangencia vertical en el arranque de los capiteles).

4.4.3. SALA CAPITULAR

Ocupando el sector central en el lado Este del claustro, se divide en tres naves, formando un recinto de planta cuadrada. Así lo establece el modelo canónico, como el mostrado en el esquema de Fontenay. Sin embargo, conviene señalar algunas variantes, como Sylvanès, con una sola bóveda de crucería, o Poblet, que supera el umbral del muro posterior para ampliarse en un tramo más.

La representación que supone la sala capitular hace que progresivamente se vaya incrementando la medida del espacio interior. Los pilares se separan 2,81m en Fontfroide, 3,74m (3 alnas[34]) en Santes Creus y 5,00m (4 alnas) en Poblet. A la vez, la altura se acentúa progresando de 3,80m en Fontfroide a 7,25m en Poblet.

Sala capitular de Fontfroide

Fontfroide recurre a un fuste y capitel de pilares de piedra clara y pulida, y a unos ábacos y nervaduras toscas y rugosas, diferencia que desaparecerá en las dos abadías catalanas. Además, diferencia las luces de sus tramos (en el espacio central de 3,44m y en los laterales de 2,89m), lo que obliga a trazar torales de diversa luz, complicando la talla de sus dovelas.

En Santes Creus, el toral se aproxima al arco de medio punto, por lo que la diagonal muestra un trazado pseudoelíptico y el diseño de las diagonales sigue formalmente muy alejado del que corresponde al toral.

La solución puede compararse con la que se produce en la sala de monges. ¿por qué razón altera el maestro de la obra el número de tramos para cubrir la misma dimensión global, definida superiormente por el cuerpo de dormitorios? Ambas salas demuestran la voluntad de experimentación con soluciones de trazado y de talla: los monges observan que al aumentar de dos a tres el número de naves, se estiliza el soporte, se reduce la talla de los nervios, y se aumenta la entrada de luz en los muros, al aumentar la superficie de pared vertical disponible para ello.

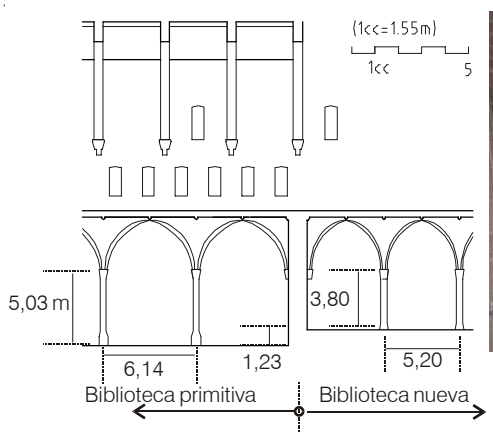
[34] Algunas de las medidas estructurales se han interpretado en *alnas*, y dentro de la variabilidad que presenta ésta (oscila entre 0,80 y 1,26m), se toma la de Montblanc por proximidad de ciudad emergente, influyente y capital de la zona,. Su valor corresponde a 1,25m, divisible en 4 palmos de 0,31m.

Salas capitulares de Santes Creus y Poblet

A nivel de trazado de arcos, el modelo más evolucionado corresponde a la sala de Poblet, en la que los torales tienen el peralte justo para que las diagonales sean definidas como arcos de medio punto, aunque la planta de los tramos no sea perfectamente cuadrada. La talla de las dovelas se uniformiza en todos los tipos de arcos.

4.4.4. BIBLIOTECA

Situada en prolongación de la sala capitular, muestra dos salas contiguas con bóvedas nervadas donde las diagonales encajan ordenadamente en un capitel octogonal, aunque varíe la distancia longitudinal del tramo. El terreno donde se asienta debía tener, en origen, una suave pendiente, que concuerda con la hipótesis de que el cuerpo de la iglesia debía situarse sobre la plataforma de cota mayor, para ir progresivamente descendiendo en el resto de construcciones. En este caso, se forman dos plataformas de base, con fustes desiguales de columnas pero con la misma cota de posición de capiteles. De nuevo se aplica el alna para concretar las medidas de dichos fustes (4 y 3 alnas, respectivamente).

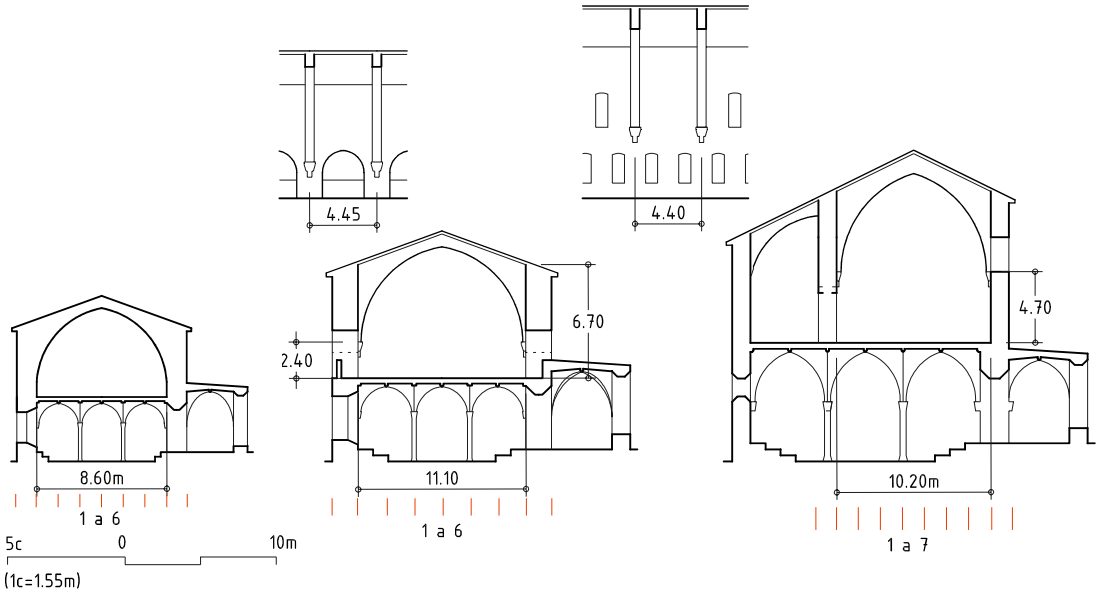


4.4.5. DORMITORIO

La construcción de los dormitorios, sobre el ala de levante del claustro, en el nivel superior, debía recurrir a técnicas de bajo coste, ligeras, con materiales cercanos y sencillos de transportar y elevar. Se va a traducir en cubiertas con arcos diafragma equistantes que arrancan del propio muro desde pequeñas mensulas, en cuyo trasdós se apoyan vigas de madera, a doble vertiente.

Dormitorios de Fontfroide y Poblet

Pocos datos se conocen de las etapas de construcción de estas estancias en las abadías catalanas. Se sabe que Santes Creus construye su dormitorio entre 1191 y 1225, que Poblet todavía estaba en construcción a mediados del XIII y que Vallbona de les Monges va a tener unas reformas de las primitivas estructuras en el XIII[35].



Dormitorios y salas capitulares en Fontfroide, Santes Creus y Poblet

Concretando, se distinguen dos periodos en las estancias de dormitorio de las abadías catalanas: El primero, se sitúa entre finales del XII y principios del XIII donde los arcos diafragma arrancan prácticamente de la base (Vallbona en su fase más primitiva[36]) a la vez que se experimenta con

[35] GONZALVO Gener, *El monestir de Vallbona de les Monges*, en *L'art gòtic a Catalunya*. *Arquitectura*. Vol 1. Enciclopedia Catalana, Barcelona, 2002, pag 121.

[36] FUGUET Joan y PLAZA Carme, *El cister…* op cit, pag 38.

amplias estructuras de arcos con poco peralte (Santes Creus). El segundo, se sitúa a mediados del XIII, donde se investiga una proporción equililbrada en cuanto a luz y peralte (*Vallbona 2* y Poblet).

Cabe señalar que esta transición se produce en momentos de evolución del gótico meridional, en que dominicos y franciscanos producen, en las ciudades, interesantes estructuras de transición.

Estas estancias buscan la luz sobre las cubiertas laterales del claustro. En Poblet, un primer nivel de ventanales iluminan el plano de trabajo y dan vistas al claustro y al paisaje (dos pequeñas aberturas verticales en cada tramo), y un segundo nivel, con las ventanas cada dos tramos, modulando con un ritmo menor al establelcido por los arcos diafragmas, la percepción de un espacio interior extremadamente profundo. Vemos aquí una lección compositiva mediante la cual la luz puede ser tratada para usos domésticos así como para trabar y secuenciar la estructura.

Dormitorio de Santes Creus

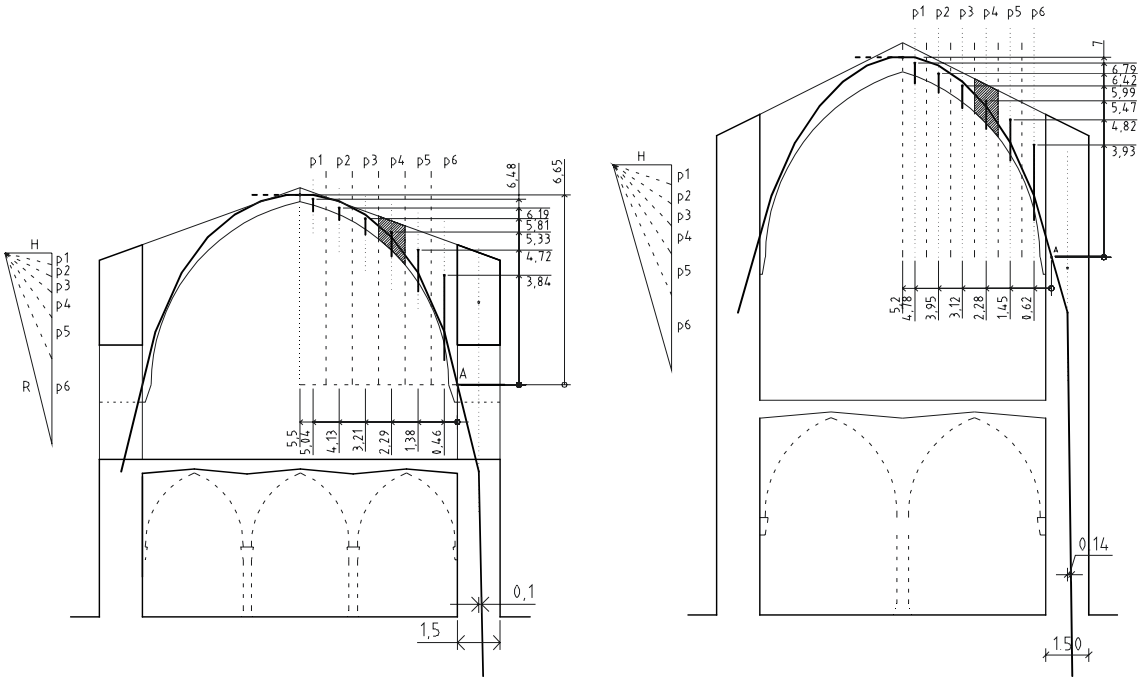
La forma de los arcos, sus peraltes, los espesores de material y las posiciones relativas de los elementos son significativas del tiempo en que cada uno de los dos modelos se construye:

Santes Creus es anterior, como se ha indicado antes, y así se interpreta al analizar la forma del arco: los centros de radios se aproximan al eje central del espacio; la posición de las ménsulas relativamente próximas al plano de base (a 2,40m), buscando mantener una altura global prudente respencto del suelo del nivel inferior, ya que la luz entre muros iba a ser mayor que en ninguna otra estructura (11,10m unas 9 alnas); finalmente, el espesor de las dovelas, así como el peralte del extradós, iba a ser mínimo. Todos estos parámetros formales alcanzarán, en Poblet, unos valores de menos riesgo constructivo. Es decir, se buscará un mayor grado de apuntamiento en el arco; su dovela va a crecer en dimensión, su luz se va a reducir y el peralte del trasdós va a aumentar. Con ello, podrá el maestro de Poblet ajustar mejor el espesor del muro lateral sin contrafuertes.

La toma de datos ha permitido comparar el grado de estabilidad que se produce en las estructuras de arcos diafragma de los dormitorios de Santes Creus y Poblet. Se ha comentado antes que, en Santes Creus, el maestro constructor amplía la luz interior, reduce el peralte del arco y sitúa sus ménsulas de arranque a una cota inferior, amplificando el espacio y acercando el plano de la cubierta, en comparación con el modelo de Poblet,.

La estabilidad de la forma se ha analizado dibujando uno de los polígonos de fuerza posibles que estén contenidos en la sección resistente. Como condición geométrica de partida, se ha impuesto que produzca una tangencia con la pared lateral (en el nivel de la ménsula) y con el punto central de la dovela que constituye la clave del arco.

De este modo, considerando las características geométricas particulares en cada caso, se obtiene un trazado de líneas contiguas cuya pendiente viene dada por el peso de cada sector de estructura, que ayuda a equilibrar los empujes exteriores.



Arcos diafragmas en dormitorios de Santes Creus y Poblet

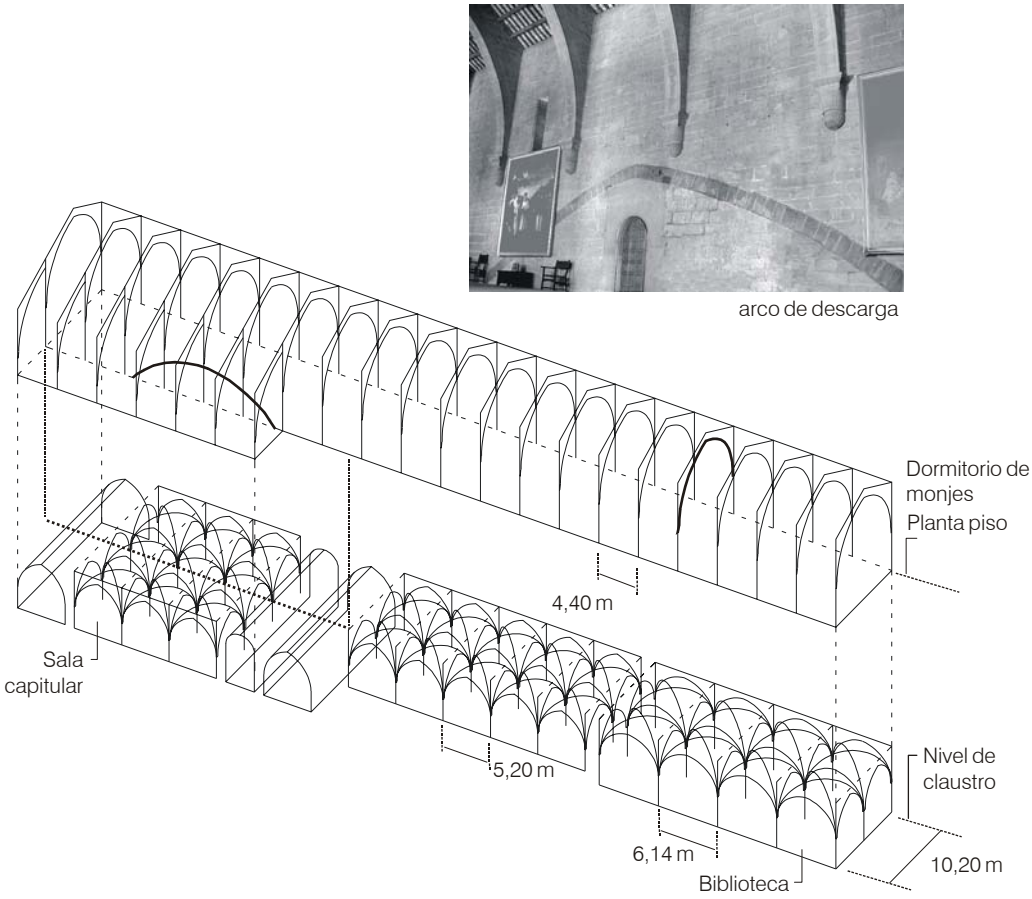
El resultado es que el modelo de Santes Creus muestra unas condiciones límite de la estructura: partiendo de la base de que un camino de fuerzas debe estar contenido, al menos, dentro de la sección material, en el arco de Santes Creus se producen dos condiciones de tangencias: una de ellas, cerca de la clave, por el extradós; otra de ellas cerca de la base, por el intradós. Esta situación límite no se produce en el arco de Poblet, donde la dimensión más holgada de las dovelas y del relleno superior (y sobre todo, el mayor peralte que se produce) facilita un camino más centrado de la línea de fuerzas, aunque en los mismos puntos citados antes se aproxima de nuevo a los límites.

4.4.6. SALAS SUPERPUESTAS

Hasta el momento, se han comentado una serie de construcciones que debían ser resueltas en un solo nivel. Los empujes de los arcos o las bóvedas debían ser neutralizados mediante unos muros atados al plano de base. Lo mismo ocurría en las iglesias. Sin embargo, las necesidades de mantener unos recorridos entorno a un solo claustro principal, aunque sea en varios niveles, produjo diversas tentativas, materializadas siempre en el caso del dormitorio que se sitúa sobre las salas prolongadas del transepto (con la sala capitular en el centro de ellas).

Un acercamiento a estas soluciones superpuestas será ilustrativo de la madurez estructural de este gótico meridional incipiente, en el que se decide usar estructuras ligeras (arcos diafragmas y cubierta de teja) en el nivel superior y estructuras pesadas (bóvedas de cantería) en el nivel superior.

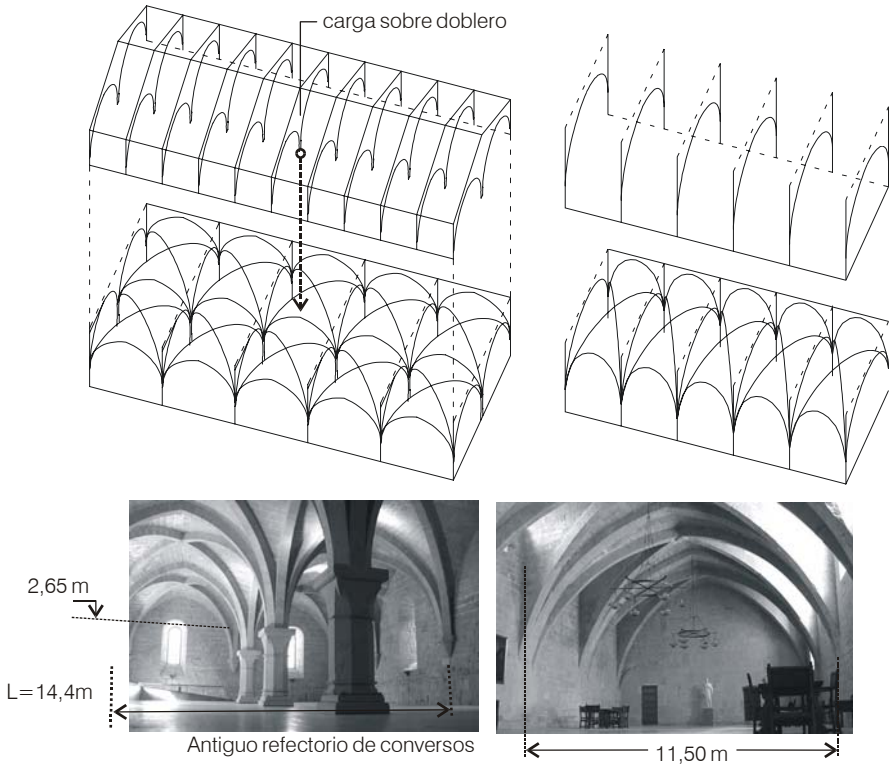
Dado que las luces de los arcos diafragmas quedan establecidas, en los modelos más evolucionados, entre 10 y 11 metros, esto producirá que el nivel de bóvedas situado bajo los anteriores deba subdividirse en al menos dos naves paralelas. Así se ha ilustrado para los casos de Fontfroide, Santes Creus y Poblet. Este esquema de nave amplia y ligera sobre naves paralelas y pesadas va a funcionar, lógicamente, mientras sus límites globales se mantengan. Esto es, mientras las gruesas estructuras murarias, con apenas resaltes de contrafuertes, coincidan en ambos niveles.



Cuerpo en el brazo Este de Poblet

Pocas objeciones, aunque bien interesantes, encontramos al principio básico enunciado antes. El primero de ellos, cuando la sala capitular de Poblet se extiende bajo el cuerpo de dormitorio para

definir una profundidad espacial mayor. Aparentemente, se trata de un inevitable incremento de esbeltez en el espacio interior si se observa la evolución producida desde la primitiva Fontfroide. ¿Cómo resuelve el maestro constructor de Poblet la necesidad de mantener el límite espacial superior del muro de dormitorio, cuando la sala capitular es más profunda? Sencillamente, haciendo coincidir el eje del muro con uno de los ejes de arcos formeros, y situando un arco de descarga empotrado en el muro superior, cuya función será la de distribuir la mayor parte de la carga proveniente de dicho muro y de los arcos diafragmas.



Cuerpos en el brazo Oeste de Poblet

Lavedan ya se había interesado por las aportaciones técnicas de estas estructuras superpuestas, señalando que todavía en el siglo XIV se siguen produciendo en Poblet. El caso que él señala es el del dormitorio de los monjes senior situado sobre la bodega, con dos naves paralelas y con arcos diafragmas que parten la luz apoyando sobre el centro, que a su vez descansa sobre los torales del nivel inferior[37]. Igual que en el caso del granero bajo el palacio real, unas pesadas bóvedas de crucería sirven de base para una estructura de diafragmas más ligeros en el nivel superior.

En este segundo caso, se trata de una estructura de bóvedas de crucería de luz máxima (11,50m, unas 9 alnas, mayor que los dormitorios con diafragmas de Santes Creus), con arcos torales extremadamente rebajados y a poca distancia entre ellos. En el nivel superior, unos arcos diafragma con extradós plano cargan sobre los muros laterales.

[37] LAVEDAN Pierre, *L'Architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléars*. Ed. H. Laurens, Paris, 1935 pag 38.

4.5. CONCLUSIÓN

En síntesis, estas construcciones cistercienses experimentan con formas y técnicas que manifiestan inquietudes en la búsqueda de técnicas, soluciones para resolver y estandarizar una manera de construir.

El siglo XIII resultará ser un periodo de gran actividad y expansión de la Orden, produciéndose una coincidencia temporal con las nuevas órdenes religiosas emergentes. Y cuando los dominicos o franciscanos, unas decenas de años más tarde, necesiten soluciones para las bóvedas nuevas, podrán referenciarse a las soluciones técnicas en los monasterios que tengan más próximos.

Del análisis de los arcos diafragma en Poblet y Santes Creus se deduce que el monje constructor de Santes Creus reduce la cantidad de material (mejorando por tanto los procesos y la economía de la obra) para formar un diafragma se mayor vuelo, llegando a una situación que, de haberse acentuado más, hubiera conducido al colapso. ¿Cómo llega el monje a calibrar esta situación límite? Sin duda, en base a su propia experiencia en obras similares, sean edificatorias o civiles (como espacios agrarios, conducciones de agua, puentes…) Unas obras, trazadas buscando optimizar la cantidad de material, tanto de los propios arcos como de sus muros y contrafuertes de soporte.

La fábrica gótica de los maestros cistercienses estará apoyada en una métrica local, que establecerá niveles estructurales e intentará condicionar el contorno interior y visible de la forma (aquel que siempre será medible y restituible) en base a las particiones de las canas en pies o palmos, como una *geometría fabrorum* vinculada a los procesos de la obra[38].

[38] RUIZ DE LA ROSA, José Antonio, *Traza y Simetria de la Arquitectura. En la Antigüedad y el Medievo.* Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1987. Pag. 335.

5. DE LA NAVE RAYMONDINA A LA CATEDRAL SOBRE EL TARN

5.1 INTRODUCCIÓN

Tolosa de Languedoc fue una de las ciudades más activas del Mediodía francés en la Edad Media. Durante el periodo de tiempo que se analiza, tienen lugar en él situaciones convulsas, conflictos religiosos y disputas políticas. A finales del XII, Tolosa y Barcelona se disputan la hegemonía del Mediodía francés. El vizconde de Carcassona, aliado de Barcelona era también protector de los cátaros. Si bien la herejía es denunciada por el conde de Tolosa, luego comete el error político de participar indirectamente en el asesinato del legado papal, lo que produce que la cruzada se reoriente contra él hacia 1208.

En el plano religioso, se crean nuevas órdenes religiosas que participan en la lucha de la cultura albigense. Será en 1229 cuando, para combatir la herejía, los dominicos apadrinan la fundación de la Universidad de Tolosa que consolidará junto con Montpeller y Narbona un nuevo eje de cultura meridional desplazado desde los centros monacales.

Los frailes menores o franciscanos llegan desde su origen en la península itálica y fundan en Tolosa el convento de los Cordeliers, y los frailes predicadores, dirigidos por su fundador Santo Domingo de Guzmán, adquieren unos terrenos dentro del recinto amurallado donde construir la iglesia jacobina.

Vista lateral de contrafuertes y tramo

Catedral de San Jaume de Tolosa

En general, las ciudades meridionales dispondrán de naves catedralicias de nueva planta, con las que competirán en envergadura las iglesias conventuales de los frailes, respondiendo a la necesidad de nuevos espacios de predicación y acogimiento para los fieles. Espacios de gran capacidad y con buen comportamiento acústico (los dominicos serán responsables además de la actividad inquisidora en la lucha contra los albigenses y necesitarán espacios para tal efecto).

En el plano urbanístico, el control de nuevos territorios se traduce en la fundación de bastidas, una actividad que se había iniciado en el siglo anterior pero que tiene su apogeo en el siglo XIII. Reconoceremos en las bastidas la célula compuesta de las aspiraciones de la cultura meridional. Varios niveles de complejidad (iglesia- entorno urbano- muralla) se irán enlazando, vinculando objetivos entre ellos.

La batalla de Muret y el tratado de Corbeil ponen fin a una situación en que los territorios del Midi estaban vinculados a la corona catalano-aragonesa, comunicados principalmente mediante vías de tiempos romanos.

Marcel Durliat[1], al referirse a Tolosa de Languedoc, describe el periodo de mutación y crisis que acontece en el XIII: un marco en que se insertan programas arquitectónicos derivados de la tradición constructiva meridional.

Las estructuras originales se han conservado y, aunque fragmentadas en algunos casos (la llamada nave raymondina), identificadas mediante levantamientos de época (nave franciscana) o resultado de fases constructivas superpuestas (naves dominicas), serán objetivo de esta parte del trabajo.

5.2 ESPACIOS *MODELO* EN EL CAMINO DE ALBI

En el periodo de tiempo situado entre la construcción de la nave raymondina y el inicio de la catedral de Albi, a finales del XIII, se producen en los territorios intermedios de la rivera del Tarn y el Agout unas experiencias que nos ayudarán a entender los primeros procesos de la arquitectura gótica meridional.

Catedral de Albi sobre el Tarn

Catedral de Gaillac sobre el Tarn

Son naves amplias que se añaden a preexistencias (como en el caso de Saint-Michel de Gaillac y su cabecera con deambulatorio), o bien que son ampliadas posteriormente por adición de cabeceras radiales, al modo que estarán habituadas las órdenes mendicantes (catedral Saint-Alain de Lavaur) o bien aquellas a las que se añade un nuevo cuerpo de cabecera de mayor dimensión (Santa María de Rabastens).

Recordemos que en este mismo periodo y en la misma región, la actividad constructiva de los monjes cistercienses no ha cesado, llegando a consagrar la iglesia de la basílica de Granselva a

[1] DURLIAT Marcel, *Reconversion et maturation. S.XIII*, dentro de *Histoire de Toulouse*. Toulouse, 1988. pag. 119-180.

mediados del XIII. Biget y Pradalier confirman que se trata de "*...la iglesia abacial de Grandselve y la catedral de Toulouse son dos obras paralelas, que ejercen su influencia recíproca...* [2]", y que llegarán a competir en amplitud interior de iglesia.

Destaquemos, en primer lugar, que todas estas iglesias muestran un primer esquema de recinto perfectamente rectangular, dividido en una serie de tramos que expresan grandes muros contrafuertes hacia el exterior: cuatro tramos en la iglesia de Rabastens y cinco en las de Lavaur y Gaillac, con espesores similares de muro lateral y de contrafuerte.

Vemos como se produce una evolución hacia un espacio interior de proporciones cada vez más esbeltas, con bóvedas nervadas de trazado regular, que culminará en la catedral de Albi, sobre lo que Durliat apunta el carácter indisociable con la arquitectura mendicante con: "*...Ciertamente, la filiación es tolosana, pero también se puede relacionar a otro tipo de iglesia meridional, a una fórmula puesta en marcha por las órdenes mendicantes, dominicanos y franciscanos...* [3]".

Una de las experiencias mendicantes sobre las que se ha investigado recientemente[4] es la iglesia franciscana de Lavaur, donde se produce un primer recinto formado por tres o cuatro tramos sin cabecera, al que se añaden en el siglo XIV nuevos cuerpos. También es el caso del recinto rectangular de la primera iglesia de los jacobinos (dominicos) de Tolosa, con la complejidad adicional de la nave doble, así como de la nave raymondina[5].

Ninguna de las naves citadas dispondrá en su inicio de capillas funerarias entre sus contrafuertes, e interpretamos este hecho como característico de la primera época gótica.

Así, en un primer momento los contrafuertes se manifiestan con toda su contundencia al exterior, habitualmente en lugares ya resaltados por la propia topografía, formando parte de los taludes y bancales artificiales que estas nuevas ciudades establecen junto a los ríos (En Saint-Alain de Lavaur, sobre el rio Agout; en Gaillac, Rabastens y Albi, sobre el Tarn).

Junto al río, en Albi, también se ubica el palacio del obispo, sobre el que Henri Pradalier y Durliat identifican "*... este tipo de contrafuerte que se utiliza de nuevo en la catedral, convirtiéndose en una seña de identidad, un principio de unidad formal para todo el conjunto constituido por el palacio y la catedral...*[6] ". Podemos entender la construcción de la catedral de Albi y de la iglesia de los cordeliers en Tolosa como la culminación de las experiencias de nave única en la región mostrando dos soluciones posibles en la ubicación de las capillas entre contrafuertes, de altura menor y completa entre ellos.

Santa María de Rabastens, iniciada entre 1235 y 1240, muestra un muro-campanario en la fachada principal, con una nave compuesta por dos fases constructivas que se manifiestan contundentemente en la ladera del río. En la parte primitiva de la iglesia, las bóvedas son cupuladas, sus diagonales acaban de forma cónica y los torales tienen gran presencia,

---

[2] BIGET Jean-Louis, PRADALIER Henri y Michelle, *L'art cistercien dans le Midi toulousain*, en *Les Cisterciens de Languedoc (XIII-XIVe s)* Cahier de Fanjeaux 21, 1986, pag 351.

[3] DURLIAT Marcel, *L'art ancien dans le département du Tarn*, en Congrès archéologique de France 140, Albigeois, 1982, pag 13.

[4] CARBONELL-LAMOTHE Yvette y AHLSELL DE TOULZA Guy*, Le couvent et l'église Saint-François de Lavaur*, en Congrès archéologique de France 140, Albigeois, 1982, pag 345 y sig.

[5] LAMBERT Élie, *Abbayes et cathédrales du Sudoest*. Toulouse, 1958, pag 95.

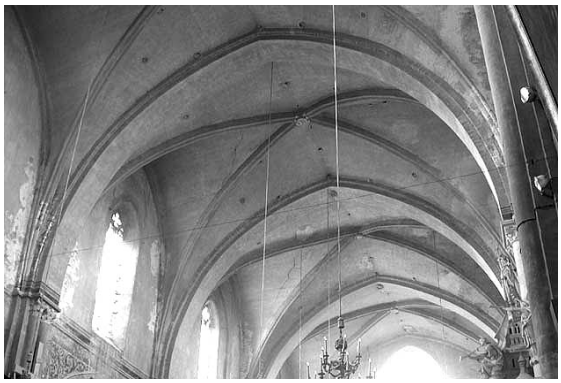
[6] DURLIAT Marcel, *L'art ancien dans le département du Tarn*, en Congrès archéologique de France 140, Albigeois, 1982, pag 12.

entregados sobre unas ménsulas y semicolumnas en el más puro estilo cisterciense. Las bóvedas, como toda la construcción, se forma con fábrica de ladrillo, de técnica similar a la catedral de Tolosa[7] .

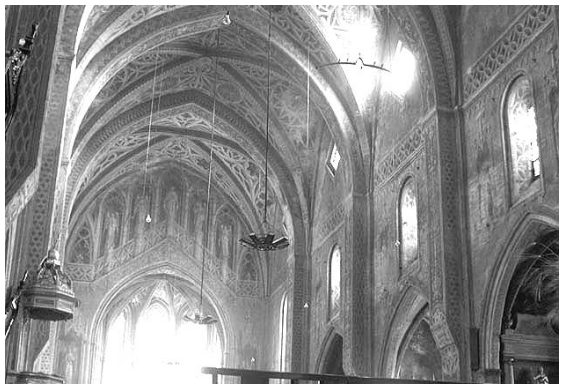
Notre-Dame du Bourg de Rabastens

Detalle de los contrafuertes

Cuando a principios del XIV se decide continuar y ampliar ésta con una nueva cabecera, "...*el rector de la universidad de Tolosa, Bernard de Latour, decide derribar el muro que cerraba la nave hacia el Este, construyendo un amplio coro en base al modelo de las iglesias tolosanas contemporáneas, la de los Cordeliers o la de los Jacobins*...[8]". Se pueden identificar nuevos procesos constructivos alcanzando distancias entre paredes hasta entonces no igualadas y para ello dispondrán de arcos de atado en la coronación de los contrafuertes.



Saint-Michel de Gaillac



Saint-Alain de Lavaur

Destacamos de Saint-Michel de Gaillac una forma de torales que responde a una curvatura primitiva, como en Sant Jaume de Tolosa. El diseño de la pilastra se compone de elementos prismáticos que concluyen en el capitel y que en ocasiones permiten la continuidad formal con el arco toral, como en Saint-Alain de Lavaur, iniciada después de 1250.

En Lavaur se combinan elementos murarios de preexistencias con recrecidos superiores, contrafuertes añadidos y bóvedas nervadas. Se ha conservado una acta de 1254 que describe el momento mediante el cual los cónsules de la ciudad prometen a los dominicos "… *la construcción, en un periodo de 5 años, de una iglesia suficiente para dar cabida a todos los*

[7] DROCOURT Daniel, *Le voutement de la nef raymondine de la cathédrale de Toulouse*, dentro de *La naissance et l'essor du gothique méridional au XIIIe siècle*. Cahier de Fanjeaux n.9. Toulouse, 1974, pag 65.

[8] AHLSELL DE TOUZA Guy, *L'église Notre-Dame-du-Bourg de Rabastens*, en Congrès Archéologique de France, Albigeois 140e, 1982, pag 399.

habitantes de Lavaur, y emplear anualmente 100 libras para la construcción…[9]". De este hecho debemos destacar que se equipara una medida de superficie con la necesidad de abarcar una población. Así, el espacio único meridional se caracterizará por su representatividad, en una época de crecimiento demográfico de las ciudades.

En todas estas iglesias catedrales, la forma de los tramos de bóveda será indicadora de su antigüedad. Rabastens, como la nave raymondina, pertenece a la primera época, en que destaca la forma cupulada de dichos tramos.

Con el tiempo, la construcción se racionaliza y los tramos de bóveda se convierten en sectores de cilíndro, como en el caso de Lavaur: la forma de una sola curvatura permite igualar el corte de las piezas en todas las hiladas y la de los materiales provisionales como encofrados reutilizables, incidiendo en la prefabricación y celeridad de la obra.

Los muros laterales de estas naves, una vez liberados de la rigidez de los sistemas de cubierta de cañón apuntado que venían experimentando los maestros cistercienses en sus iglesias, incorporan progresivamente ventanales en los paños de muro. Sus espesores variarán entre los valores de1,20 (Gaillac), 1,50 (Lavaur) y 1,65 m (Tolosa).

5.3 PERMANENCIA DEL CISTER DURANTE EL PROCESO

En las primeras décadas del XIII, la orden del cister tiene un papel político notable en la región tolosana. Foulques de Marsella, obispo de Tolosa y antiguo abad de Le Thoronet, es uno de los promotores. Como apunta Drocourt, "...*Los monjes adaptan regionalmente las realizaciones de la Orden en función de los materiales disponibles y de los principios arquitectónicos pertenecientes a la tradición local, potenciando ciertos elementos estructurales*...[10]". Sin duda se refiere al modo de adaptar el soporte (muro o pilastra) cuando se modifica su cubierta (de cañón apuntada) y se adapta a nuevos sistemas (bóveda nervada o arcos diafragma).

Pero la característica principal de estas bóvedas residirá en, "...*las diagonales entregadas en punta entre los dobleros en su nacimiento, procedimiento que les permitirá adaptarse a los soportes ya constituidos o en curso de ejecución*...[11]". Unas diagonales que anteponen el carácter funcional al ornamental, mediante secciones prismáticas rectangulares o cilíndricas que se entregan fusionándose con los dobleros, formeros o el propio muro.

En el caso genérico de la tradición hispano-languedociense[12], el nervio de la cubierta debía tener una continuidad formal hasta la base. Se recurrirá al uso de impostas y capiteles para establecer una transición entre los elementos nervados de la cubierta y los elementos prismáticos puros de los soportes o muros.

---

[9] AHLSELL DE TOUZA Guy, *La cathédrale Saint-Alain de Lavaur*, dentro de Congrès Archéologique de France n.140, *L'Albigeois,* Paris, 1985, pag 325.

[10] DURLIAT Marcel, *Le role des ordres mendiants dans la création de l'architecture gothique méridionale*, en Cahier de Fanjeaux, n 9, *La naissance et l'essor du gothique méridional au XIIIe siècle*, ed Privat, Toulouse, 1974, pag 72.

[11] DROCOURT Daniel, *Le voutement...* op cit, pag 63.

[12] LAMBERT Élie, *El arte gótico en España en los siglos XII y XIII*, ed Cátedra, 1977, pag 95.

Notre-Dame du Bourg de Rabastens

Catedral San Jaume de Tolosa

En la catedral de Tolosa, el toral tiene una sección de 110x70 cm por lo que abarca todo el espacio disponible en los capiteles reutilizados de estructuras anteriores. Geométricamente, vimos en el capítulo de introducción cómo los modelos más perfeccionados intentan igualar las claves de todos los arcos. Este planteamiento será correcto siempre y cuando la función del nervio diagonal asuma, mediante un dimensionado mayor, la capacidad para recoger su fragmento de bóveda y con una forma cercana al semicírculo.

En este caso, sin embargo, el comportamiento es más parecido a un fragmento de cúpula limitado verticalmente por cuatro planos cuyas aristas son los arcos dobleros y formeros. La dimensión importante del espesor de bóveda (40cm) de ladrillo dispuesto verticalmente como si de una pared curvada se tratara.

Los contrafuertes van evolucionando y ajustando su proporción, como se verá en diferentes modelos: originariamente su forma no deja de ser un pequeño resalte transversal de un muro con una capacidad de rigidez transversal todavía notable.

Cuando las naves meridionales empiecen a incorporar, después de varias décadas, las características capillas en el muro perimetral entre los contrafuertes, no harán más que interpretar el modelo cisterciense de Sylvanès, que dispone los contrafuertes hacia el interior, con unas capillas de cubierta en cañón transversales al eje de la iglesia: "... *allí se encuentra un ensayo sobre la bóveda nervada (en el crucero) y se constata la resolución de los problemas de estribado mediante un sistema de bóvedas perpendiculares unidas en la cabeza de los contrafuertes*... [13]".

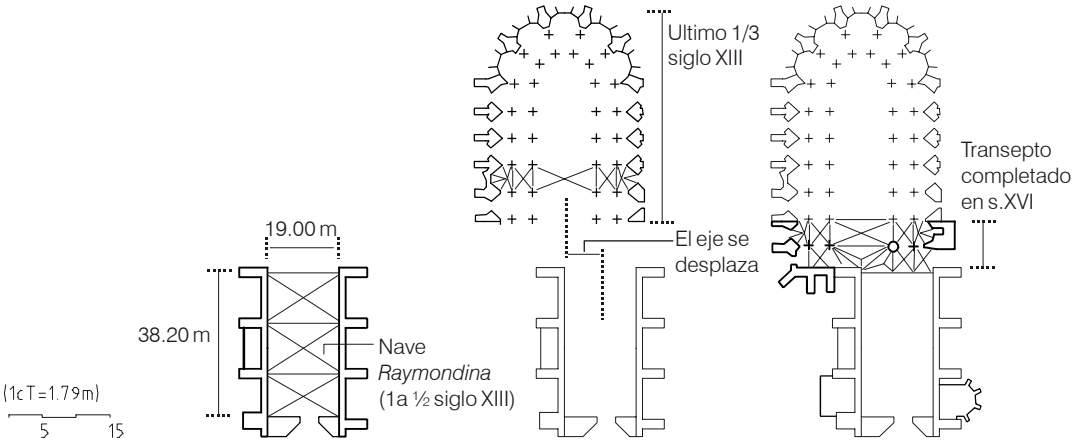
[13] BIGET Jean-Louis, *L'art cistercien…,* op cit, CF 21, pag 315.

5.4 LA CATEDRAL DE TOLOSA

5.4.1 ORIGEN DE LA NAVE LLAMADA *RAYMONDINA*

El lugar actual está caracterizado por elementos estructurales diversos que provienen de construcciones anteriores. Parte de estas estructuras se reutilizan, como los machones que forman las pilastras de los muros. Los contrafuertes, desiguales y disimétricos en altura se forman por adición sucesiva de componentes.

La parte de cubierta que se analiza es situada por Raymond Rey[14] y otros historiadores hacia principios del siglo XIII. Rey señala el origen lombardo de las bóvedas, construidas entre los años 1211 y 1213, durante el asedio de la ciudad, en el momento del exilio del Conde de Toulouse tras la batalla de Muret. Una datación temprana situada justo en el momento en que la lucha contra los albigenses tiene su epicentro en Toulouse, en la transición entre la primera y segunda décadas del siglo, que es superada posteriormente por las recientes investigaciones arqueológicas y formales[15].



Nave primitiva Ampliación del coro Terminación del transepto

La segunda fase se construye mediante tres naves siguiendo una ordenación de espacios más propia del gótico septentrional. Como en muchas otras construcciones, en el trazado de la segunda iglesia se adivina la intención de llevar a cabo una ampliación hacia la antigua nave raymondina, llegando hasta el espacio actual de la plaza. Al no ser así, se produce en la actualidad un espacio de transición que refleja la diferencia entre ambos estilos a la vez que acentúa el valor de la nave primitiva.

Cazes, Carbonell y Pradalier[16] afirman que la primera fase de la obra, datada entre 1217 y 1219, estaba culminada con una cubierta de madera. No concretan si poseía arcos diafragma. Es probable que así fuera si se tiene en cuenta la separación existente entre las paredes desnudas laterales, de un valor próximo a los 19 metros, difícil de asumir mediante las secciones de madera de los bosques que abastecían la región (a no ser que se introdujeran dos niveles de estructuras, formados por vigas y correas, entre los diafragmas)

---

[14] REY Raymond, *L'art gothique du Midi de la France,* H.Laurens, Editeur, Paris, 1934, pags. 72.

[15] DROCOURT Daniel, *Le voutement*…. pag 63.

[16] CAZES Daniel, CARBONELL-LAMOTHE Yvette, PRADALIER-SCHLUMBERGER Henri, *Recherches sur la cathédrale de Toulouse,* Mémoires de la Société Archéologique du Midi de la France, t.XLIII, 1979-80, pag 115.

Esta posibilidad de una primera estructura de madera se encuadra en las tendencias constructivas los territorios meridionales, y es coherente con las primeras fases de las construcciones de órdenes mendicantes establecidas en la ciudad pues ellas fueron cubiertas inicialmente del mismo modo.

El análisis que realiza Drocourt sobre las formas visibles (pilastras, contrafuertes, arcos, ventanas...), y sobre el tipo de aparejo visto en el extradós de las bóvedas le hace concluir que el periodo de ejecución de la nave es más dilatado de lo que hasta el momento se había establecido (segunda década del XIII), pudiendo incluso distinguir más de una fase constructiva, con un tramo más situado en la parte oriental, situando el final de la construcción hacia la mitad del siglo XIII.

De la misma escuela constructiva se pueden catalogar construcciones próximas a este epicentro como son la iglesia de Saint-Alain de Lavaur, Notre-Dame-du-Bourg de Rabastens y las iglesias de Gaillac (situadas en el eje de conexión con Albi).

5.4.2 FORMA DE LA CUBIERTA

La nave de Tolosa sigue el modo primitivo de las bóvedas angevinas construidas en las primeras décadas del XIII, en que unos fragmentos de cúpulas son seccionados mediante cuatro planos verticales (que corresponden a arcos torales y formeros) y donde se incorporan unos nervios diagonales que, si la superficie actúa como cúpula, éstos tan sólo servirán como transición en las diversas direcciones de las hiladas de piedra o ladrillo dispuestas.

Saint-Serge de Angers[17] es uno de los ejemplos más conocidos de este modo de construir, cuya forma será perfecta cuando el tramo sea cuadrado (en su caso, la nave central) y que deberá deformarse cuando el tramo sea rectangular, (naves laterales de Angers).

Como en algunas construcciones cistercienses (Santes Creus y salas de dormitorios), el efecto de ménsula creciente de grandes dimensiones que sirve como plataforma de arranque de los arcos es notable. Se entiende la función del muro lateral que recoge unos sectores de bóveda de directriz curvada, y que incorpora unos ventanales de dimensión entre el tercio y cuarto del lienzo de pared, una proporción muy alejada a los valores del gótico del Norte.

La forma sensiblemente cupulada es identificable en los fragmentos de bóveda limitados por dobleros, formeros y diagonales. Si se añade a este aspecto que las cotas de claves de arcos se sitúan a diversas alturas, se puede concluir que se trata del aspecto más primitivo de la construcción, que recuerda las naves moduladas abovedadas de directriz lineal.

Daniel Drocourt apunta algunos aspectos esenciales en base a sus inspecciones sobre las bóvedas de la nave de Tolosa y de Rabastens[18]. Se utiliza el ladrillo macizo con el canto o la testa enrasados en intradós, y con una junta de mortero de gran dimensión, produciendo un volumen de mortero casi equivalente al del ladrillo. La masa de mortero permite una mayor adaptabilidad a formas geométricas a la vez que su mayor elasticidad permite absorber las deformaciones de la fábrica de forma más eficaz.

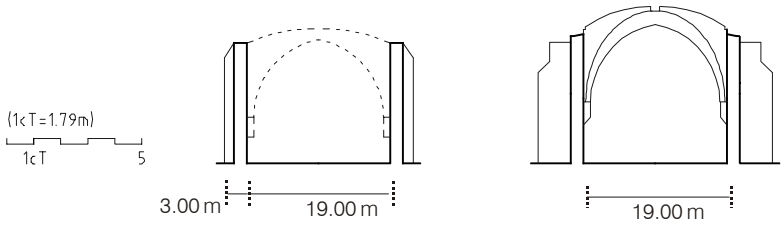
---

[17] ERLANDE-BRANDENBURG Alain y MEREL-BRANDENBURG Anne-Bénédicte, *Histoire de l'architecture française. Du Moyen Age à la Renaissance,* Ed Merges, 1995, pag 301.

[18] DROCOURT Daniel, *Le voutement...* op cit, pag 68.

Sección longitutudinal[19] y vista general de la nave.

Dado que no han quedado restos de la abadía de Grandselva, se conoce que coincidió en el tiempo con la obra de Sant-Jaume de Tolosa, apreciándose algunas similitudes dimensionales: los espesores de sus muros laterales eran similares, entre 1,60 y 2,00 m; los tramos de longitud cercana a los 12 m, y con una anchura cercana a los 19 m; y unos contrafuertes de base entre 2,50 y 3,00. La forma del tramo en planta es muy similar por lo que, como apuntan algunos autores, el mismo maestro podría haber trabajado en ambas obras[20].



Grandselve Nave r*aymondina*

Las diferencias entre ambas naves estriban en tan solo la dimensión longitudinal de los contrafuertes, de tan sólo unos 3,00 m en Grandselva, y en la disposición de un zócalo alto sobre el que se levanta una columna empotrada para recibir la ménsula del toral (al modo de Fontfreda Poblet) y que bien podría haber sido reinterpretado en construcciones como Rabastens.

El contrafuerte de Sant-Jaume muestra una desproporción respecto de la luz de los arcos, en parte debida a la robustez de los nervios así como a la propia forma que genera empujes máximos al acercarse al modelo de medio punto. Es posible imaginarse un control experimental de su dimensión, mediante modelos a escala o incluso experimentando con la propia estructura hasta precisar una dimensión longitudinal de los contrafuertes

Como en las naves cistercienses o en el gótico primitivo hispano-languedociense, el muro lateral no es despojado de su carácter de elemento de sustentación de la bóveda y, aunque progresivamente se va perforando más, mantiene un espesor significativo.

[19] Dibujos consultados en el Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine de Toulouse.

[20] DROCOURT Daniel, *Le voutement...* op cit, pag 65.

Geométricamente, la nave de Tolosa es de difícil análisis pues se producen variaciones en cada uno de los arcos torales, con desviaciones respecto del eje axial. Teniendo en cuenta que el patrón de la ciudad en aquella época, la cana de Tolosa, tiene un valor de 1.796m, podemos señalar que se produce una diferencia de nivel de 1,79m entre los torales y las claves diagonales.

La directriz curva de los sectores de bóveda puede entenderse por la tradición en estructuras autosostenidas que existía en la región, donde se intentaba construir con la menor cantidad de material auxiliar y en la que se conocía que, cuando se trazaban superficies, un mayor grado de curvatura (la bóveda respecto del plano, o la cúpula respecto de la bóveda) suponía mejorar de modo natural su estabilidad tanto durante el montaje como una vez terminada, ya que ofrecía una mayor rigidez ante agentes externos.

El siguiente cuadro muestra el resumen de las medidas tomadas:

	Luz arco	Base arco	Eje-Radio	Radio	Flecha	Cota clave
Doblero	17.24, 17.21	8.86, 8.91		9.44, 9.47, 9.50	9.52	18.38
Formero	13.43	9.27		9.55, 11.29		17.89
Diagonal		8.86		11.52	11.31	20.17

En efecto, el espacio cúbico medido transversalmente tiene una base métrica de la época que define los planos estructurales esenciales, como el plano formado por las claves de arcos así como la luz total de los mismos (10 canas).

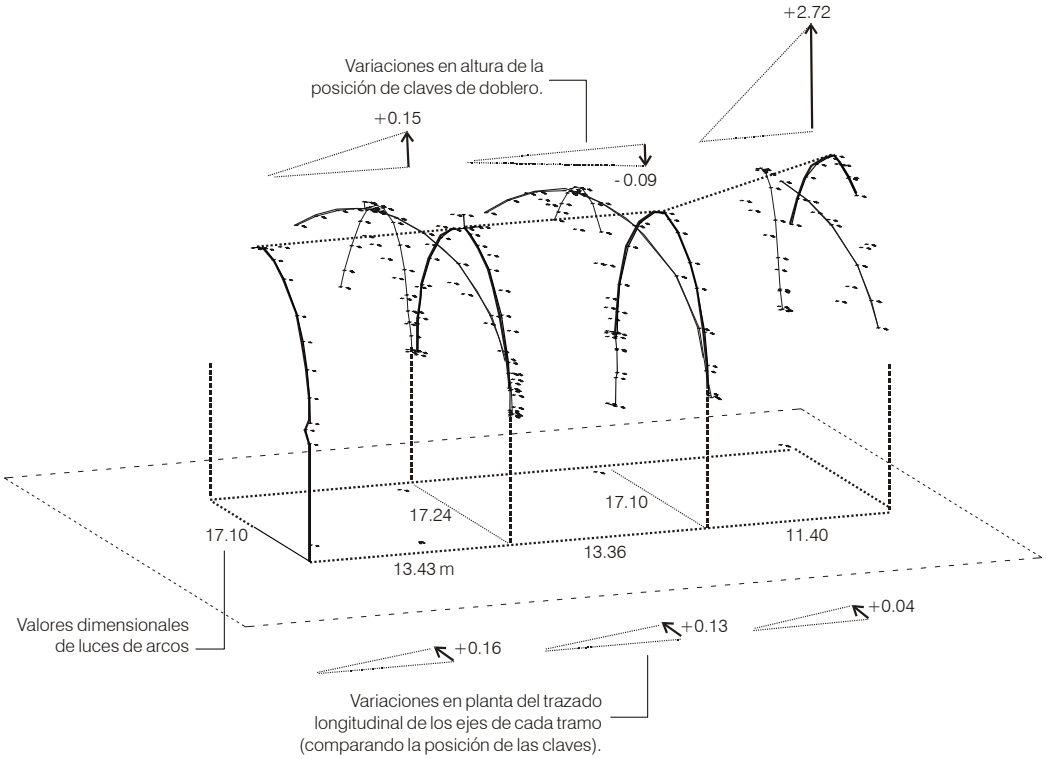
Se han medido los valores de radios dobleros, formeros y diagonales. Mientras que los dos primeros tienden a coincidir, el tercero presenta un valor diferenciado, lo que obliga a mantener dos estructuras de cimbras que no son intercambiables. Además, si se analiza la posición relativa del centro del radio del arco doblero principal (toral) respecto de la luz total, el valor resultante es reducido, del orden de 1/9 parte, y se aproxima al valor de la cana de Tolosa.

Esto implica que, por un lado, la cana local es capaz de condicionar medidas estructurales esenciales a la vez que posiciones de arcos de cuerda o cimbras de madera que finalmente dejarán de ser visibles. Por otro lado, un valor pequeño de esta medida implica que el arco construido será muy próximo al arco de medio punto, lo que supone un nivel de estabilidad menor respecto de arcos que tengan un grado mayor de apuntamiento.

Los arcos dobleros conservan el valor del radio. Sin embargo, los arcos formeros no lo hacen debido a las oscilaciones en dimensión longitudinal de los tramos así como las propias variantes en las curvaturas que incluso producen cotas de claves diferenciadas.

El gráfico analiza las oscilaciones de luces básicas, así como las variaciones de trazado horizontal y vertical de la clave de arcos dobleros. Algunos autores destacan los 19 metros de separación entre paredes laterales que superan las naves salón predecesoras en el mediodía francés como Fréjus (aprox 12m), Le Thor (10.40m) y La Róele (15.50m) .

Sin embargo, conviene distinguir entre la distancia entre paredes (19,00m) y el valor libre entre arranques de arcos dobleros o torales (17,20m). Debido a la robustez de los nervios torales rectangulares el segundo valor se reduce respecto del primero, aproximándose a valores propios de las obras cumbres del gótico meridional, cuando la técnica que aquí se está experimentando ya esté dominada y consolidada.



Catedral de Tolosa. Variaciones métricas de los módulos.

Drocourt había indicado que el arco nervado diagonal correspondía a una curva próxima al semicírculo, interpretando probablemente cierto estado primitivo que no regula este valor geométrico. La imagen anterior muestra cómo en realidad se trata de dos arcos independientes geométricamente con el mismo radio pero distinto centro, con lo que el trazado de la cimbra de soporte puede ser la misma.

Para Drocourt se trata de una estructura que refleja cierta complejidad. Su análisis de los restos encontrados en trasdoses de bóvedas y de la observación de diferencias formales de los elementos estructurales concluye que originariamente debía haber al menos un tramo más, en la situación actual del transepto, diferenciando dos etapas constructivas separadas por varias decenas de años, entre los dos tramos al Este (zona del transepto) y los dos tramos al Oeste (fachada acceso.

El espacio resultante es una nave única. Se trata de un espacio salón o secuencia de una serie sencilla de tramos rectangulares remarcados mediante nervaduras de corte prismático simple de gran envergadura.

5.5 LOS JACOBINS

5.5.1 LA ARQUITECTURA MENDICANTE

El desarrollo económico que tiene lugar durante el siglo XIII produce un incremento demográfico en las ciudades. En ellas se desarrollan nuevos arrabales y *vilanovas*, espacios que se incorporan a nuevas cintas de murallas. Las nuevas orientaciones culturales y religiosas como el catarismo son combatidas por los monjes mediante la predicación, y nuevos lugares de protección y de culto se construyen en poco tiempo

Además, con pocos medios, puesto que los promotores, las órdenes mendicantes (principalmente dominicos y franciscanos), no dispondrán de capital para ello en un principio. Como expone Carmen Manso, "...*de hecho, en esta primera etapa, dominicos y franciscanos, por falta de recursos económicos, suelen adecuar a sus necesidades los edificios cedidos o levantar templos, sencillos y pequeños, destinados al oficio coral y divino. La provisionalidad y la desaparición de estas fábricas, a partir de la segunda mitad del XIII, se debe esencialmente al empleo de materiales pobres y perecederos*... [21]". En el ámbito catalán[22], Manso apunta que "... *los franciscanos reutilizan edificios existentes hasta finales de la década de los treinta o construyen pequeñas capillas, como la de San Francisco de Mallorca*. .. [23]"

Cordelies de Toulouse

Jacobins. Exterior de la cabecera

El primer desarrollo es liderado por la comunidad dominica, por su obligación como canónigos regulares de poseer espacios propios permanentes para predicar (los franciscanos orientaban sus tareas hacia una vida de mendicidad, austera y humilde).

La generosidad en donaciones y limosnas se debe en parte a la incorporación al programa de las iglesias conventuales de lugares privados de enterramiento. El éxito de esta fórmula hace que se perfeccione un dispositivo de capillas entre los elementos de soporte (contrafuertes) en todo el perímetro de un espacio salón único. Con el transcurso del tiempo, los espacios mendicantes se iran parcialmente *privatizando* para uso funerario de las nuevas familias burguesas.

---

[21] MANSO Carmen, *Santiago de Compostela y la arquitectura mendicante,* Actas del Coloquio de la Carl Justi-Vereinigung de Gotinga, 1994, Ed Vervuert – iberoamericana, 1999. pag 64.

[22] Algunas fundaciones de franciscanos en Cataluña son: Barcelona (1219), Lleida (1225), Mallorca (1238), Perpiñán (1242) y Tarragona (1250).

[23] MANSO Carmen, *Santiago...,* op cit. pag 63.

En sus inicios las reglas obligan a reducir al máximo sus espacios de predicación a la vez que a eliminar los motivos decorativos. Estos condicionantes son abolidos hacia el último cuarto de siglo, permitiendo a los monjes constructores y promotores equipararse con las grandes empresas que se llevan a cabo en la ciudad.

Este trabajo analiza como interrelacionan las formas que producen ambas órdenes religiosas entre ellas, para crear unas fórmulas arquitectónicas modélicas que podrán ser aplicadas en grandes construcciones. De modo más concreto, se podrá ver tras estas líneas cómo pueden influir los modelos de *Jacobins* y *Cordeliers* en obras como la catedral de Albi.

Meersseman[24] considera el primer periodo de los dominicos como de gestación, entre 1216 y 1240, tiene en el capítulo de Paris de 1228 un impulso especial para las normas de iglesias y conventos. Se construyen Tolosa, Bolonia, Santiago y Santarém.

En 1228, el Capítulo General de Bolonia establece unas alturas máximas en edificios conventuales. Estos valores se indican en pies, que en metros pueden oscilar entre 4,20 y 7,70 en función de que la construcción incorporare un piso superior como dormitorio. Y en el caso de las iglesias, el valor variaba entre 10,50 y 11,40m. Durliat señala como estos valores pueden condicionar el transcurso de una obra[25].

Formalmente, las cubiertas de madera incorporan progresivamente arcos diafragma formados por arcos adovelados que soportan dos pendientes de cubierta de madera.

En 1258, el Capítulo General se celebra en Tolosa y ratifica los valores establecidos hasta el momento. Por tanto, veinte años después de su creación, los dominicos deben expresar su convicción en los principios de contención y pobreza para combatir la presión reinante. Reinaban en el ambiente nuevas orientaciones que demandaban dimensiones acordes con las necesidades de espacio, iluminación natural, difusión de la voz en la predicación y espacios privados para enterrar a los fieles.

Dos años más tarde, en 1260, el capítulo se celebra en Narbona y por vez primera se aceptan las bóvedas nervadas, aunque inicialmente limitadas a los ábsides de las naves, manteniendo la nave con arcos diafragma de piedra y cubierta a doble vertiente. Será significativo que al año siguiente, en el capítulo de Barcelona de 1261, llega a establecer sanciones a los expertos, responsables de controlar y ejecutar las obras, que sobrepasen las limitaciones establecidas.

Algunos autores como Montagnes establecen el final de la etapa de duras restriccionos con el final del mandato del Humbert de Romans, en 1262, para quien los edificios debían ser *mediocres domos et humiles habeant fratres nostri.*

Sin embargo, en Lyon, en 1271, el concilio defiende la necesidad de abolir las normas más estrictas. Este puede considerarse el punto de inflexión que afectará a todas las construcciones mendicantes de occidente. Se inician las reformas de mayor envergadura. Poco a poco se van

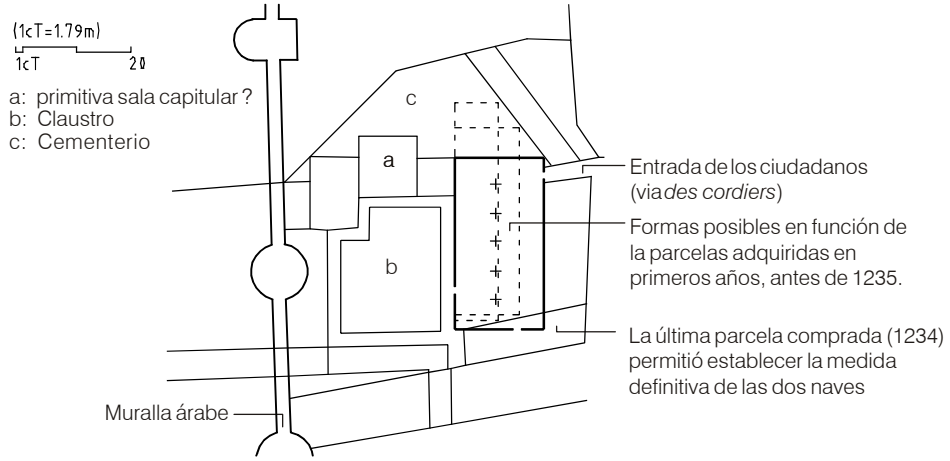
[24] MEERSSEMAN Gilles-Gérard, *l'architecture dominicaine au XIIIe siecle*. Législation et pratique, en Archivum Fratrum Praedicatorum XVI, 1946, 136-190.

[25] DURLIAT Marcel*, Le role des ordres mendiants dans la création de l'architecture gothique méridionale;* i PRIN Maurice, *L'église des jacobins de Toulouse: les étapes de la construction*, en Cahier de Fanjeaux n.9. Toulouse, 1974.

aboliendo las restricciones hasta quedar en desuso definitivamente en los capítulos generales de Venecia 1297, Metz 1298 y Marsella 1300[26].

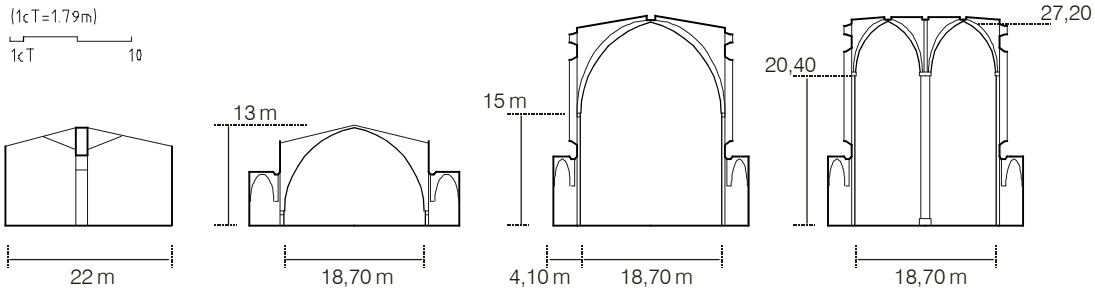
5.5.2 EVOLUCIÓN DEL MODELO

La implantación se produce en un lugar limitado por la antigua muralla, un cementerio, parcelas irregulares y una calle que servirá de acceso a los ciudadanos. Más restricciones parcelarias no podían producirse. La forma del claustro primitivo será irregular, adaptándose pequeños cuerpos a su alrededor y situando una doble nave que conecta con la ciudad y con el claustro para uso público y privado respectivamente.



Entorno urbano primitivo

La construcción pretende alcanzar unos objetivos prioritarios: el primero referido a una área de ocupación máxima dentro de la forma de parcelas disponible; el segundo referido a un coste mínimo de la obra; el tercero, sobre mantener buenas conexiones con la ciudad, sobre todo a través de la via *des cordiers* [27]. Si la altura estaba limitada a la altura de 11.40m y los materiales debían ser austeros, la cubierta de madera a dos aguas respondía a estas exigencias de simplicidad y economía constructiva. La variante que propone Sundt para culminar los pilares consiste en unos arcos de dovelas, sobre los que se apoyaría la estructura de madera, en base a modelos de otras construcciones dominicas contemporáneas. En este primer modelo, no se necesitan estribos, ya que no se producen empujes.



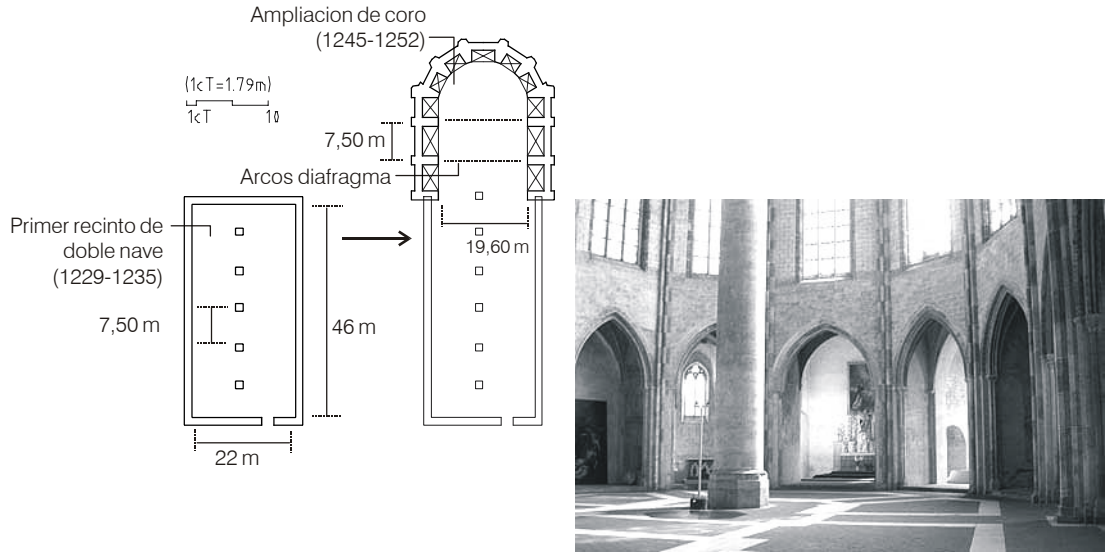
Recinto primitivo | 2a campaña. Propuesta de diafragmas. | Tercera campaña, 1er modelo final proyecto de nave única.

[26] MONTAGNES Bernard *Architecture dominicaine en Provence*. Ed. du CNRS. Paris, 1979, pag 71.

[27] Redibujo de gráfico publicado por SUNDT Richard, *The Jacobin Church of Toulouse and the Origin of its Double-Nave plan,* Art Bulletin June 1989, vol.LXXI n.2, pag 199.

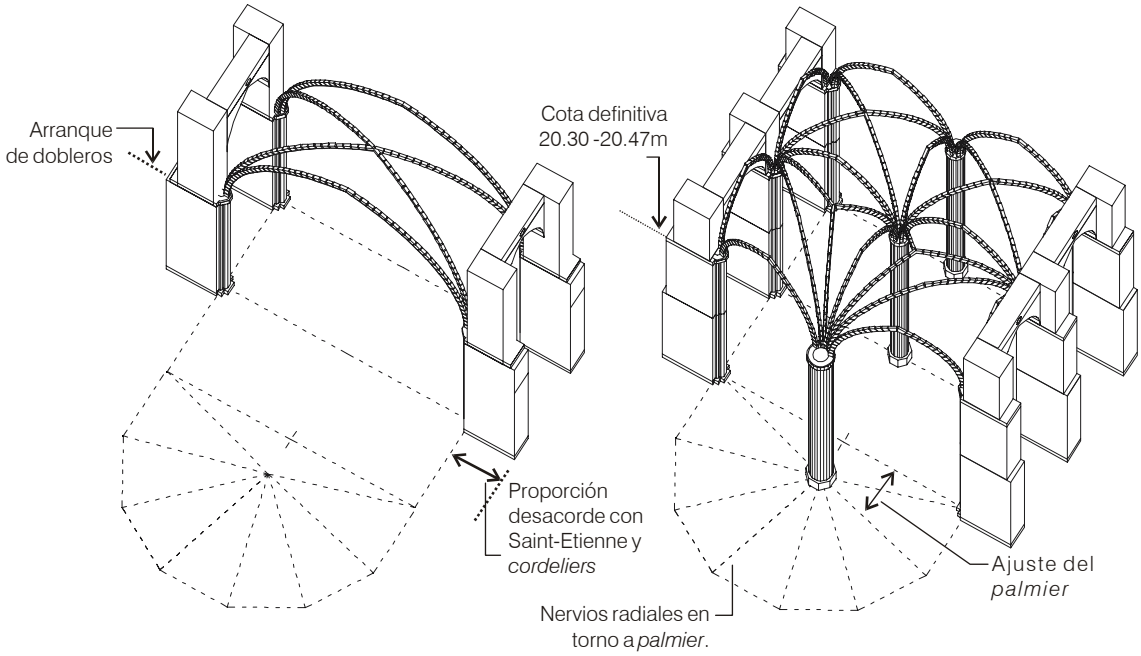
Hipótesis de modelos construidos en las campañas sucesivas.

Tras una primera construcción de recinto rectangular y doble nave paralela de dimensión desigual, la comunidad propone una ampliación entre los años 1245 y 1252 mediante un nuevo coro que primero es cubierto con arcos diafragma a una altura permitida por las normas establecidas.



Primera (1229-1235) y segunda campaña (1245-1252).

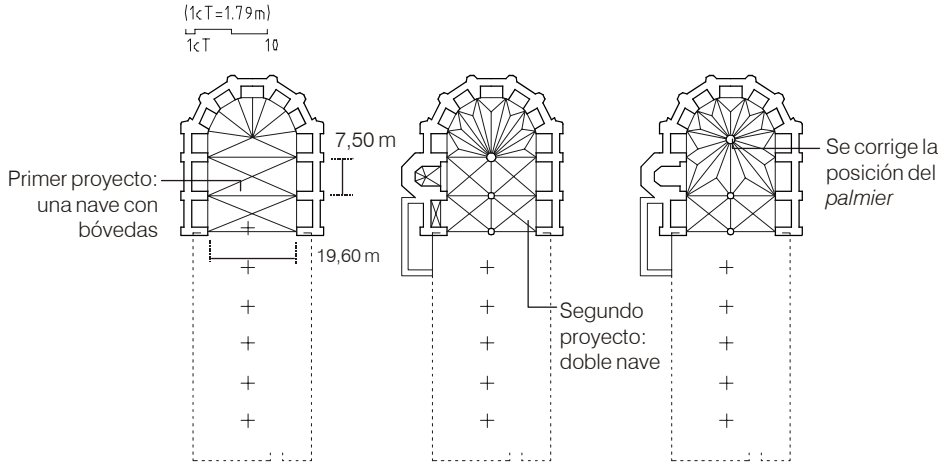
Posteriormente proponen, en 1275, un proyecto de nave única en el espacio del coro que no llegará a terminarse nunca aunque sí se ejecutará parcialmente (el llamado por Prin como primer proyecto de la tercera campaña).



Evolución formal de cubierta en tercera campaña.

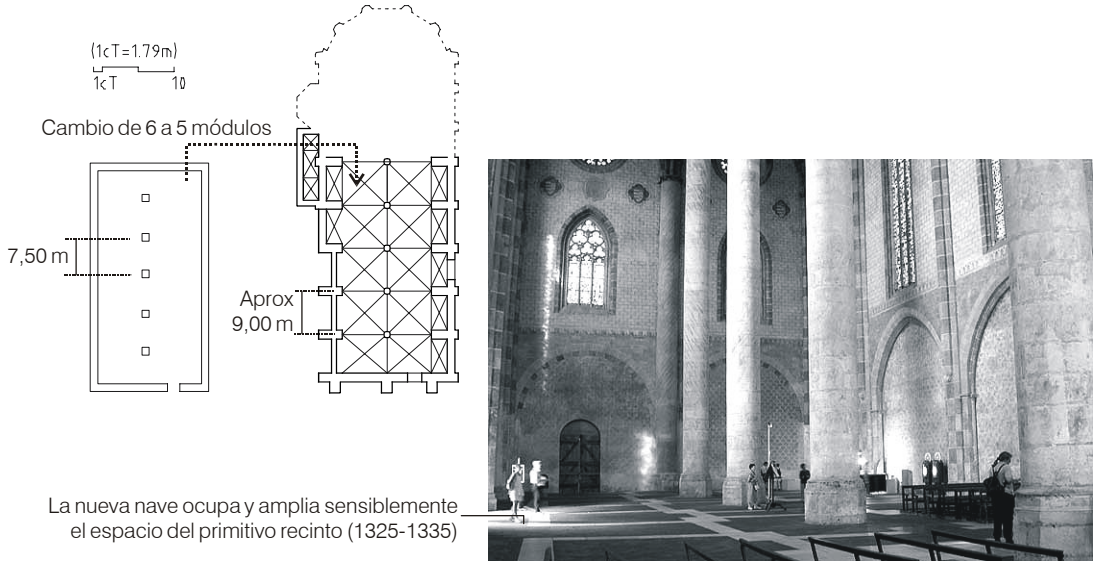
Éste es modificado con celeridad, entre los años 1275 y 1278, recuperando el concepto de doble nave y el uso de los soportes centrales, con un lenguaje de nervaduras y definición de capillas

muy similar al proyecto de los cordeliers, continuando los trabajos hasta 1292 en que se terminan las tres primeras columnas, incluida la corrección en la posición de la primera de ellas[28].



Proyectos diversos en la tercera campaña (1275-1292).

La simetría de las naves correspondiente al proyecto finalmente establecido en la tercera campaña es una corrección remarcable en la forma del modelo primitivo, imprescindible para equilibrar los empujes de ambas naves. Este hecho se puede interpretar como una intuición constructiva que conocían los maestros de la obra, que antepone en este caso técnica a función para alterar una proporción entre naves que se había demostrado eficaz[29] (menor dimensión para la nave de los monjes, mayor dimensión para la nave del pueblo).



Cuarta campaña (1325-1335).

Cien años después que se hubiera iniciado la construcción, ya bien entrado el siglo XIV, el cardenal Pierre Godin promueve y dirige la continuación de la obra, demoliendo las paredes

[28] PRIN Maurice, *Les Jacobins*, acta del *Congrès Toulousain et Comminges* celebrado en 1996, publicación de la *Société Française d'Archéologie*, pag 181.

[29] Iglesia del convento de Saint-Jacques de los dominicos en Paris y del convento de dominicos en Agen (datada entre 1254 y 1283).

laterales e introduciendo una nueva dimensión en la longitud de los tramos. Su importancia es comparable a la que había tenido varias décadas antes el obispo Castanet de Albi[30].

La nave primitiva podía haber servido de plataforma de trabajo para la cubierta definitiva, ya que los nuevos pilares no coinciden con los primitivos. Sin embargo, en la cabecera debieron utilizar un sistema independiente de cimbras o encofrados deslizantes, sin tener la ayuda de una plataforma previa.

5.5.3 MEDIDA Y FORMA

Los cambios de modulación se traducen en fachada mediante distorsiones en posicionado de contrafuertes y en cambios en la cota de altura de las bóvedas de la capilla y por tanto de su tejado coincidiento con la transición entre la nave primitiva y nueva.

El sistema de arcos en coronación de contrafuertes aportan una masa de macizo sobre una base reducida y tiene sus parelelismos en la arquitectura meridional de iglesias fortificadas y algunas iglesias abaciales.

El resumen de las medidas tomadas es el siguiente (valores en metros)[31]

	Luz arco	*Imposta*	*Eje-Radio*	*Radio*	*flecha*	*Clave arco*
Doblero	8.62	20.30 y 20.47	6.43 / 2	7.57, 7.62 (a1)	6.83	+ 27.26
				7.32, 7.51 (a2)		
Formero en muro	6.08	22.74	1.71	4.75	4.44	+ 27.18
Formero entre naves	6.09	21.45	6.09 / 2	6.08	5.27	+ 26.72
Diagonal				7.07, 7.12		+ 27.29 y + 27.56

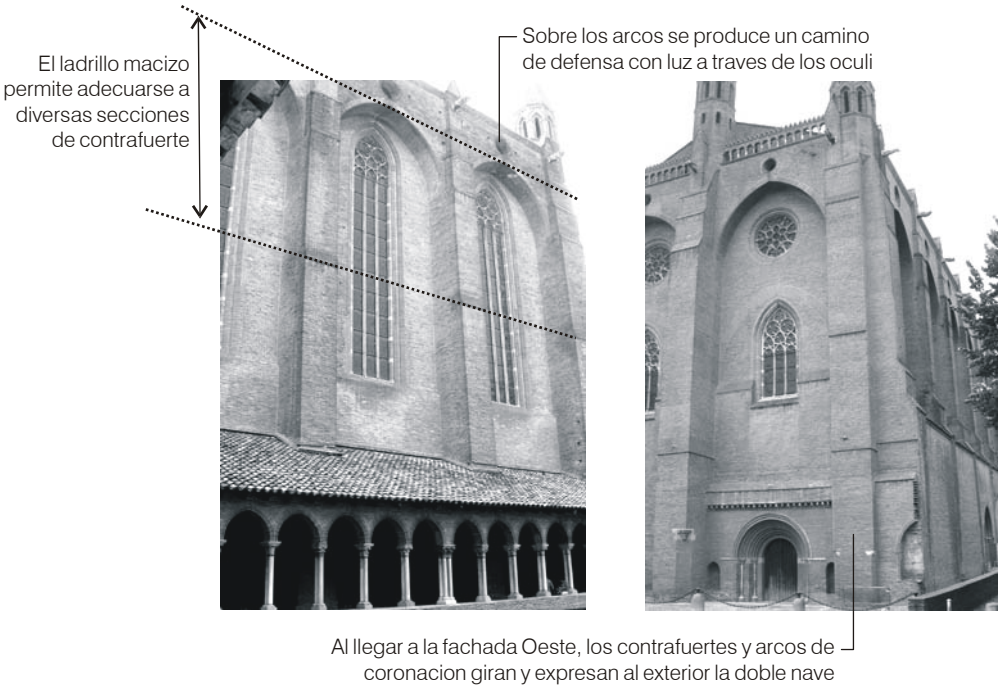
Cuando la nave primitiva es demolida, se reduce en una unidad el número total de tramos respecto de la nave primitiva, lo que se interpreta como una adecuación al sistema de bóveda nervada. Varias razones la justifican. Por un lado, la forma de los nuevos tramos se aproxima al cuadrado, con lo que los arcos torales y dobleros pueden ser construidos en base al mismo patrón. Además, se produce una economía en la estructura al eliminarse un soporte formado por pesados tambores de piedra que debían transportar desde la lejana cantera (a unos 400 km, en los Pirineos) [32]. Finalmente, se produce un aumento en la transparencia lateral y la sensación de unidad espacial.

---

[30]El cardenal Godin fue además promotor de las ampliaciones de Saint-Etienne y de otras iglesias dominicas. Estaba bien relacionado con los papas Clemente V y Juan XXII, llegando a ser *lecteur* en Avignon en 1306, cardenal en Albi en 1312, obispo en Sabine en 1317 y legado pontificio de Valladolid en 1322.

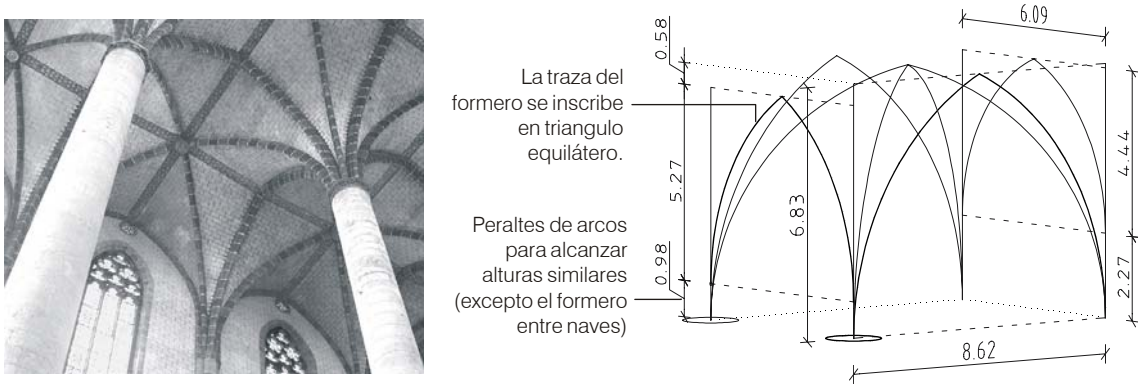
[31] Se han tomado lecturas taquimétricas del tramo adyacente a la cabecera. La singularidad de éste reside en que es el primero en ejecutarse cuando se amplia la nave y en que uno de sus pilares define el extremo del área respecto de la cual se posicionará el *palmier*.

[32] Según información facilitada por Maurice Prin.



Fachada a claustro y Fachada Oeste.

Dado que los contrafuertes estaban supuestamente construidos antes de retomar el modelo de dos naves, el proceso de ajuste de las formas de arcos debió ser diferente al habitual: si en el proceso genérico parece claro la utilidad de fijar la posición de arranque y la luz de los arcos, aquí debía buscarse un equilibrio entre unas columnas centrales de gran esbeltez, unas formas de arcos que fueran construibles y controlables a una altura fuera de lo corriente.



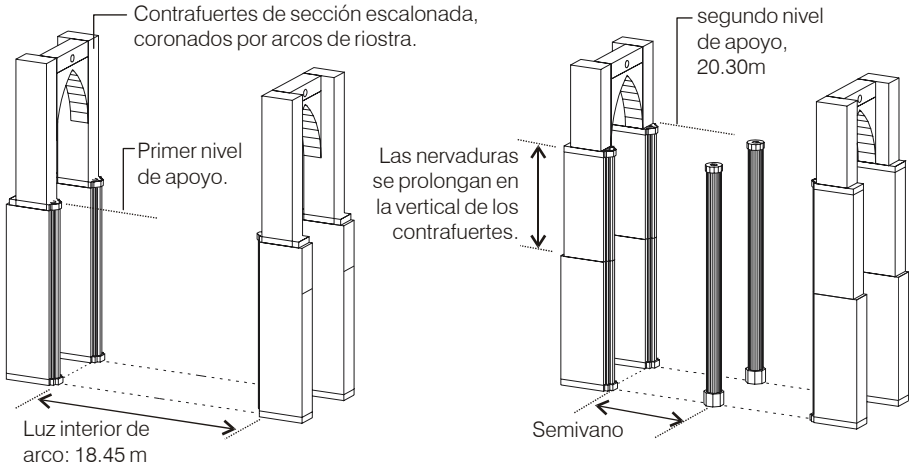
Formas de arcos en tramo tipo.

Los arcos no podían ser más peraltados (Los centros de radio se sitúan próximos a los límites extremos del arco, en lugar de mantenerse en una estructura clásica cercana al *tercio* o *quinto*), buscando una mayor estabilidad durante el proceso constructivo, así como una probable corrección del escorzo cuando finalmente fuesen a ser vistos desde un plano muy inferior.

El lenguaje propuesto para las formas estructurales interiores se traduce mediante elementos prismáticos biselados, evolucionando respecto a los sencillos diseños prismáticos cistercienses y

que se habían utilizado en Sant-Jaume[33]. Al llegar a la línea final de las pilastras, se establece una plataforma de la cual arrancan las nervaduras de los arcos.

Una vez terminadas las bóvedas, debían ser inmediatamente cubiertas con el tejado a doble vertiente. No podían dejarse las superficies vistas, como podía ocurrir en las construcciones catalanas, ya que la superficie cóncava producida sobre los pilares centrales no podía ser rellenada con un sobrepeso de material que hubiera descompensado las bóvedas.



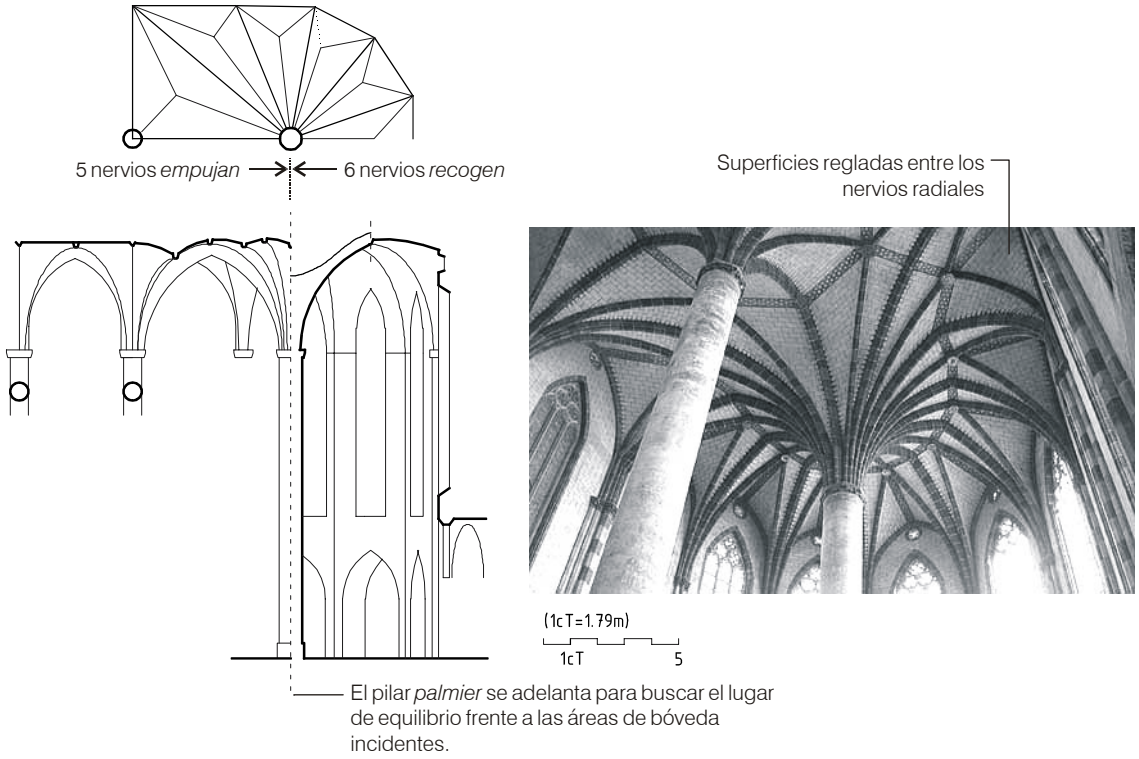
Alteración de soportes en dos proyectos de tercera campaña.

El fuste de los pilares en la reconstrucción de la antigua nave indica dos momentos temporalmente diferenciados: se producen reducciones en la altura y en el diámetro de los tambores, motivo por el que Prin piensa que primeramente se ejecutaron hasta el nivel de la cubierta primitiva, en contra de la opinión de Sundt quien comenta que "... *tres décadas después de la finalización de la parte Este de los Jacobinos en 1292, el rectángulo original de la iglesia fue demolido y gradualmente sustituido por una estructura superior*... [34]".

De lo que acontece en el entorno del pilar *palmier* pueden extraerse lecciones sobre los conocimientos técnicos de aquellos tiempos. Primero, al aumentar su base, como si reconocieran que va a recibir una carga superior al recoger un área mayor de bóvedas (pasa de 1,30 a 1,50m).

[33] La forma de prisma biselado del nervio será ampliamente difundida por los mendicantes, así como en iglesias y catedrales de otras ciudades próximas, como Rabastens y Albi.

[34] SUNDT Richard, *The Jacobins Church…* Opus cit. Pag.205.



Bóveda estrellada del *palmier.*.

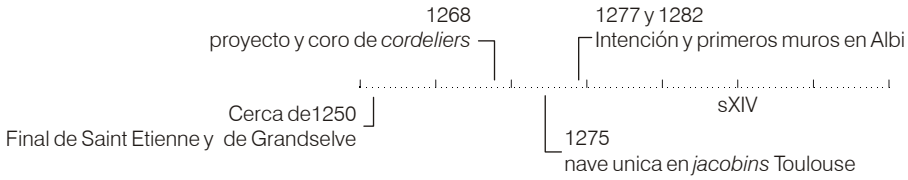
Segundo, porque resitúa el eje hacia el Este buscando una posición centrada de todas las bóvedas incidentes. Prin lo explica mediante sencillos argumentos numéricos, al alcance de los maestros de aquella época: "*...de no haber sido por este cambio, quince nervaduras habrían encontrado la oposición, desde el lado oriental, de tan sólo tres nervaduras* (dos diagonales y el arco formero central)... [35]"

En conclusión, se puede apuntar que Prin está en lo cierto cuando expone que bajo la aparente perfección formal de la estructura, se esconde un sistema de dudas, de correcciones formales y de modelos enfrentados. Finalmente, se presenta una solución técnica que no responde a un diseño preestablecido sino más bien a un cúmulo de factores programáticos, urbanísticos y técnicos. Y dada la gran altura de los pilares centrales, se mantiene la percepción de espacio de las naves *únicas,* como habían estado experimentado sus vecinos franciscanos.

5.5.4 EL INFORTUNADO PROYECTO DE NAVE *UNICA*

En la ciudad de Tolosa, las órdenes mendicantes desarrollan dos estructuras singulares. Junto a los *Jacobins*, debe destacarse la obra de los franciscanos (los *Cordeliers*), quienes establecen un modelo de gran valor para entender el desarrollo de la arquitectura meridional. Por desgracia apenas ha quedado alguna información gráfica y levantamientos históricos de una construcción completamente destruida, a excepción del campanario y parte de la puerta lateral de acceso.

[35] PRIN Maurice, *Les Jacobins,* dentro de Congrès Toulousain… op. cit pag 184.



Durante el desarrollo de este texto, no debe perderse de vista la cronología comparada entre estas construcciones en relación a la de Albi, pues se podrán establecer conexiones temporales y formales.

Sobre la catedral de Albi se conoce una primera decisión de construir hacia 1277, estando el proyecto a punto y ejecutándose entre 1282 y 1300 en la parte que corresponde a los muros y contrafuertes de la cabecera así como a los dos últimos tramos rectangulares, cuyas bóvedas se construyen en un periodo posterior, entre 1310 y 1322[36].

Los *jacobins* traducen el esquema funcional y de tradición dominica que consiste en disponer dos naves paralelas, un modelo que intenta ser superado en la segunda campaña pero principalmente con el proyecto de nave única del principio de la tercera campaña, hacia 1275, que después será deshechado. Carbonell-Lamothe calificará la construcción de los dominicos, sin que le falte razón, como "... *prisionera del plan primitivo de doble nave, desarrollado posteriormente con perfección*... [37]".

Los *cordeliers* tienen un proyecto a punto en 1260, que inician hacia 1268 por la parte baja del coro y sus capillas entre contrafuertes. El periodo de mayor actividad constructiva se sitúa a partir de 1290, en el que se terminan las partes altas de la cabecera. Se considera que entre 1210 - 1320 la obra estaba completamente concluida[38].

Se trata de una fecha, 1275, en que ya se han superado las limitaciones dimensionales de las Constituciones respectivas. Las órdenes tendrán libertad para crear y adaptar sus formas atendiendo *tan sólo* a condicionantes económicos, constructivos o técnicos.

Es una fecha crítica para los *jacobins*, en que tiene como referente a sus vecinos cordeliers pero en que la gran construcción de la capital del Tarn no se habrá iniciado, aunque podía estar *en proyecto*. Cabe plantear los siguientes temas:

¿qué condiciona la situación de los contrafuertes de los *jacobins* al principio de la segunda campaña, cuando se decide ampliar con un nuevo ábside? Este tema debió estar solucionado algunos años antes, durante la segunda campaña hacia mediados del XIII, por lo que cuando se retomen los trabajos en estos años críticos los valores de partidas ya estarán fijados. En sentido longitudinal, el espacio se limita por las parcelas adquiridas entorno al coro[39], así como por el *camposanto* que se había establecido en la parte Norte, junto a la sala capitular. Y lateralmente, el

---

[36] BIGET Jean-Louis, *La Cathédrale Sainte-Cécile d'Albi*. L'architecture, acta del *Congrès Albigeois*, 140 sesion, celebrado en 1985, publicación de la *Société Française d'Archéologie*, pag 31.

[37] CARBONELL-LAMOTHE Ivette, *Recherches sur la construction du couvent des cordeliers de Toulouse*, dentro de *Toulouse et sa region*, Actas del XXI *Congrés d'etudes regionals*, dir. Pierre de Fermat, CNRS, Toulouse, 1966, pag 100.

[38] CARBONELL-LAMOTHE Ivette, *Recherches des cordeliers ...* op cit , pag 97.

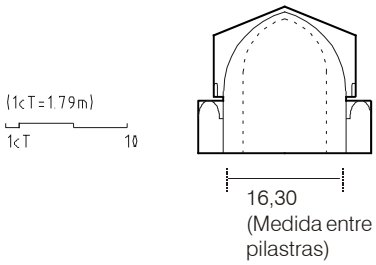
[39] SUNDT Richard, *The jacobin church of Toulouse and the origin of its double-nave plan*, en Art Bulletin, vol LXXI, n 2, Junio 1989, pag 201.

nuevo ábside busca ajustar su medida respecto de las paredes laterales antiguas y a un tamaño proporcionado de nuevos contrafuertes, hasta entonces inexistentes.

Para determinar la separación longitudinal entre contrafuertes, el maestro de la obra había reproducido en la segunda campaña la distancia del tramo de la nave primitiva, pensando quizás que emplearía alguna de las fórmulas de cubrición empleadas. La longitud del tramo se plantea en base a los principios establecidos en la estructura más primitiva.

Maurice Prin describe un tipo de cubierta concreto para la segunda campaña: "…*es verosímil pensar que estos remarcables macizos (los estribos) debían recibir las entregas de arcos diafragmas que soportaban una cubierta de madera. El conjunto se debía elevar a un nivel cercano al de la iglesia primitiva, es decir, unos 13 metros, en conformidad con los previsto por las Constituciones*…[40]"

Así pues, cuando a mediados del XIII en la segunda campaña se pretendan construir unos arcos diafragma de gran luz (18.70 m, más de 10 canas de Toulouse), un valor mucho mayor que las construcciones conocidas en las ciudades (por ejemplo, Lamourguié de Narbonne, construida en el XIII, alcanza 16,30 m), mayor que las naves de dormitorios cistericienses (Poblet o Santes Creus alcanzan 10,20 y 11,10 m), los problemas constructivos para disponer las cimbras o estructurales para soportar los empujes con una proporción excesivamente rebajada, hubieran sido numerosos.



Iglesia de lamourguié de Narbona

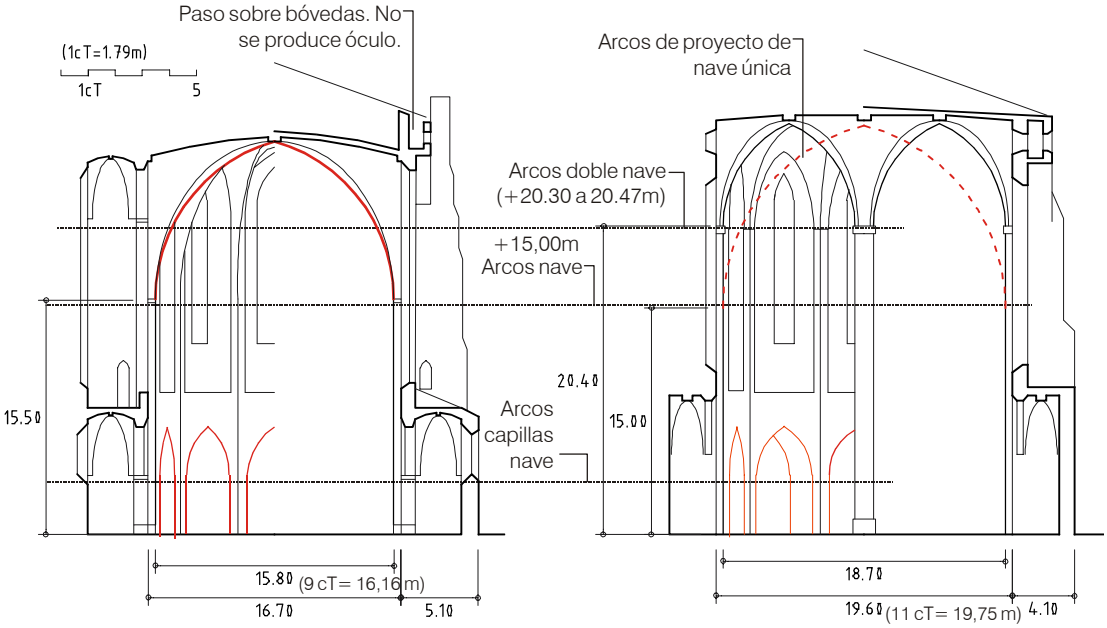
Supuestamente, esta separación de los estribos haría fracasar la estructura de la cubierta de los arcos diafragma, ya que la costumbre constructiva pedía acercar los arcos hasta la medida disponible en las secciones de madera (entre 4 y 5 m) como hacían habitualmente los maestros cistercienses.

¿ Por qué razón el maestro de la obra establece una altura para el arranque de los arcos, tal y como ha señalado Prin[41], de unos 15 metros (unas 8 canas de Tolosa) sobre la plataforma del suelo, cuando el proyecto anterior de arcos diafragmas había respetado las normas impuestas por la Orden, unos 13 m (7 canas)?.La nueva dimensión dificultaría el control de las cimbras y sistemas auxiliares de soporte y provocará la indecisión y probables consultas a expertos para

[40] PRIN Maurice, *Les Jacobins…* op. cit. *,* pag 180.

[41] PRIN Maurice, *Les Jacobins...*,. op cit, congres toulousain, pag 182. La posición aproximada puede apreciarse a simple vista, al observar en escorzo el trazado deformado (cierto alabeo) de los nervios verticales que acompañan la cara interior de los contrafuertes en la cabecera.

decidir el modo de continuarla. La respuesta puede residir en la sana rivalidad que estaba establecida con los vecinos monjes franciscanos por alcanzar un espacio interior de mayor esbeltez. Comparando las secciones de ambas se entienden ciertas pautas propuestas en los dos proyectos de la tercera campaña.



Cordeliers *Jacobins*

Se conoce que la altura interior de la nave de los *Cordeliers* alcanzaba los 27 m (unas 15 canas de Tolosa) bajo la clave de los arcos, lo que implica que, para una separación entre paredes laterales en torno a los 16,70 m, el arranque de los arcos, según una forma convencional, entre arco de tercio y de quinto, produciría una posición del arranque de curvatura bastante elevado, entre los 15 y los 16 m (unas 9 canas de Toulouse). Este valor coincide con las secciones publicadas por Raymond Rey[42] y que ha sido contrastada con aportadas por Carbonell-Lamothe[43].

Se puede ver cómo la altura de las capillas en la cabecera de Toulouse, que posteriormente serán realzadas en la última campaña, produciendo unas distorsiones formales visibles en las fachadas, seguía el modelo de los *Cordeliers*. Lo mismo se puede opinar sobre el nivel de arranque de los arcos en el proyecto de nave única de *Jacobins*, así como sobre el nivel en que finalmente se terminarán por izarse las columnas que será el mismo en que arrancarán los arcos entre estribos exteriores. Los dominicos no harán sino aplicar un nivel estructural que bien podían estar observando en la obra vecina, resuelta con el mismo lenguaje de nervaduras moduladas por la fábrica de ladrillo.

En conclusión, los monjes dominicos podían estar pensando, hacia el año 1275, que su proyecto inicial de sus contrafuertes, en el límite del espacio disponible, con cierta referencia a la totalidad de la luz de la nave rectangular primitiva, debía ser construido mediante unos niveles estructurales

[42] REY Raymond, *L'art gothique du Midi de la France,* H.Laurens, Editeur, Paris, 1934, pag 88 (sección longitudinal) y pag 92 (sección transversal).

[43] CARBONELL-LAMOTHE Ivette, *Recherches des cordeliers ...* op cit, pag 459. Este documento incluye una planta del convento, del abad Massol, conservada en la Mém.Soc.Arch.du Midi t.XI, 1874-1874, que incluye notas dimensionales y una escala gráfica.

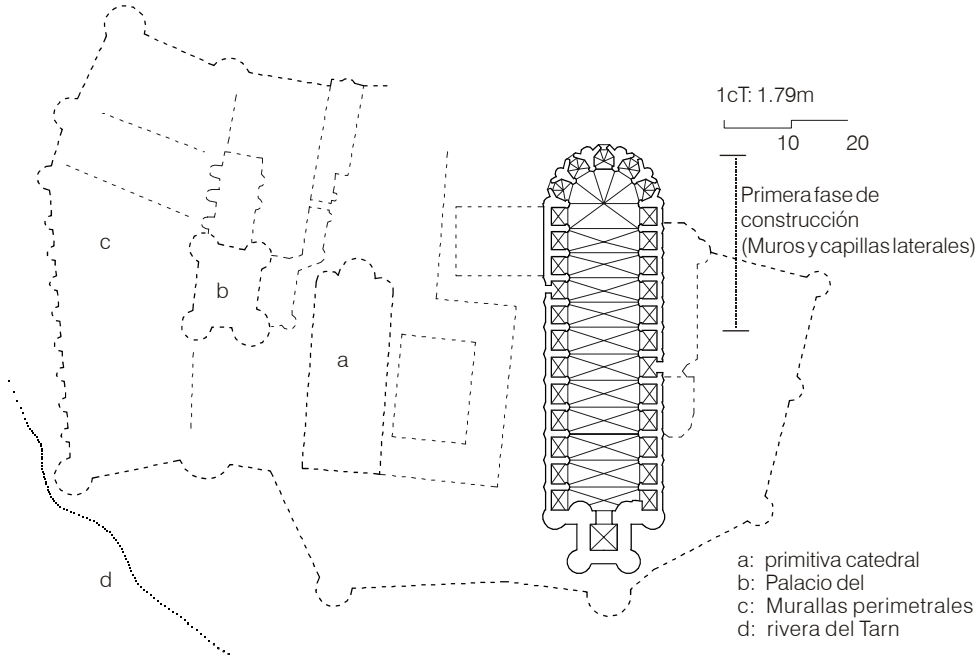
(arranque de arcos y terminación de estribos) similares a la que los franciscanos estaban llevando a cabo con el proyecto iniciado unos años antes.

Se ha comentado anteriormente que los estribos debían estar concluidos al principio de la tercera campaña, cuando se pretende construir la nave única, de tal manera que fueran lo más útiles para el proceso de la obra, es decir, una vez terminados los estribos debían construirse sus arcos de estabilización, que a su vez permitían un recorrido constructivo y la definición de un plano de trabajo en el cual situar los mecanismos de izado y poder controlar la ejecución. Este paso sobre los estribos parece muy similar en ambas obras y justifica su carácter puramente de servicio en los *Cordeliers*, oculto sobre el nivel de las bóvedas debido a la ligera curvatura de la coronación de bóvedas, iluminado lateralmente mediante pequeños óculos. Los *Jacobins*, sin embargo inventarán una función más para este paso de servicio, la doble nave iguala la cota del formero en el muro con la de los torales y diagonales (lo que no ocurría en los *Cordeliers*), reduce la coronación de los grandes ventanales y perfora la pared lateral de este corredor perimetral hacia dentro de la nave, introduciendo un punto de luz rasante en la coronación de las bóvedas.

5.6 LA CATEDRAL DE ALBI

5.6.1 INTRODUCCIÓN

La catedral es llevada a cabo por los obispos de la ciudad, como demostración de poder ante el Papado de Roma y la monarquía capeta de París, se sitúa durante décadas en la frontera entre los reinos de Francia y Aragón-Cataluña, en el extremo occidental de las ciudades bastidas del Norte del Rosselló, y en el seno de una ciudad que había encabezado la lucha contra los albigenses desde principios del XIII.



Esquema de situación[44]

Se produce una integración formal con el palacio del obispo, *la Berbie*, dentro del mismo recinto de la ciudad episcopal. Bernat de Castanet ocupa el obispado entre 1276 y 1308 el periodo de génesis principal de la catedral a la vez que reforma el palacio residencia.

Las etapas más remarcables de la obra de la catedral son, según Biget, las siguientes[45]: entre 1282 y 1322 se construyen los muros laterales, contrafuertes y bóvedas de capillas del ábside, de los cuatro primeros tramos en la derecha y los dos primeros en la izquierda. La obra continua y se realiza la base de la torre campanario entre 1355 y 1366. Y entre 1380 y 1390 se terminan las bóvedas de los tres primeros tramos. Se trata pues de una obra muy dilatada en el tiempo. No sólo los periodos de crisis financieras o políticas debieron afectar a la obra. La envergadura de la empresa era considerable. Se iba a alcanzar el umbral constructivo de la época en cuanto a luces, alturas y profundidad de la obra.

5.6.2 VALORES CONSTRUCTIVOS

La nueva catedral escoge un material diferente al usado en la antigua catedral: el ladrillo se había empezado a utilizar desde las construcciones más humildes hasta los grandes talleres de obras.

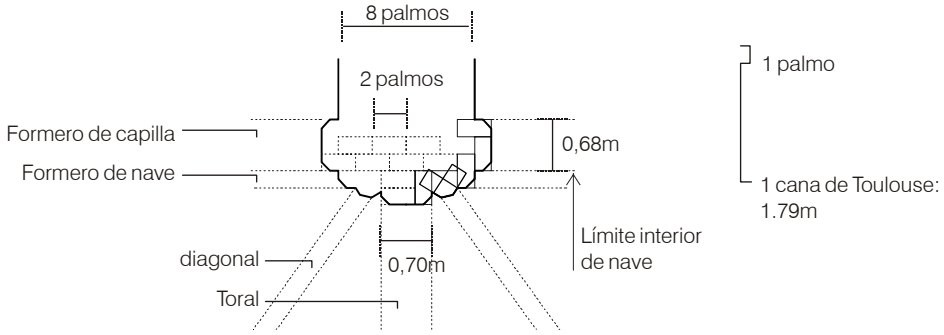
---

[44] LAMBERT Élie, *Abbayes et cathédrales du Sud-Ouest,* Edit. Privat, Toulouse, 1958, redibujo de pag 157.

[45] BIGET, Jean-Louis, *La cathédrale Sainte-Cecile d'Albi, L'Architecture*, en Congrès Arch.n.140, Albigeois. *Les données de la documentation écrite*. Pag 31.

Permitía, por un lado, disponer de hornos de cocción y plantas de secado y almacenamiento en lugares más próximos a la obra, y por otro, simplificar el sistema de bastidas y andamiajes ya que se reducía el peso de las unidades.

La dimensión de la unidad será significativa en este caso, pues se fabrica una pieza superior a la habitual, esto es, una pieza de 1 x 2 palmos de cana de Toulouse (aprox 0,22 x 0,44m), con la que modulan los elementos constructivos.



Diseño constructivo del contrafuerte[46]

Los muros se convierten en lienzos macizos, de gran altura, ritmados por unos contrafuertes semicilíndricos, a modo de los *courtines* que estaban acompañando las terrazas de toda la ciudad del obispo. Es decir, se constituyen láminas monolíticas de un gran espesor y con suaves plegamientos. Henri Pradalier señala las virtudes del uso del ladrillo en fábricas de grandes dimensiones para un uso defensivo ya que se obtienen mayores resistencias al choque, produciendo roturas y vibraciones locales que no son transmitidas al conjunto de la fábrica. Y a nivel constructivo facilita los procesos y la seguridad de la obra, al reducir el peso de los sistemas provisionales de plataformas, izados…[47]

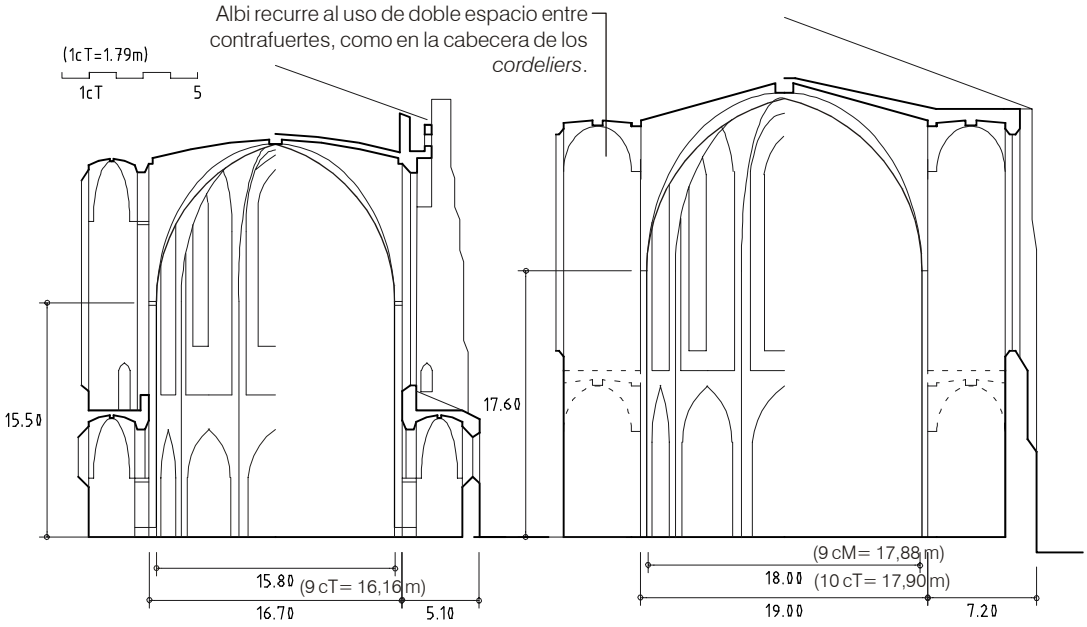
Saint-Alain i Saint-François de Lavaur, Notre-Dame-du-Bourg de Rabastens, Saint-Pierre de Gaillac, Cordes… habían consolidado una técnica constructiva con la obra de fábrica, definiendo espacios de gran amplitud. Y en esa época las órdenes mendicantes habían validado definitivamente un modo y unas dimensiones espaciales que fueran acordes con las nuevas

[46] Esquema de aparejo interior en contrafuerte publicado por LARAN Jean , *La cathédrale d'Albi*. Edit. Privat, Toulouse e interpretación propia de los módulos en palmos, en base a medidas tomadas en tercer contrafuerte de la derecha a partir del ábside.

[47] PRADALIER Henri, *Le Palais de la Berbie*, dins Congrès Arch… Albigeois. Op. Cit. Pag. 122.

necesidades de acogimiento y predicación. El modelo que más se asemeja es la nave de los *cordeliers* de Toulouse.

Se puede destacar que en ambos modelos se producen dos espacios de capillas superpuestas (en los *cordeliers* tan sólo en la cabecera). En comparación con los *cordeliers* de Toulouse, Albi elimina en el exterior la geometría prismática de ángulos rectos de los contrafuertes, así como los arcos de traba en su coronación y el muro de cerramiento se integra con los volúmenes cilíndricos y ataluzados de los contrafuertes.



Cordeliers Albi

Las medidas tomadas son las siguientes, y se pueden aportar las siguientes conclusiones:

	Luz arco	Cota capitel	Eje - Radio	Radio	Flecha	Cota clave
Arco doblero (toral)	17.90 y 18.00 (10 cA=17.90) (9 cM=17.88)	entre 17.57 y 17.71, según los tramos	6.05/ 2= 3.02	12.16 (8cC=12.44) (7cT=12,50)	11.80	Entre +28.92 y 29.06m
Arco diagonal	19.28	17.20 (cota centro radio)	2.53	12.21 (8cC=12.44)	11.75	+28.96

Se produce un cambio de dimensión longitudinal del módulo en los cuatro primeros tramos (promedio de anchura de 6,50m) respecto de todo el resto hasta llegar al campanario (promedio de 7,06m), por lo que se entiende como un ajuste dimensional una vez ejecutada la base del campanario a mediados del XIV.

Se observa que la medida de la luz y el arranque de los arcos bien podría tener una base métrica en canas de Tolosa (10 canas) aunque también en canas de Montpeller(9 canas). Lo mismo ocurre con el radio de los arcos, idénticos en el toral y la diagonal, pues se aproximan tanto a las 7 canas de Tolosa como a las 6 de Montpeller.

Si fuera ésta última la determinante, se podría demostrar que uno de los maestros del inicio de la obra, identificado por Biget como Ponç Descoll, habría intervenido en el proceso de construcción, trazando las alturas de los elementos, utilizando unos radios de curvatura conocidos para él, pero

usando un material propio de la región, modulado en base a las costumbres y patrones locales. Es decir, se estarían combinando canas diferenciadas (la de Toulouse y la de Montpellier, para la pequeña y la gran escala, respectivamente).

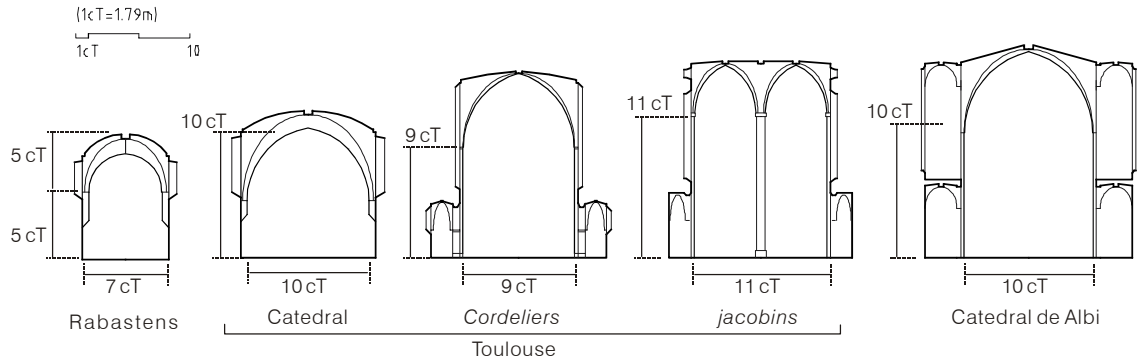
Biget había establecido la posibilidad de que el maestro arquitecto del rey de Mallorca, que desaparece de las crónicas catalanas entre los años 1284 y 1303, y que había trabajo en Perpinyà entre1277 y 1284, hubiera colaborado en el primer planteamiento de la catedral y compara las arquitecturas de Palma y Albi: "… *los anchos planos desnudos bajo el ábside de la catedral de Palma así como la severidad de las superficies externas del cubo de la capilla Real en Perpinyà evoca la cabecera de Albi …*[48]".

[48] BIGET Jean-Louis, *La cathédrale d'Albi,* Congrés arch… op.cit. pag. 53.

5.7 FORMA Y ESTABILIDAD DE LAS CUBIERTAS

5.7.1 BASE MÉTRICA

Controlar la luz de la nave en base al mismo patrón tenía la ventaja de que los maestros podían comparar los resultados constructivos de obras cercanas, que estuvieran construidos con los mismos espesores de bóveda o con el mismo material (el ladrillo macizo, en este caso). Podían corregir proporciones mal planteadas, replantear alturas de muros, ajustar dimensiones de muros para que el vacío de los ventanales no fuera excesivo...



Modelos de crecimiento en base a la cana de Toulouse

En el principio de esta historia, el umbral lo establece la primitiva nave raymondina, cercano a las 10 canas de Toulouse, sirve como marco límite cuando varias décadas después se investiga con la obra de los *Cordeliers* (un valor en el entorno de las 9 canas), Albi (10 canas en el toral) o la fallida estructura de una nave de los *Jacobins* (superando el valor de 10 canas).

Una lectura de las alturas alcanzadas también es significativa. Si Sant-Jaume genera un espacio cúbico donde las claves del toral y del diagonal se sitúan en 10 y 11 canas respectivamente, puede entenderse que el maestro gótico está aplicando un patrón gótico para controlar la forma de la cúpula. Una relación similar parece establecida en las bóvedas de Rabastens (aunque no ha podido ser personalmente confirmada, sí ha sido contrastada con levantamiento de los archivos departamentales[49]).

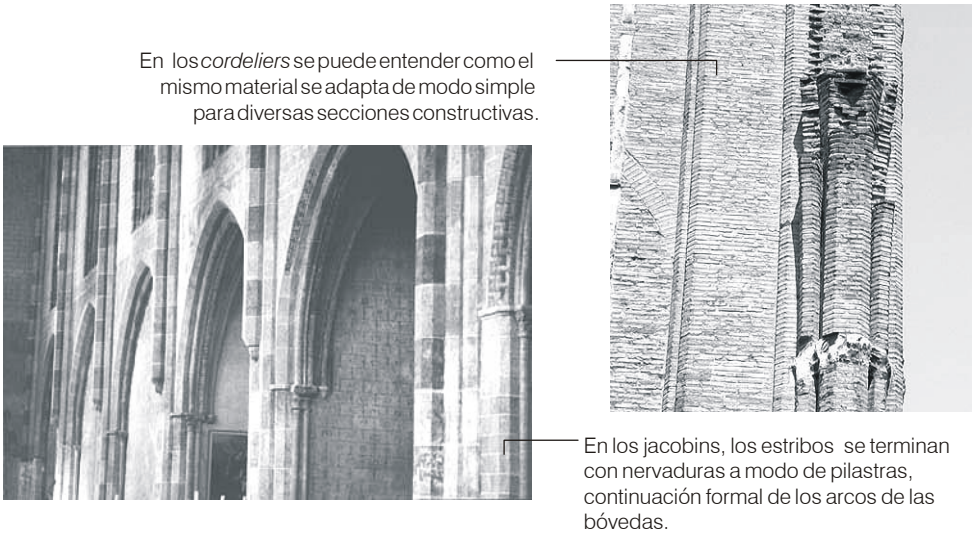
La dilatación del espacio hacia los laterales se acompaña de un crecimiento de las alturas para mejorar, entre otros aspectos, las condiciones de iluminación interior. En latitudes en la que el ángulo de asoleo es importante, un tratamiento racional de la luz interior requiere estudiar la posición de los ventanales. Es lo que ocurre en los *Cordeliers* donde los altos ventanales, limitados superiormente por el paso en la cabeza de los contrafuertes, definen un límite a 45 grados que alcanza el lado opuesto de la nave. El arranque de los arcos se sitúa aproximadamente en 9 canas. Algo similar ocurre en Albi, con un arranque de arcos a 10 canas, y así era pretendido en les jacobins, con arranque de arcos a unas 8 canas.

Cuando Prin observe que los materiales, las formas estructurales (nervaduras, pilastras en capillas) y de ventanales eran similares en las dos obras mendicantes de la ciudad y concluya que el mismo maestro debía estar a cargo de ambas[50], se podría completar el argumento

[49] Levantamientos consultados en el Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine de Toulouse, realizados por los arquitectos de MH Calvel, Lagneau y Voinchet.

[50] PRIN Maurice, *Les Jacobins,* dentro de Congrès Toulousain et Comminges, Congrès Archeologique Français, Paris, 2002, pag 183.

apuntando que el espacio interior tenía una expresión similar, libre de *encorsetamientos* el de los franciscanos y condicionado por las preexistencias el de los dominicos.



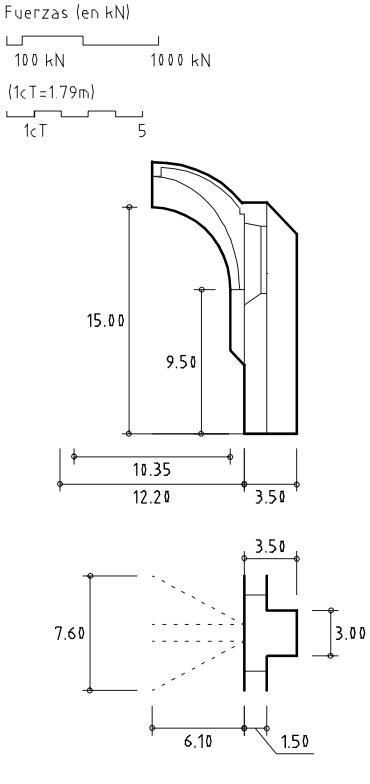
Detalles de perfiles constructivos en *Jacobins* y *Cordeliers*

Si fuera cierto que el mismo maestro estaba a cargo de ambas, su prudencia constructiva le aconsejó no continuar con la voluntad de nave única en los *Jacobins* pues la estructura que se estaba preparando en ese momento iba a tomar valores dimensionales de los *Cordeliers*, para salvar una luz sensiblemente superior.

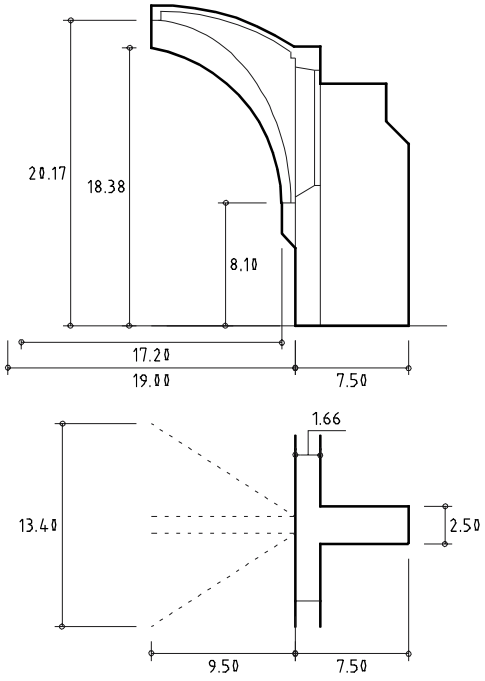
Estable o no, hubiera superado las anchuras de Sant-Jaume y Albi que habían establecido en torno a las 10 canas de Toulouse (17,20 y 18,00 m respectivamente de luz de arco) para establecer 18,70 m de luz de arco, siendo la dimensión del contrafuerte mucho menor. En el argot actual, se hubiera calificado de un *alarde* constructivo.

Sant-Jaume mantiene la proporción de luz de arco de las construcciones singulares que se construirán durante el siguiente siglo (las excepciones serían Santa María del Mar al plantear una solución de nave triple y Girona). En Sant-Jaume la proximidad al plano de base es mucho menor, un valor cercano a la mitad de la luz. Se produce un espacio de proporciones cúbicas donde el espectador visualiza el espacio desde dentro de la bóveda, sensación remarcada por la forma cupulada de las mismas.

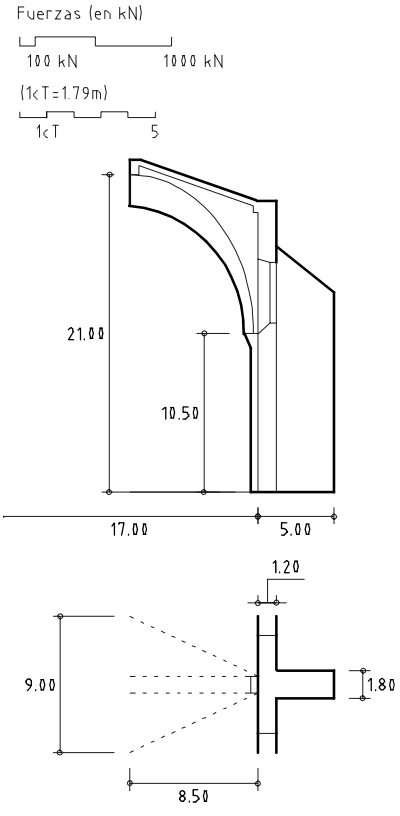
5.7.2 ESTABILIDAD DE LOS MODELOS



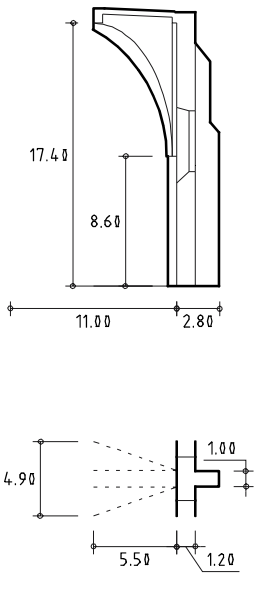
N.D.du Bourg de Rabastens



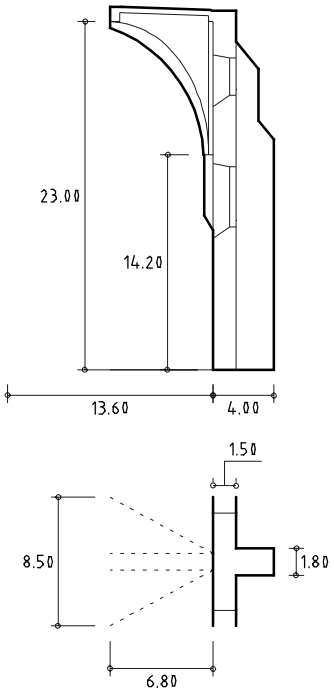
Saint-Etienne de Toulouse



Saint-Michel de Gaillac



Cordeliers de Lavaur



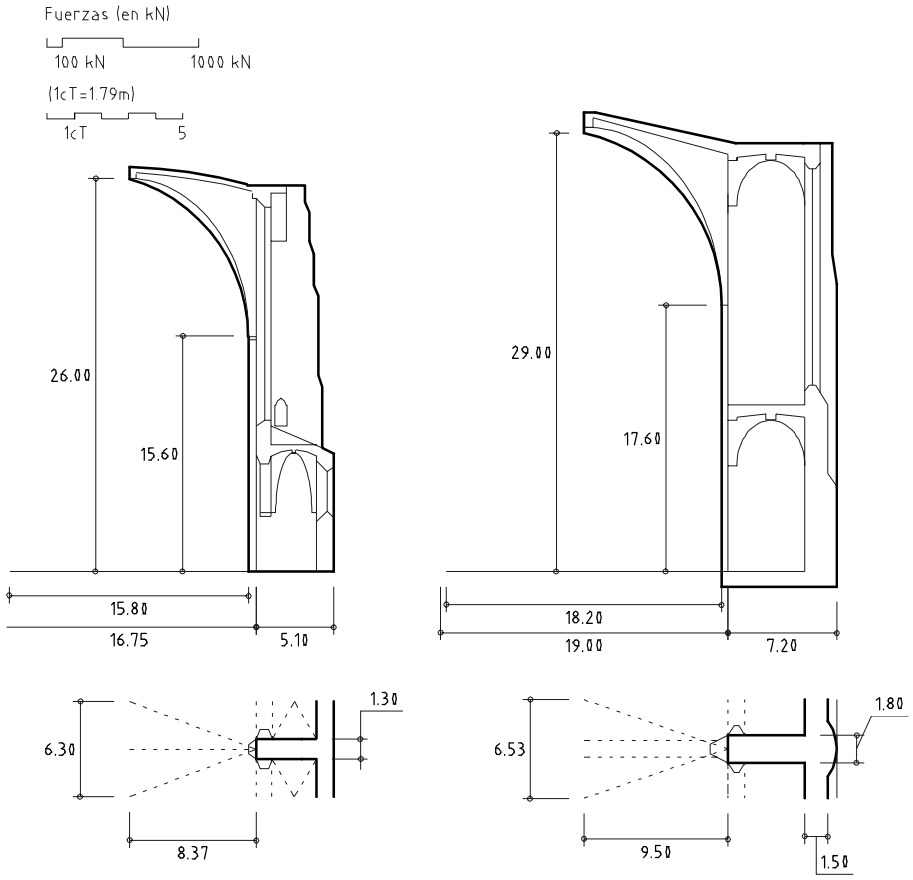
Saint-Alain de Lavaur

Se puede analizar el problema de la cubierta de la nave única en referencia al área repercutida. Los maestros de aquella época debían de intuir que había cierta relación (que no sabían justificar)

entre la superficie de la bóveda (que producía la tendencia de la forma de cubierta a abrirse) y el tamaño del estribo (que con su peso se oponía al anterior).

El *factor de masa* (relación entre peso de contrafuerte y peso de semibóveda) de las primitivas construcciones presentará valores relativamente contenidos respecto a las grandes obras catedralicias. Ello es debido a que la robustez del sistema estructura se aplica tanto a las bóvedas como a los contrafuertes. El caso de Rabastens, uno de los más antiguos, será significativo, pues con un factor 6,5 dará a entender que el contrafuerte estaba mal diseñado, de forma tosca en un planta casi cuadrada. Al parecer, se trata de una profundidad ajustada al valor de 2 canas de Toulouse.

Sant-Jaume produce una desproporción entre luz de bóveda y longitud entre tramos que no se va a volver a repetir en estas naves únicas. Su longitud o distancia entre torales (13,40 m) supera ampliamente la semi-luz de la bóveda (9,50 m). Estos valores se empiezan a equilibrar en Rabastens (longitud de 7,60 m y semi-luz de 6,10 m) y Saint-Alain de Lavaur (longitud de 8,50 m y semi-luz de 6,80 m); se aproximan en Gaillac (longitud de 9,00 m y semi-luz de 8,50 m), invirtiendo la proporción en Albi (longitud de 6,55 m y semi-luz de 9,50 m).



Cordeliers de Toulouse

Catedral de Albi

Cuando los modelos empiezan a evolucionar (Gaillac, Lavaur), el factor de masa se reduce. Es decir, la técnica iba evolucionando de tal manera que se iba ajustando la cantidad de material aportada en el sistema de contrafuertes.

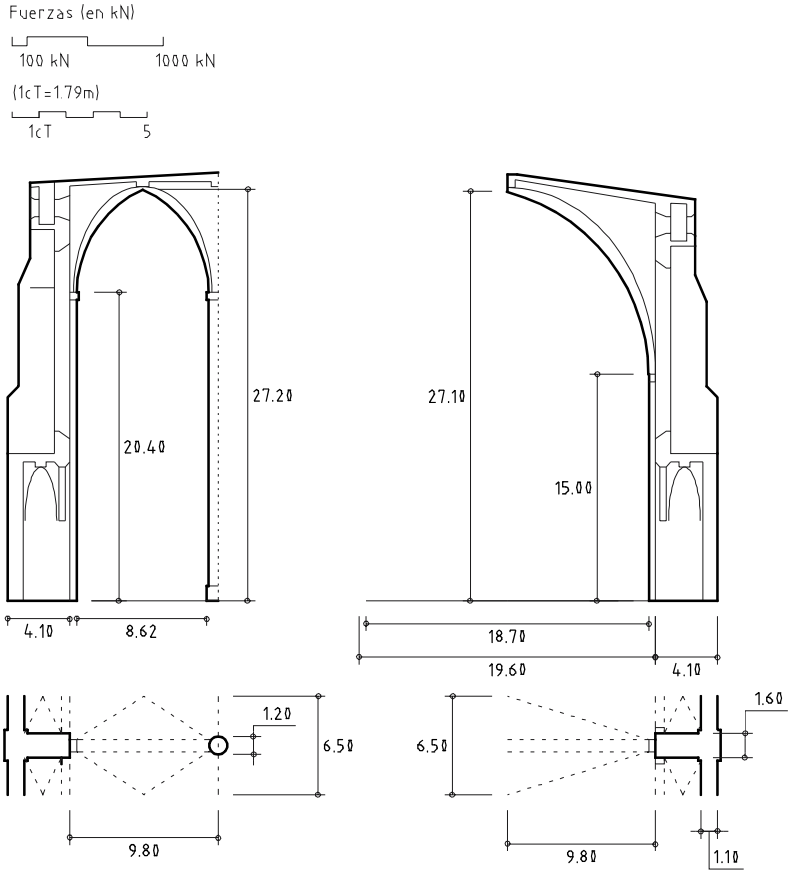
Las naves que siguen a la de Sant-Jaume empiezan sus investigaciones respectivas mediante espacios sensiblemente menores en anchura (Rabastens con 12,15 m, menos de 7 canas; Lavaur

con 13,60 m o 7 canas y Gaillac con 17,00 m); y progresivamente van elevando la cota de arranque de sus arcos para alcanzar el equilibrio característico del gótico meridional del XIV.

Así, si Rabastens o Saint-François de Lavaur, con 17 m, todavía no supera la cota de coronación de Toulouse; tanto Gaillac (21 m) como Lavaur (23 m, cerca de 13 canas) permiten aventurar la perfección constructiva que mostrará el espacio interior de Albi (29 m, cerca de 16 canas).

Sant-Jaume y Gaillac muestran un diseño más primitivo, con una dimensión desmesurada (2,50 x 7,50 m en el primero y 1,80 x 6,00 en el segundo), que no evoluciona en los primeros momentos de modo racional (Rabastens plantea unos estribos excesivamente cuadrados, de 3 x 3,50 m), para poco a poco alcanzar valores de cierta lógica estructural en Saint-Alain de Lavaur (1,80 x 4,00). Todos ellos producen escalones para concluir cerca de la coronación del muro. Saint-Alain de Lavaur parece establecer el patrón de Albi (1,80 x 7,30 m).

Cabe destacar también la aproximación de Lavaur, Gaillac y Albi a la unidad métrica de la época más extendida por la región, la cana de Toulouse, para la base del contrafuerte.



Jacobins (actual) Jacobins (proyecto 1 nave)

Así, la evolución que culmina en Albi muestra cómo se puede alcanzar un luz similar a Sant-Jaume pero elevando mucho más las bóvedas. Para ello, deberá incrementar el número de soportes (es decir, reducir la longitud de los tramos), por lo que el coeficiente de masa se dispara a un valor de 11,5. El efecto visual de amplitud interior será el mismo, con el matiz de que se introduce un ritmo mayor de nervios torales, a la vez que se posibilita un alzamiento de la cubierta.

Métricamente, el hito estructural que supone la anchura libre de la nave se aproxima, si se tiene en cuenta la luz libre del arco toral, a las 10 canas de Toulouse (la nave tiene 17,20 m). Y el gran canto del toral supone una distancia sensiblemente mayor para la separación entre muros laterales, en torno a 19 m, que son los que definen la amplitud del espacio interior. Se trata del mismo valor que algunos autores otorgan a la desaparecida y contemporánea nave de la iglesia de Granselva[51]. Y será el mismo que se producirá en Albi.

El maestro de la obra de los *Jacobins* debió observar que la proporción en el tramo tipo de la nueva iglesia podía ser cercana a la de los *Cordeliers*, pero muy distante a la de Albi, que debía estar todavía en proyecto, con el *mal referente* que constituía la nave raymondina, terminada unas décadas antes, con unos contrafuertes exageradamente amplios y pesados.

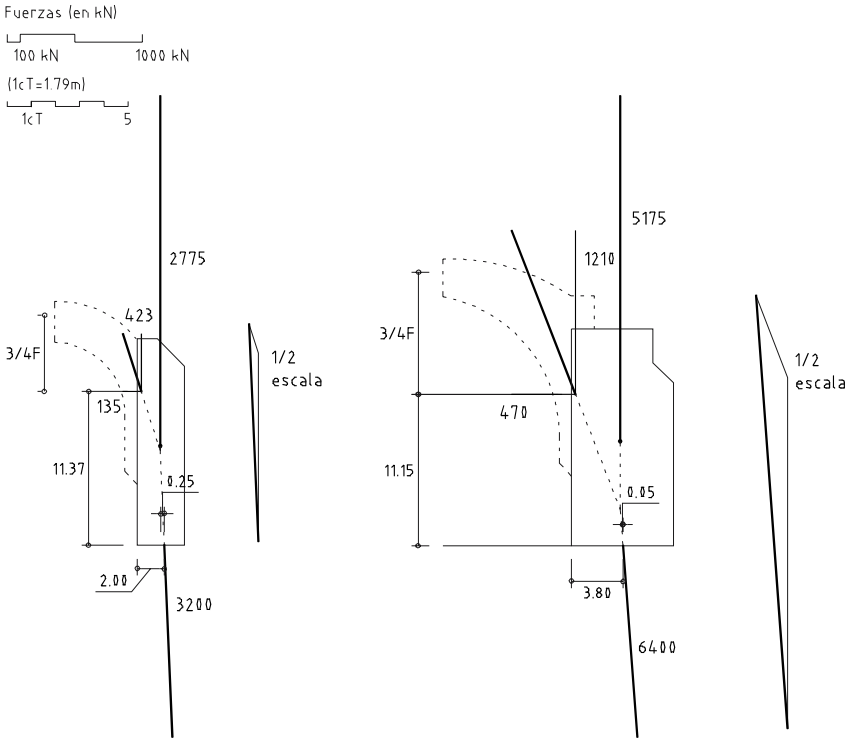
El cuadro resumen que indica los factores de forma y de masa, junto con los valores de empujes de las bóvedas, es el siguiente[52]:

	Empuje V (KN)	*Empuje H (KN)*	*Excentr. (m)*	*Coef forma*	*Coef masa*
Catedral de Tolosa	1210	470	0,05	75	4,3
Rabastens	423	135	0,25	7	6,5
Saint-Michel Gaillac	700	220	0,34	7,3	3,2
Saint-Alain de Lavaur	527	168	0,61	3,3	4,2
Cordeliers Toulouse	530	180	0,27	9,4	5,4
Catedral de Albi	620	210	0,26	13,8	11,5
Jacobins (nave única)	550	185	0,40	5,1	5,6
Jacobins (2 naves)	275	95	0,29	7	11,2

Tabla de empujes de bóvedas en los modelos presentados

[51] DROCOURT Daniel, *Le voutement …* op. cit. pag 65.

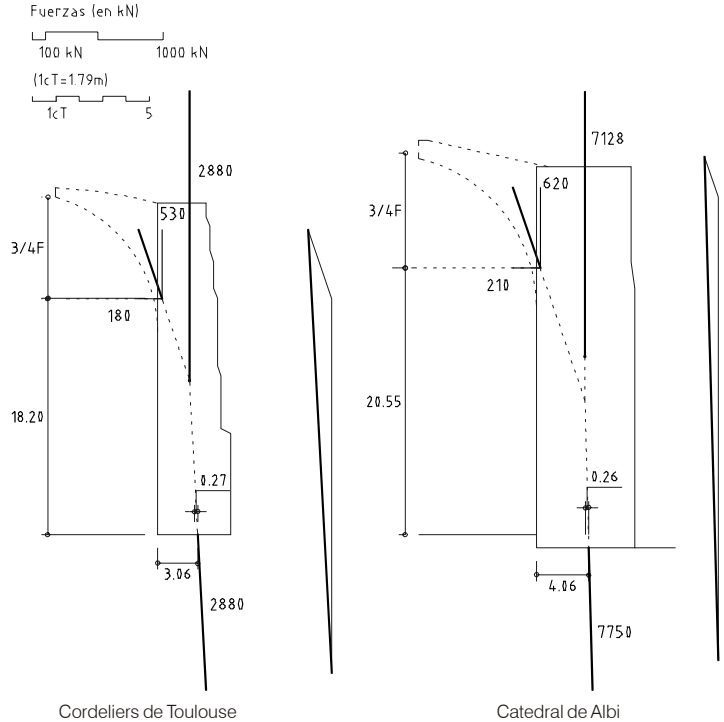
[52] Material considerado para comparar los resultados en todos los modelos: 30 cm ladrillo macizo. Sin embargo, el valor de espesor de bóveda de la nave raymondina según DROCOURT (*le voutement*..., op cit, pag 68) es de 40 cm, con lo que los resultados de valores de empujes deberían ser afectados del valor 4/3, sin llegar a alterar las condiciones de equilibrio en que desplacen la resultante fuera del centro del contrafuerte.



N.D.du Bourg de Rabastens — Saint-Etienne de Toulouse

Se puede hablar de desproporción en el contrafuerte de la catedral de Toulouse, cuyo peso propio llega a anular completamente la excentricidad del empuje en el sistema de equilibrio.

Se puede hablar de robustez en Rabastens cuando la gran anchura del contrafuerte corrige la falta de profundidad con que éste había sido construido y hace que la excentricidad resulte con un valor muy reducido.



Cordeliers de Toulouse — Catedral de Albi

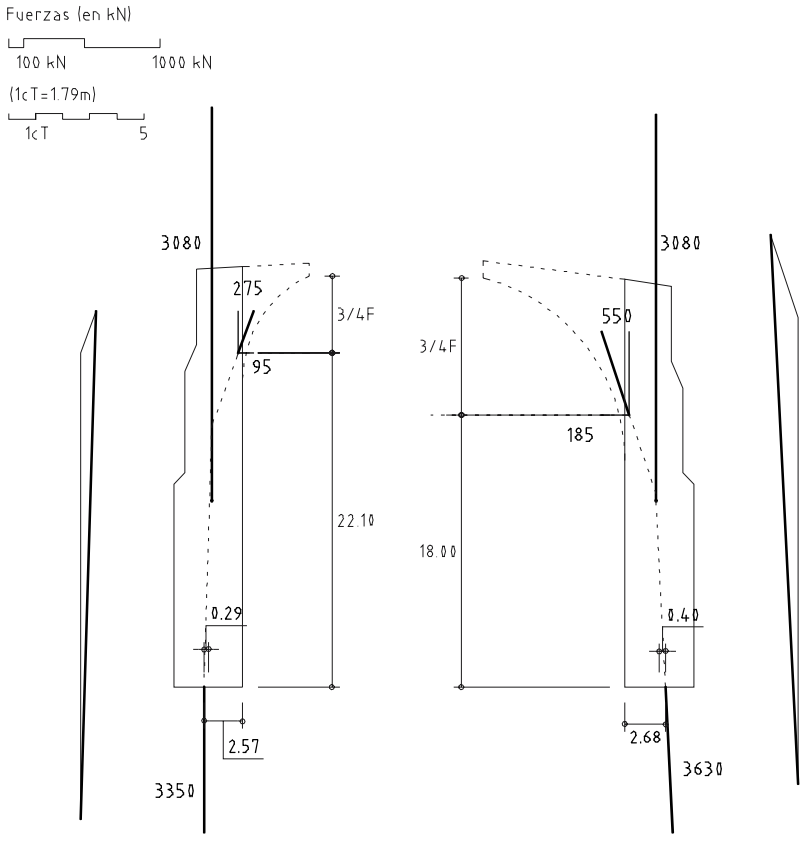
Respecto a Lavaur (ver tabla) que, bien pudiera servir como banco de pruebas para la construcción de Albi, la gran esbeltez de sus bóvedas sitúa a una cota elevada la resultante de

los empujes, por lo que, aunque la superficie es pequeña, la excentricidad finalmente es importante y se sitúa en el límite del tercio central de la base.

El acierto en las proporciones básicas de Albi, cuando la posición de la bóveda respecto de la plataforma es mucho mayor que el resto y la situación del muro de cerramiento es desfavorable (hacia el exterior), queda mostrada numéricamente por un valor relativamente reducido del empuje horizontal debido a la densidad de planos de estructura, con la excentricidad menor de todas las comprobadas (0,24m).

El modelo de los *Jacobins* con una sóla nave es uno de los modelos que presenta el valor de factor de forma más reducido (junto con Saint-Alain de Lavaur), debido a la excentricidad de unos 0,40m en la base del contrafuerte. Por lo que se entiende la poca confianza que debió suscitar en el maestro, llevándolo a desestimar o paralizar el proyecto. En comparación, los Cordeliers habían reducido la luz de las bóvedas y aumentado el canto del contrafuerte, obteniendo un factor de forma más seguro (9,4).

Sin embargo, se trataba de un valor (5,1) que posteriormente se entenderá como seguro para las grandes fábricas. Es decir, se puede entender que el proyecto se adelanta a su tiempo y que, de haber planteado varias décadas más tarde, quizás ahora estaría construido.



Jacobins(actual) Jacobins(proyecto 1 nave)

En general, se demuestra gráficamente lo que por evidencia visual se observa: dichas estructuras son estables y el grado de estabilidad puede distinguirse en función de los valores geométricos mostrados. Sin embargo, pueden distinguirse algunos matices:

Durliat tenía razón cuando intuía que formalmente la catedral de Albi debía toda su cultura constructiva de un entorno cuyo origen estaba en Toulouse: "... *Sainte-Cécile de Albi recoge toda la corriente que atraviesa la arquitectura tolosana en el tercer cuarto del XIII y en ella propone una*

síntesis dichosa... [53]". La perfección formal viene acompañada de una precisión en el esquema de equilibrio de la estructura.

Para concluir el análisis de este primer grupo de estructuras referidas al gótico desarrollado en el ámbito meriodional, se presenta una tabla que resume sus valores de estabilidad. Será importante resaltar la puesta en común de todos los modelos y cómo éstos tienden a agruparse entorno a un umbral de valores (la zona diagonal) quedando señalados aquellos más alejados. Aplicando las fórmulas básicas de análisis estadístico, se deberían rechazar los estremos para obtener unos valores promedio.

Cabe recordar que en estructuras de fábrica un coeficiente *de forma* de valor 3 (tradicionalmente éste ha sido el valor considerado como aceptable) indica que, en el caso de una sección de arco o de estribo, la resultante de sus tensiones se sitúa en el tércio central. Nos encontramos ante unos modelos en que este valor supera ampliamente el límite o umbral indicado, por lo que lo importante será interpretar la situación de la mayoría, así como la de los modelos más dispersos.

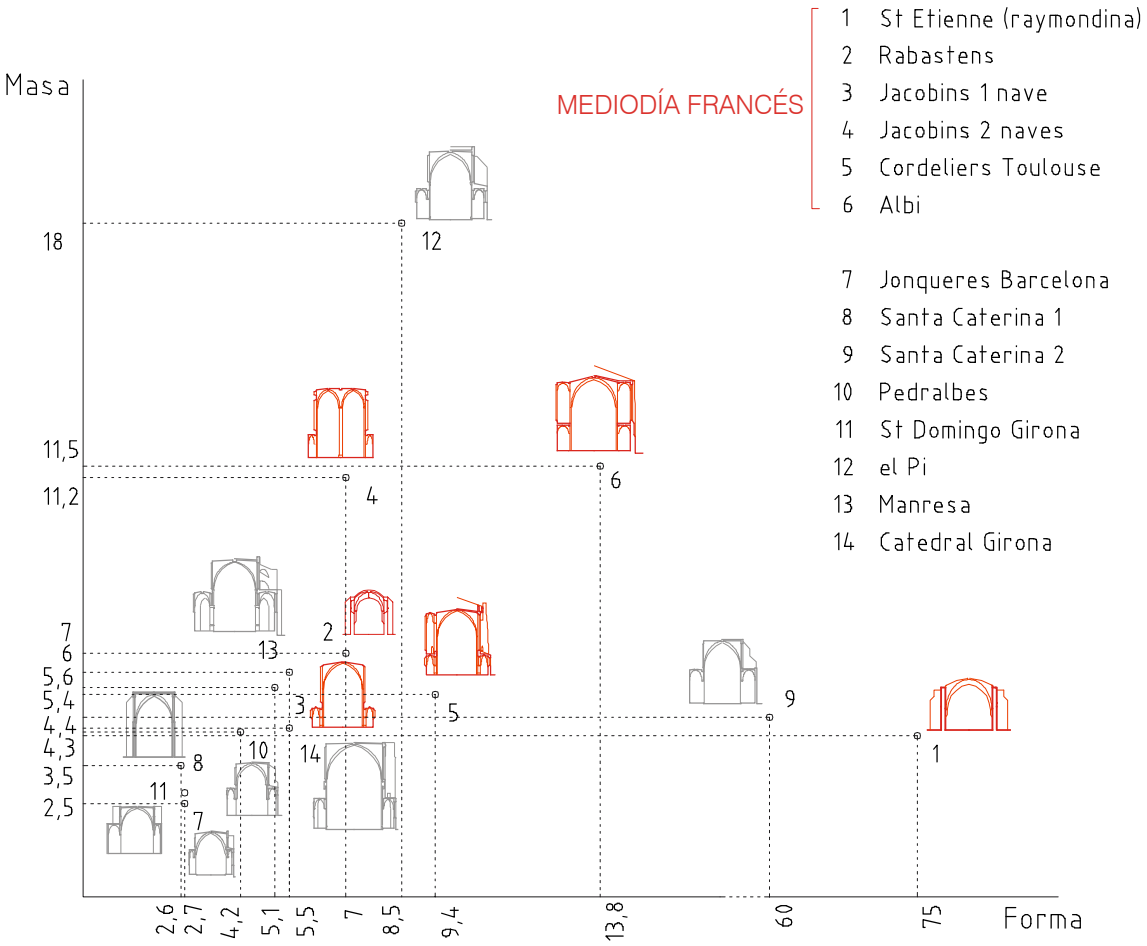


Tabla resumen de los principales modelos analizados

Se observa cómo el carácter arcaico de la mayor parte de estas estructuras en el Mediodía francés (desarrolladas, en su inicio, a lo largo del XIII) proporciona un valores de estabilidad

[53] DURLIAT Marcel, *L'art ancien dans le département du Tarn*, en Congrès archéologique de France 140, Albigeois, 1982, pag 13.

(forma y masa) que son globalmente superiores a los que se mostrarán en los siguientes capítulos, referidos al ámbito catalán.

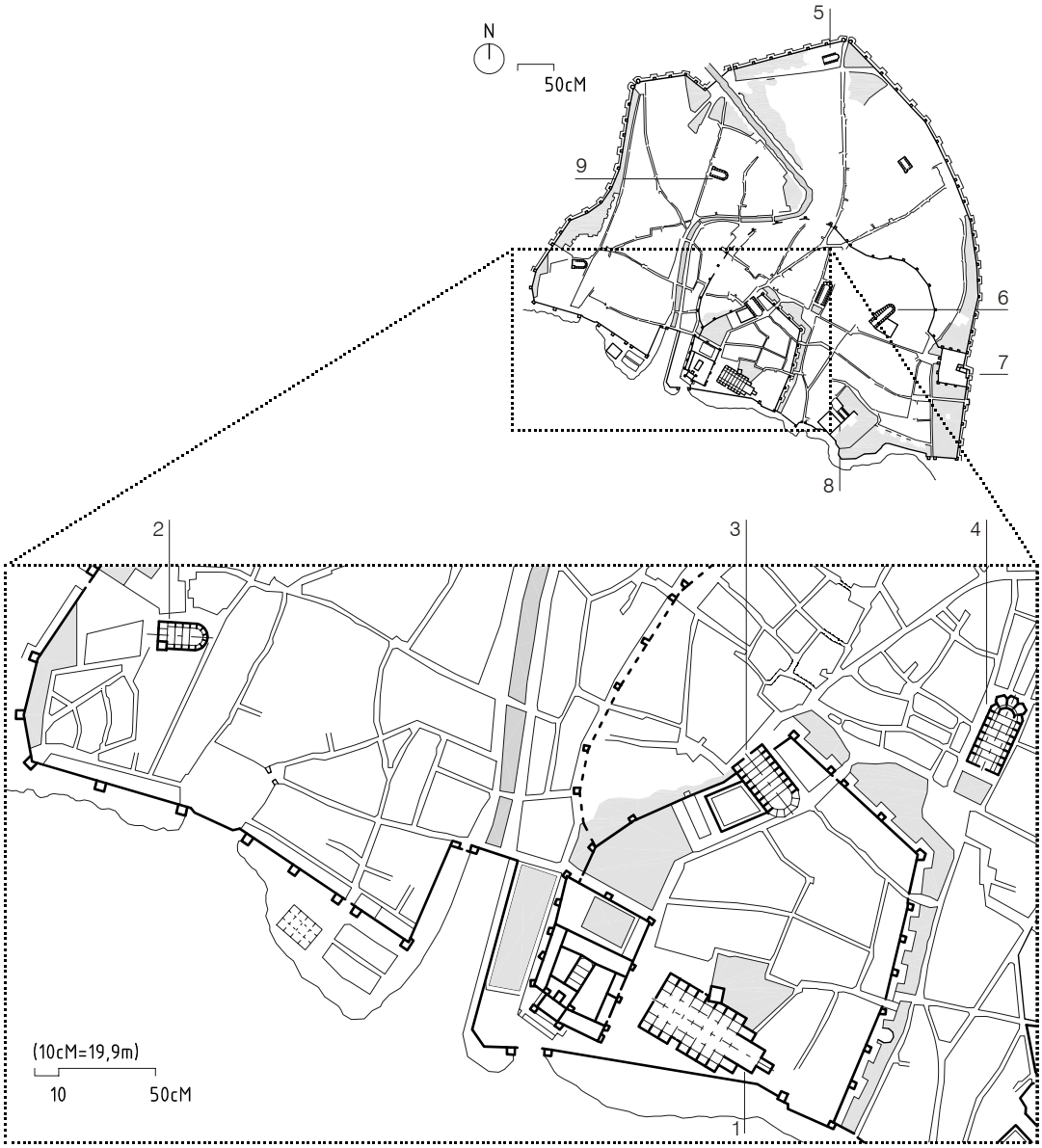
El caso de Sant-Jaume será extremo debido a la desproporción de su contrafuerte, no en cuanto a masa aportada, pues tendrá unos valores aceptables respecto de la gran bóveda soportada, sino por la excesiva dimensión longitudinal que le lleva a no tener excentricidad en la resultante de la base del estribo.

Cordeliers o la nave única de *Jacobins* indican un óptimo diseño estructural con unos valores más que aceptables de seguridad, mientras que la misma gráfica muestra las sobreabundacias de masa de estribo en la solución final de *Jacobins* (respecto de la solución de bóveda partida en dos naves) y en Albi, ésta última justificable debido al tiempo en que se plantea su diseño, a finales del XIII, incorporando un diseño de luz y forma de contrafuertes adecuado aunque con un ritmo de torales excesivamente cercanos.

6. MALLORCA Y PERPINYÀ

6.1 INTRODUCCIÓN

Cuando después de la conquista de Mallorca por Jaume I ésta se incorpora a las tierras catalanas, se inicia un periodo de estabilidad política que permite un desarrollo de la arquitectura gótica meridional. Este contexto se define todavía más cuando a la muerte de Jaume I, su hijo Jaume hereda las islas, con diversos territorios peninsulares entre los que destacan los condados de Rosselló y Cerdanya, y el señorío de Montpeller. La educación del rey Jaume II tendrá mucho que ver con esta condición bicéfala, continental e insular, del reino.



Planimetría de Ciutat de Mallorca hacia 1300[1]. (1, Catedral; 2, Santa Creu; 3, Sant Domenec; 4, Santa Eulàlia; 5, Santa Margalida; 6, Sant Francesc; 7, Temple; 8, Santa Clara; 9, Sant Jaume) [2].

[1] Base gráfica (ajustada en algunas edificaciones y redibujada) tomada de ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional en la Edad Media. Las Ordinations de Jaume II* (1300), GG, 1976, pag 103.

[2] Redibujo a partir de levantamiento completo de la ciudad, por ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional en la Edad Media: las "Ordinacions" de Jaume II (1300) en el Reino de Mallorca*, GG, 1976, pag 103.

Ciutat de Mallorca se convierte en capital nominal y comercial. Perpinyà será la capital política e industrial y Montpeller la capital cultural. En el caso de las ciudades en el mediodía francés, son fruto de la roturación y desecación de terrenos fértiles y del desarrollo industrial y mercantil, donde nuevas situaciones jurídicas son experimentadas: se crea la categoría de *ciutats lliures* con administración democrática.

Esto produce, en el caso de Montpeller, tramas urbanas regulares en forma de ensanches dentro de la muralla de Jaime II[3]. La reserva urbana prevee futuros crecimientos, con elementos urbanos singulares como el "*camí dels dotze pams*" (de anchura) que define un recorrido interior en la nueva muralla.

En Perpinyà, la orden del Temple se constituye en la principal promotora de la desecación de la fértil cuenca de los rios Tet y Tech a partir del XII, a la vez que se incrementa la actividad industrial y téxtil. En 1277 se define el nuevo recinto que engloba numerosas edificaciones así como un albacar o área de reserva donde se ubicará posteriormente el castillo real de nueva planta. Destacan la racionalidad de los trazados de los diferentes ensanches, como *la plana dels Templers* o barrio de la Condomina.

Ciutat de Mallorca se desarrolla a partir de un núcleo preexistente de raices musulmanas. En él, Jaume II, a finales del XIII, rompe el recinto de la muralla para posibilitar la expansión demográfica. El planeamiento urbano será uno de los objetivos, junto con la ordenación agraria de las islas. El gótico balear tuvo un carácter rural y urbano. El llano se reparte y cultiva entre los nuevos pobladores, agrupándose en nuevas villas o adaptando las existentes[4].

Se produce un periodo de prosperidad social y económica que culmina después de las primeras décadas del siglo XIV. Políticamente, el periodo de incertidumbre puede situarse entre el fallecimiento del rey Sancho y la reincorporación del reino a la Corona de Aragón, con Pere el Ceremoniós, en 1343[5]. A partir de esta fecha, aunque la obra magna de la catedral había iniciado su curso, se inicia un periodo de decadencia.

En 1348 y 1375 las pestes provocan la muerte de una parte considerable de la población. La sequía de 1374, prolongada hasta 1388, azota las cosechas, y en 1403 unas lluvias torrenciales desbordan la riera que atraviesa la ciudad, con grandes pérdidas de vidas y edificaciones.

Las primeras iniciativas arquitectónicamente importantes fueron consecuencia de la acción de las órdenes mendicantes, dominicos o franciscanos principalmente. Éstas dispondrán de nuevos terrenos para sus ampliaciones.

En Ciutat de Mallorca se han conservado, las dos iglesias de los sucesivos asentamientos franciscanos y el correspondiente a la comunidad dominica ha sido destruido, aunque se ha investigado en base a algunos documentos conservados, como se verá más adelante.

---

[3] Se trata de los sectores de los *Banys dels reys de Mallorca*, donde se situaban los *logis* y hoteles; el sector de reserva urbana o *Hort del Papa*.

[4] Según explica Alomar, las unidades de crecimiento fuera de la ciudad contienen 100 familias de colonos que ocupan un polígono residencia de 200.000m2 (de lado 100 *destres* de Mallorca). Cada nuevo poblador tenía derecho a un solar urbano de 1775m2 (de lado 10 destres), un terreno agrario de 35500m2 (de lado 45 destres) y una garriga (de lado 90 destres).

[5] SUREDA Joan, BARRAL Xavier y otros, *La España gótica. Baleares*., ediciones Encuentro, 1994, pag 20.

6.2 OBRAS *MENORES* EN MALLORCA

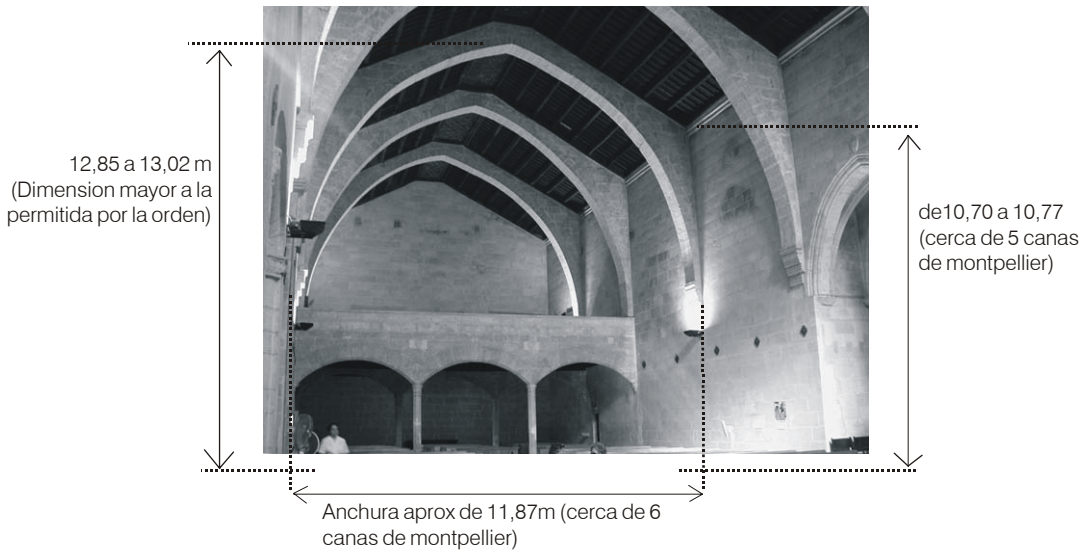
Santa Margarita se sitúa junto a la riera y fuera del primer recinto amurallado, junto a una de las puertas más antiguas del segundo, cerca de un hospital (Santa María Magdalena), y constituye la primera construcción franciscana.

Se construye mediante dos fases diferenciadas en el tiempo más de cien años, coincidiendo la primera con la llegada de los nuevos pobladores. Los franciscanos la inician en 1238, llegándose a consagrar en 1244. Al pasar a manos de la orden femenina a partir de 1279, el presbiterio (cabecera) se reconstruye entre 1341 y 1374.

Tal y como defiende Sureda, se trata de una muestra fundamental para entender la implantación de la arquitectura meridional en las islas."… *este tipo de iglesia de una sóla nave, funcional, rápida de levantar y económica fue común en toda la arquitectura mediterránea del siglo XIII, pudiéndose quizá buscar sus orígenes en tierras del Languedoc*…[6]"

Las fases muestran la evolución de los modos de construcción: en la primera, arcos diafragma que nacen de pequeñas ménsulas, soportando una cubierta de madera y teja a doble vertiente; en la segunda, bóvedas nervadas, modificando sensiblemente las dimensiones generales.

Estos primeros arcos diafragma ya sobrepasan el límite impuesto por la Constitución de la Orden. La clave del arco diafragma(cota de intradós) es de 12,80 m, con una posición de envigado de madera a la cota 13,45 m, lo que sobrepasa el límite, según deduce Durliat, de 10,50 a 11,40.



Nave primitiva con arcos diafragma

Muy cerca de la ciudad de Mallorca se construye, al llegar los nuevos pobladores, el monasterio cisterciense de la Real de Mallorca, cuyos cuerpos han sido muy alterados. Es probable que este monasterio sirviera de puente de unión entre las construcciones cistercienses consolidadas en las tierras catalanas y las primeras experiencias mendicantes que se estaban produciendo en estos años.

[6] SUREDA Joan, BARRAL Xavier y otros, *La España gótica. Baleares*., ediciones Encuentro, 1994, pag 24.

Las pequeñas ménsulas salientes de los muros, donde se apoyan los arcos diafragma recuerdan el modo en que la cultura cisterciense había establecido las salidas de arcos en las entregas con muros.

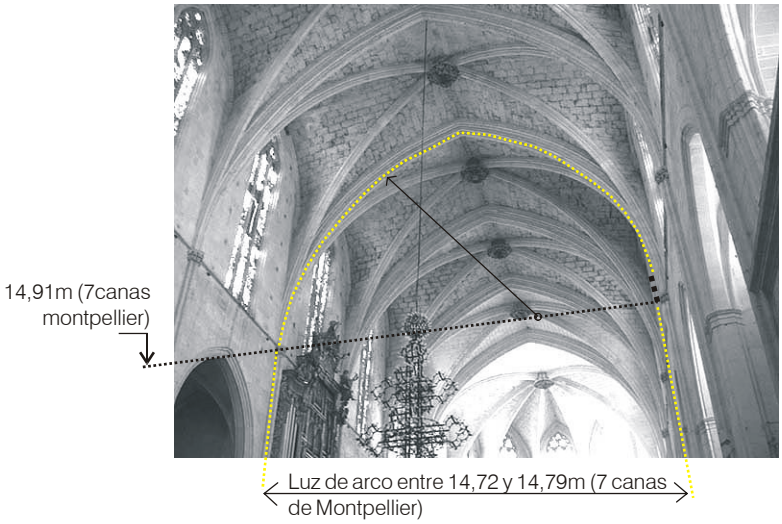
El trazado del intradós en los arcos responde todavía a un estadio primitivo de estructura. El radio que forma el semiarco es relativamente pequeño, por lo que sus centros se aproximan al eje de la nave. Se trata de una forma similar a la de los arcos diafragma de la sala de dormitorios de Santes Creus.

Aunque de luces similares a la de Santes Creus, aquí se aumenta este valor hasta los 11,90 m. Y mientras que en Santes Creus la plataforma de arranque de los arcos se sitúa a unos 2,60 m y en Poblet es de 4,80 m, aquí será de unos 5,50 m. por tanto, se aumentan ligeramente los límites en anchura y en altura que los maestros debían conocer a través de los monjes de la Real.

Métricamente, la nave primitiva separa sus muros un valor próximo a las 6 canas de Montpellier. Se trata pues de una dimensión experimentada por los cistercienses que se ajusta a un patrón conocido por los nuevos pobladores.

Unos cien años más tarde de su inicio, se decide reformar la cabecera. La cota de clave de los nuevos arcos en la cabecera se incrementa hasta los 18,20m. Cambia la forma del arco, pues el arco se peralta tomando una dimensión de radio equivalmente a dos tercios de la base, una dimensión cercana a las 2 canas de montpellier.

El ábside puede entenderse como el inicio de una reforma posterior que hubiera provocado la demolición de los arcos diafragma de la primera fase, de modo que la nave primitiva serviría como plataforma de trabajo para realizar la segunda piel.



San Francisco. Nave

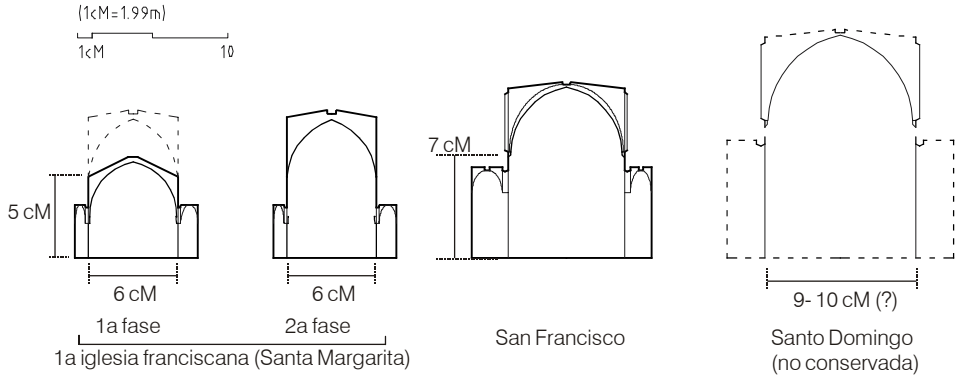
La segunda construcción de los franciscanos en Palma corresponde al periodo de tiempo, último tercio del siglo XIII, en que las Constituciones de la Orden ya han adaptado sus normas estéticas a las nuevas situaciones urbanas y sociales, estableciendo mayor libertad en el crecimiento de las cubiertas, comparable en envergadura con experiencias tales como los Cordeliers o Jacobins de Tolosa, o con la obra de los dominicos en la ciudad.

Sureda explica la presencia de los dominicos en la ciudad en 1231, iniciando en 1295 la construcción de la nave única de la iglesia, que se termina con cubierta abovedada medio siglo más tarde. En este

caso se crea una obra de nueva planta, sin condicionantes de preexistencias. Este análisis plantea que los arcos diafragma tenían la misma posición que los dobleros actuales.

Al analizar la sección se observa que se establece una relación proporcional equilibrada 1a 1 entre la anchura de la nave y la posición de la imposta a partir de la que nacen los arcos de las bóvedas. Esta dimensión se aproxima a las 7 canas de montpeller. En este plano de las ménsulas se sitúa el centro de los arcos en 5/7 partes de la base que, aunque no constituyen una relación 2 o 3 respecto de la luz (arco *de tercio* o *de qui*nto), se adecúa a la cana utilizada para conservar un radio en valores enteros.

El siguiente gráfico compara las medidas principales de las iglesias mendicantes en Mallorca. Se ha incluido una propuesta de sección de la iglesia del convento de Santo Domingo de Mallorca, de la que se conoce su inicio en 1296 y su terminación en 1359.



Se trata pues de un periodo en que las órdenes mendicantes han experimentado las técnicas góticas hasta sus mayores logros (en Toulouse la obra de los *Cordeliers* y de los *Jacobins*, en Barcelona la obra de Santa Caterina). Uno de sus maestros será Jaume Fabre, quien posteriormente es llamado para trabajar en la catedral de Barcelona, aunque con el compromiso de asistir la obra dominica de la isla cuando así fuera requerido. Así, la presencia intermitente del maestro Fabre podría haber sido de gran trascendencia durante unos treinta años.

	Febrer	Dameto	Diago	Otros
Largo	284	284	279	
Ancho[7]	138	92	139	135
Alto	152	152	198	

Recientes estudios identifican el carácter mendicante particular de unas zonas de la catedral de Barcelona (en concreto, las referidas al tratamiento de la fachada Norte y al sistema de tribuna sobre capilla, encajadas entre los contrafuertes) atribuible a la experiencia de Fabre en la obra dominica de Mallorca[8]. Rosselló publica las medidas básicas de la iglesia, referidas a su largo, ancho y alto y apunta que las crónicas han dejado constancia de errores o incoherencias. La dificultad de interpretación de estas medidas estriba en que éstas se describen en palmos[9].

[7] DURLIAT Marcel, *L'Art*... op cit, pag 66.

[8] BRACONS Josep, *Jaume Fabre, maître de l'oeuvre de la Cathédrale de Barcelone*, Coloquio de Narbonne 1992, pag 135.

[9] ROSELLÓ Juan, El convento de Santo Domingo (sXIII-XIV), Bolletí de la Societat Arqueològica Lul.liana 41, 1985, pag 120; y ALOMAR Antoni, *Les restes de Sant domingo i de Nª Sra de la Victòria*, en Bolletí de la Societat Arqueològica Lul.liana 49, 1993, pag 389.

Para deducir las medidas globales, puede interpretarse que el maestro Fabre utilizase las medidas de la obra en la base que estuviera aplicando en las obras de Barcelona, esto es, la cana catalana (cuyo palmo tiene un valor sensiblemente inferior a la de Montpeller, de 0,194m). Otra posibilidad es que los cronistas que pudieron comprobar las medidas en los siglos XVII o XVIII utilizaran la medida imperante en el Reino de Castilla (con la que debían trabajar los servicios militares y cartográficos[10]), o sea, la vara castellana (cuyo palmo tiene un valor de 0,208m). La tercera y última hipótesis es la de considerar como medida base el destre de Mallorca que, según Alsina[11], se divide en 21 1/2 palmos (cuyo palmo tiene un valor de 0,195m). dado que la medida de los palmos es bastante próxima, se puede mostrar una hipótesis de equivalencia en metros. La medida obtenida será similar a la grafiada en el plano de Alomar de Ciutat de Mallorca [12]:

	Anchura total	Altura total
Valores en palmos	135	152
Valores en metros (a partir de la cana catalana)	25,6	29,3
Valores en metros (a partir de la vara castellana)	28,1	31,6

Santo Domingo de Mallorca. Medidas básicas de la nave

En síntesis, cuando se traducen las medidas en el gráfico que compara las diferentes secciones, se obtiene la estructura más amplia jamás alcanzada por una estructura dominica, a pesar del carácter experimental y avanzado que solían tener algunas de ellas. A este respecto, Durliat alumbra alguna esperanza de que realmente se trate de una gran estructura y es muy claro cuando insiste sobre el progreso que los mendicantes de Mallorca habían tenido hacia finales del XIII, en relación a las primeras obras de las órdenes, recalcando la conexión formal con la obra de los dominicos de Barcelona "... *Las iglesias empezadas en Mallorca por las dos principales ordenes mendicantes, en el último 1/4 del XIII, contrastaban en anchura y altura con las humildes construcciones con que los frailes se habían contentado hasta entonces, pero se distinguían sobre todo por su pertenencia a una misma familia de edificios caracterizados por una nave única con capillas laterales entre los contrafuertes y ábside poligonal... el mismo modelo que se había desarrollado por los mendicantes en Barcelona algunos años antes*... [13]"

De ser cierta la interpretación métrica hecha, estaríamos ante una obra superior en envergadura a la obra de los *Cordeliers* de Toulouse o la de Santa Caterina de Barcelona, próxima en luz a la *nave raymondina*, sólo superada con estructura de bóveda (?) por la nave única de la catedral de Girona, y que estaría poniendo en entredicho la *modesta* obra primitiva (nave única de dimensión interior correspondiente al ábside actual) de la catedral de Mallorca. Queda pues el tema abierto a futuras investigaciones.

Santa Eulalia es la única construcción del momento en la ciudad que no prosigue con el modelo de nave única. Ocupando el lugar que tenía una antigua mezquita, los trabajos se inician a finales del XIII. La obra sufre una aparente interrupción cuando estaban construídas parte de capillas y muros, hasta la década de 1360. y la obra se prolonga durante los siglos siguientes.

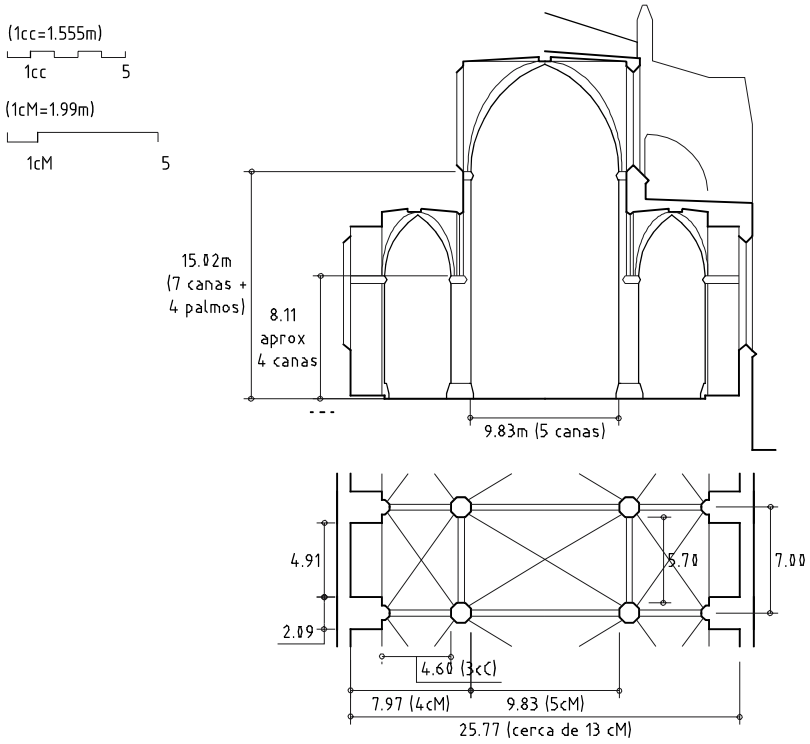
---

[10] El mismo Alomar publica en su trabajo el mapa de José de Cáceres del puerto de Palma en 1809, unos años antes de la destrucción del convento, usando como escala gráfica la vara castellana. (op.cit. pag 406).

[11] ALSINA Claudi, *Mides*… op cit, pag 148.

[12] ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional en la Edad Media: las Ordinacions de Jaume II (1300) en el Reino de Mallorca*, GG, 1976, pag 103

[13] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit pag 66.



Iglesia de Santa Eulalia de Ciutat de Mallorca[14]

Hacia 1364 ya se habían colocado los primeros pilares octogonales (que al parecer en reformas posteriores serán forrados y alterados). Durliat señala que Santa Eulalia precede a la catedral de Mallorca "... *en la adopción de un elemento característico de la arquitectura barcelonesa*... [15]", en referencia a la sección octogonal del soporte.

Durliat describe el original espacio lateral. "...*la nave está limitada por unas naves laterales de la mitad de anchura, prolongadas hacia el exterior mediante capillas estrechas de la misma altura que aquellas, dispuestas entre los contrafuertes y de cañón apuntado*... [16]", aunque también señala la existencia de multitud de elementos pertenecientes a fases constructivas estilísticamente diferenciadas. Además, la cronología de la obra, en sus primeras décadas, es confusa, y tan sólo se conocen algunos datos sobre construcciones parciales y capillas.

La solución estructural es similar a la de Manresa, por el modo de integrar el contrafuerte que supera limpiamente la salida sobre el colateral y se entrega de modo tosco y con una sección desmesurada el el lateral de la bóveda central.

Cabría la posibilidad de, si se demostrara la presencia de Montagut en Mallorca, que éste hubiera asesorado en la elección del pilar octogonal y en la solución experimental a la vez que original que muestra la sección, a una escala mucho más contenida que la de Manresa[17].

---

[14] Las medidas se superponen a una base gráfica redibujada de CHUECA GOITIA, Hª de la Arquitectura Española en la Edad Antigua y Edad Media, 1965.

[15] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit pag 113.

[16] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit pag 108.

[17] En el apartado de conclusiones del capítulo sobre Santa María del Mar y Manresa se retoma este tema, comparando las secciones propuestas por las tres.

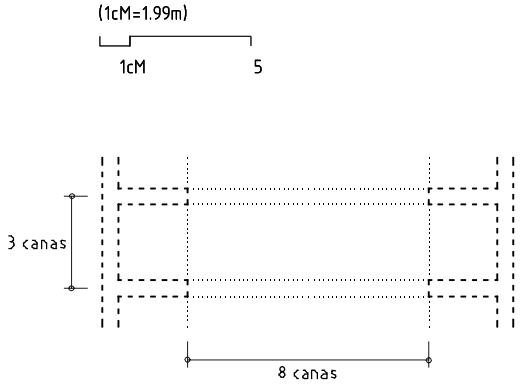
6.3 OBRAS *MENORES* EN PERPINYÀ

Al termino del XIII, la población de la ciudad de Perpignan se había cuadriplicado, motivo por el cual se construye una nueva muralla con tres nuevas parroquias: Sant Jaume, Sant Mateu y La Real. Las órdenes mendicantes se habían instalado desde el tercer cuarto del XIII, y el Palacio Real, empezado antes de 1276, estaba terminado en 1310. Se producen unas condiciones de gran actividad económica durante las primeras décadas del XIV, hasta llegar a las guerras entre las Coronas de Aragón y Mallorca en 1344 y la peste negra en 1348, cuando se paralizan todas las actividades emprendidas hasta ese momento.

Las primeras noticias del establecimiento del convento franciscano datan de 1241, con una iglesia parece estar en construcción en 1277 y un ábside todavía en proyecto hacia 1299[18]. De ocho tramos de su iglesia, con arcos adovelados que sustentaban una techumbre de madera, apenas se han conservado restos.

Algunos investigadores señalan el papel que pudo tener la pequeña capilla de la *Mare de Deu dels Angels*, situada en uno de los lados del recinto del convento, como uno de las estructuras góticas más primitivas de la ciudad. Actualmente restaurada, se observan formas de nervaduras primitivas talladas en ladrillo, con encaje tosco cuando se entregan contra un capitel con ornamentación característica cisterciense, sobre unas pilastras cilíndricas adosadas al muro de tímidos contrafuertes.

Capilla Mare de Déu dels Angels



Tramo de iglesia de San Francisco[19]

Respecto de la iglesia principal del convento, apenas hay documentación. Si se atiende a las dimensiones del documento de Stym-Popper publicadas por Durliat, se trataría de una de las construcciones de mayor envergadura alcanzadas en la ciudad. Una luz de arcos adovelados de unas 8 canas de Montpellier se volverá a alcanzar, años después, en el toral del ábside de la catedral de Saint-Jean. Una envergadura mayor que la que plantearía la iglesia dominica o las nuevas parroquias y que justificaría la opinión de Durliat cuando señala que "*... se distinguía de las antiguas iglesias de Mallorca por una mayor altura y por la existencia de ventanas*... [20]".

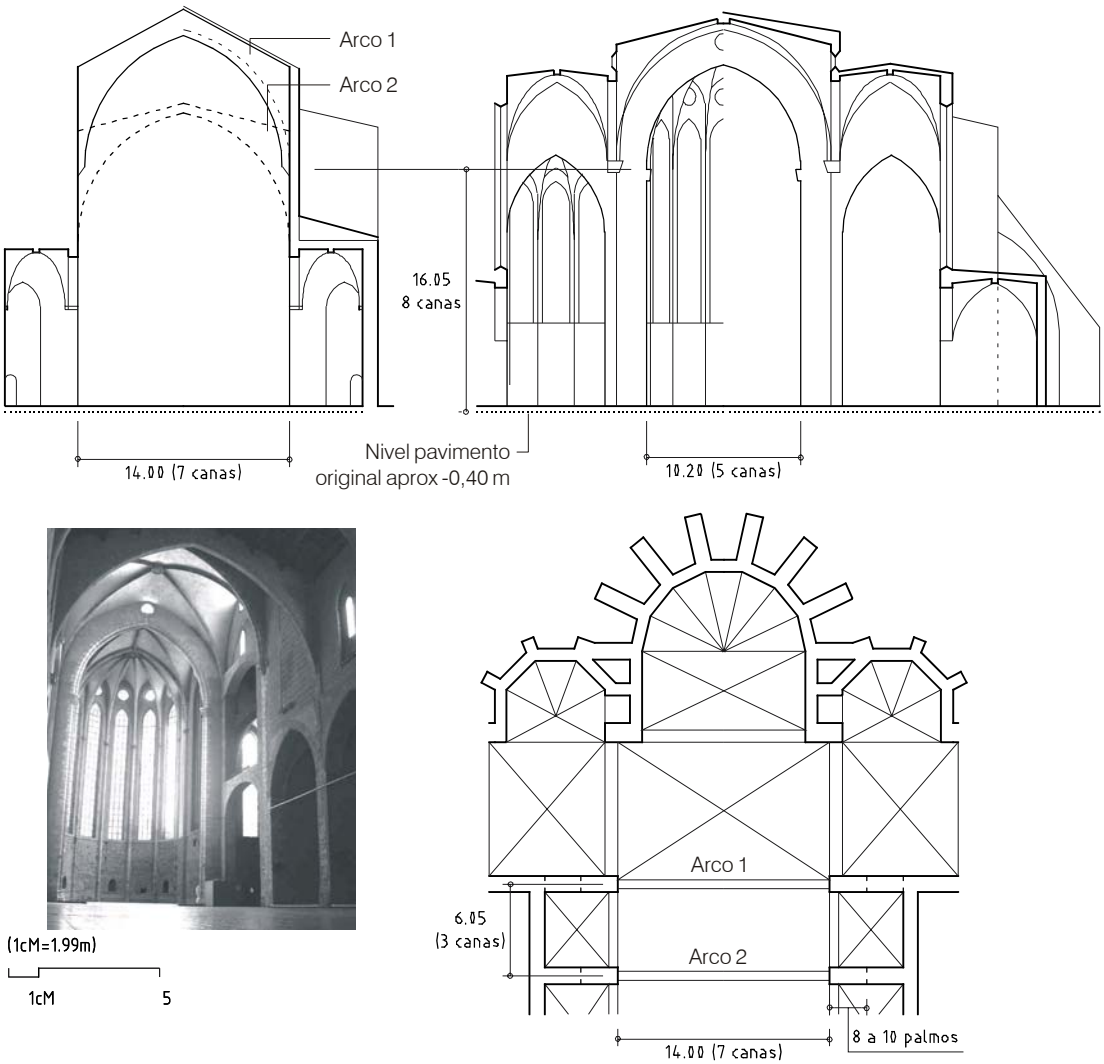
Sobre la obra de los dominicos, debe destacarse que desarrollan un gran complejo arquitectónico en varias fases (en la actualidad de difícil acceso y reconocimiento debido a la ocupación como

[18] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit, pag 71.

[19] Redibujo de tramo tomado de planta de Stym-Popper según documento de la Direcció d'Enginyeria, incluido en DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit, pag 72.

[20] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit, pag 71.

caserna). La obra de la iglesia puede considerarse relativamente tardía, si se compara con otras fábricas como Tolosa, Barcelona o Mallorca. Sin embargo, la complejidad que alcanza bien merece el relativo retraso en el tiempo: una primera nave se situaba en el lugar de la actual, con luz similar y contrafuertes menos profundos y debía presentar un modelo constructivo similar a Santa Caterina. Durliat y Alomar discrepan en su datación, por el tipo de fábrica (combinación de *codols* y hileras de ladrillos), asociables al uso constructivo de finales del XIII o bien del XIV[21].



Iglesia del convento de los dominicos. Tramo tipo y triple ábside[22].

Cuando se decide emprender una reforma completa de la iglesia, la obra empieza por la construcción de un ábside singular (acompañado aparentemente desde su inicio por absidiolos laterales) y, si la datación fuera correcta (finales del XIII), podría entenderse como una solución de referencia para los planteamientos y discusiones de Perpinyà y Mallorca.

El proyecto de ábside central establece las pautas excepcionales que deberá tener la nave futura, en lo que respecta a altura y posición de arcos: partiendo de una base de arco de luz pequeña

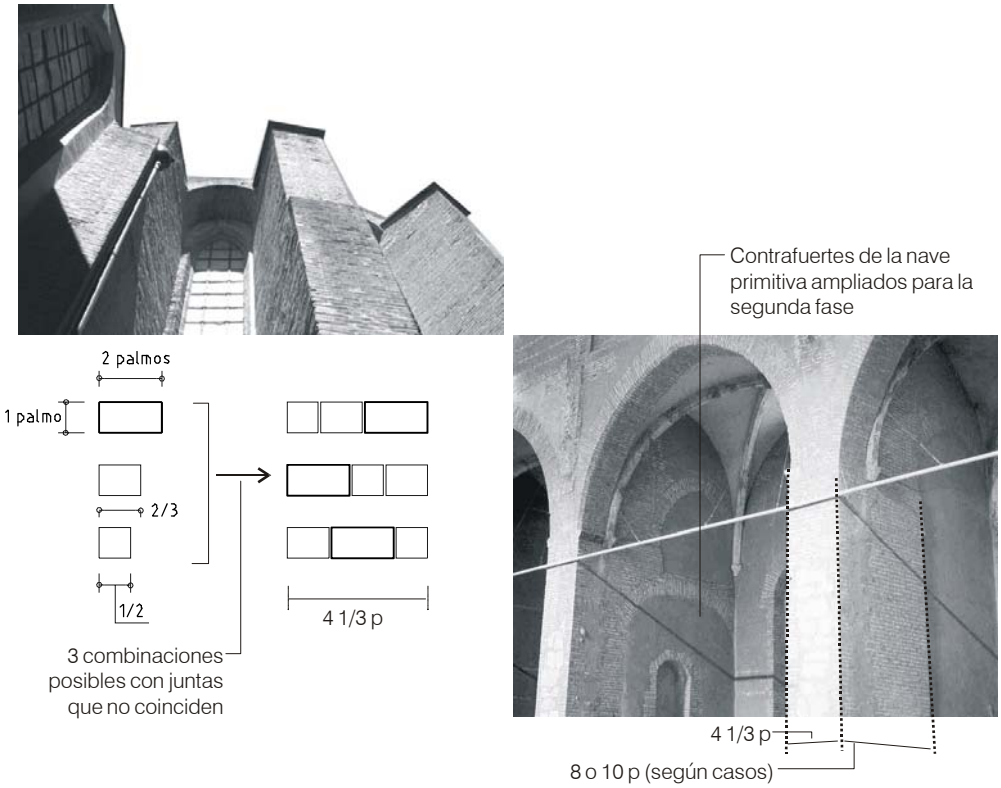
[21] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit, pag 81.

[22] Medidas de formas y posición de arcos según levantamiento propio, comparadas con las cedidas por Oliver Poisson (documento con cotas originales del Service départamental de l'Architecture et du Patrimoine de Perpignan).

(unas cinco canas de Montpeller), se pretende dignificar el espacio sacro elevando al máximo la posición de los torales hasta alcanzar una cota de unas 8 canas[23], algo más que el proyecto fallido de una sola nave en los *Jacobins* o que la esbelta iglesia de los *Cordeliers* de Tolosa.

Además, los monjes pretenden extender esta cota hacia el resto de la nave, diseñando un crucero de transición, cuyo arco toral en el lado de la nave llega a ser construído en la posición prevista.

Para alcanzar tal magnitud de estructura, los maestros dominicos amplían sus contrafuertes de ladrillo macizo, intuyendo la necesidad de aportarles masa cuando el modelo de estructura (luz de unas 7 canas y posición de arcos a 8 canas), tendría apenas referencias con que compararse. Finalmente, la crisis económica debió afectar a la fábrica de tal modo que el resto de arcos diafragma son reconstruídos a una cota mucho menor, tal y como se observan en la actualidad.



Iglesia de los dominicos. Contrafuertes en la nave y vista del ábside

La desnudez de los paramentos de ladrillo permite analizar las unidades constructivas. Como en el caso de la catedral de Albi, los dominicos emplean una unidad de construcción basada en el palmo de la cana (en este caso la de Montpellier) utilizando aparentemente medidas enteras de ladrillo (largo de 2 palmos) o bien particiones como 1/2 o 2/3. Así, los contrafuertes primitivos varían en su dimensión de profundidad original (primera fase constructiva) entre 8 y 10 palmos y su anchura corresponde a tres piezas (1 + 2/3 + 1/2 ladrillos) que se van alternando *a rompejuntas*, como se ve en el esquema. Por tanto, se forma una base de 13/6 ladrillos o, lo que es lo mismo, 4 1/3 palmos (dimensión aproximada de 1,10 m[24]). Las medidas de los anchos de

[23] Según documento consultado en el referido Service départamental el pavimento original se situaba a unos 0,40 m por debajo del actual (cata realizada en la base de uno de los contrafuertes) lo que se ha tenido en cuenta para el análisis de la posición de los arcos.

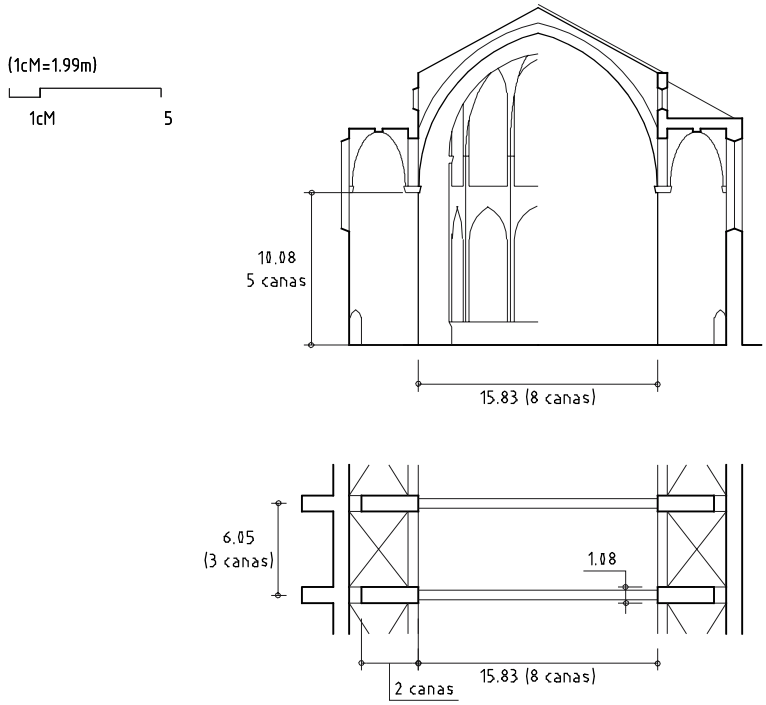
[24] Medida obtenida en levantamiento propio y comparado con el indicado por el plano del Service départamental de l'Architecture.

formeros y torales son diferentes entre ellos pero, como ocurría en Albi, todas tienen un fundamento en palmos.

Al igual que en Albi y como debió ser frecuente en toda la región, el material cerámico se preparaba en cuantiosas partidas una medida de excepcional dimensión (1 x 2 palmos) para permitir la rápida manipulación y la construcción de grandes nervaduras, capaces de recoger la carga de pesados muros (caso de la fachada interior de la nave).

Respecto de la obra del Carmen, sus primeras noticias datan de 1324, cuando dos picapedreros trabajaban para cubrir una parte del edificio y el prior del convento había encargado a una pedrera de Baixàs "... *las piedras talladas necesarias para la confección de 250 palmos de cruceros de ojivas*... " (otro encargo similar se produce en San Francisco, cuando el propietario de una de las capillas encarga a tres picapedreros de Baixàs "... *que corten 177 palmos de cruceros de ojivas para su capilla dentro del convento de los franciscanos de Perpignan*...[25])"

La obra actual es resultado de la campaña llevada a cabo a lo largo de la segunda mitad del XIV, como indica Durliat, como reforma y ampliación de una nave más primitiva, tal y como era habitual en caso todos los casos de órdenes religiosas.



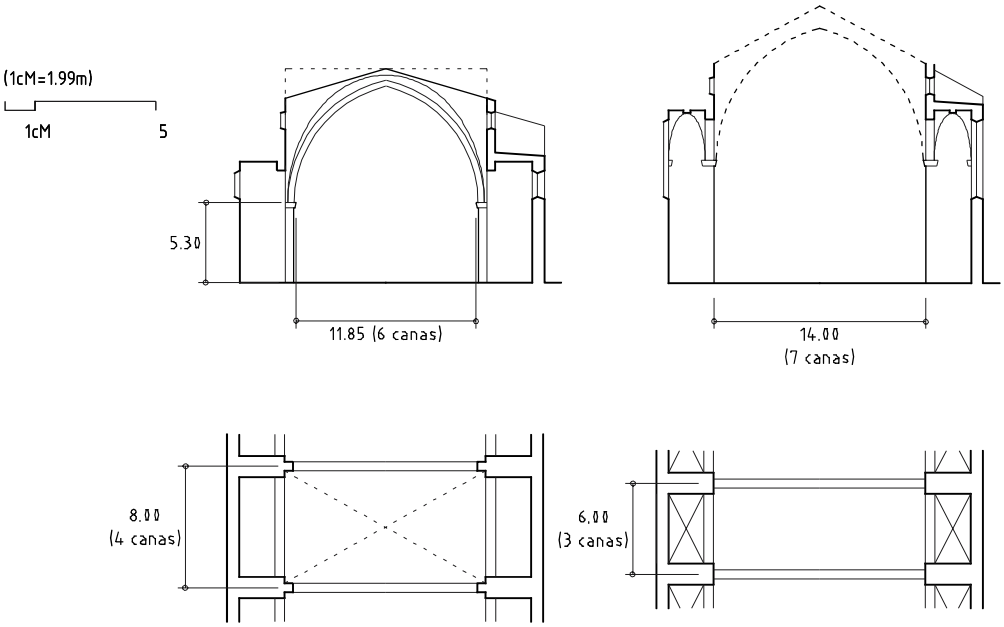
Iglesia del Carmen[26]

Esta vez el contrafuerte vuelve a presentar la misma medida de base que la descrita para los dominicos, aunque con la peculiaridad de este reside en aquí la sección se compone de diversos materiales (se combina la piedras de baixàs en los perfiles de esquina, con hiladas de ladrillo y *palets de riera* en el relleno interior). Por tanto, estamos ante un caso en que uno de los materiales, el ladrillo, desarrollado posteriormente en arcos torales y formeros, condiciona con sus medidas de encaje la dimensión total de la sección.

[25] DURLIAT Marcel, *L'art …,* op cit, pag 88.

[26] Medidas contrastadas con base del Service départ. de l'Architecture et du Patrimoine de Perpignan.

Tratándose de, a priori, una obra con menores medios de financiación que una obra catedralicia o palatina (los diafragmas de la Sala de Mallorca en el Palacio alcanza *tan sólo* 11,50m), el resultado puede considerase destacable, superior en luz al que presentaba la obra de los dominicos.



San Jaume. Tramo tipo La Real. Tramo tipo

En el caso de San Jaume y La Real[27] , que son presentadas por Durliat como directamente influidas por las experiencias mendicantes de la misma ciudad, con arcos diafragma y tejado de vigas de madera: "*...se puede comprobar la influencia ejercida por la arquitectura de las órdenes mendicantes sobre las iglesias seculares. La demostración más elocuente la proporciona la iglesia de San Jaume, la más antigua de las tres (*junto con San Mateu*), que modifica la estructura en el curso de la obra, para adaptarla finalmente al edificio propuesto por las órdenes mendicantes...* [28]"

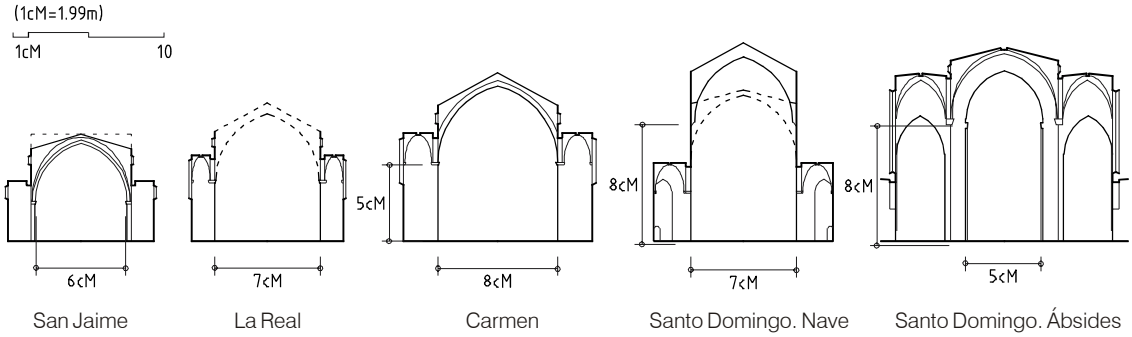
San Jaume. Nave interior La Real. Nave interior

Durliat está en lo cierto cuando señala que San Jaume corresponde a una obra más primitiva respecto de todas las obras que se desarrollan en su entorno próximo, pues la contención de sus medidas así lo expresan. Además, es conocido que las primeras donaciones se producen hacia 1261, llegando a terminar algunos muros laterales y capillas hacia 1330. En el caso de la iglesia

[27] La primera, con medidas en los torales y en la segunda con medidas libres entre contrafuertes.

[28] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit pag 114.

de La Real, el inicio de los trabajos puede situarse a principios del XIV, estando la obra bastante avanzarda hacia 1340[29].



Iglesias de Perpinyà. Secciones comparadas

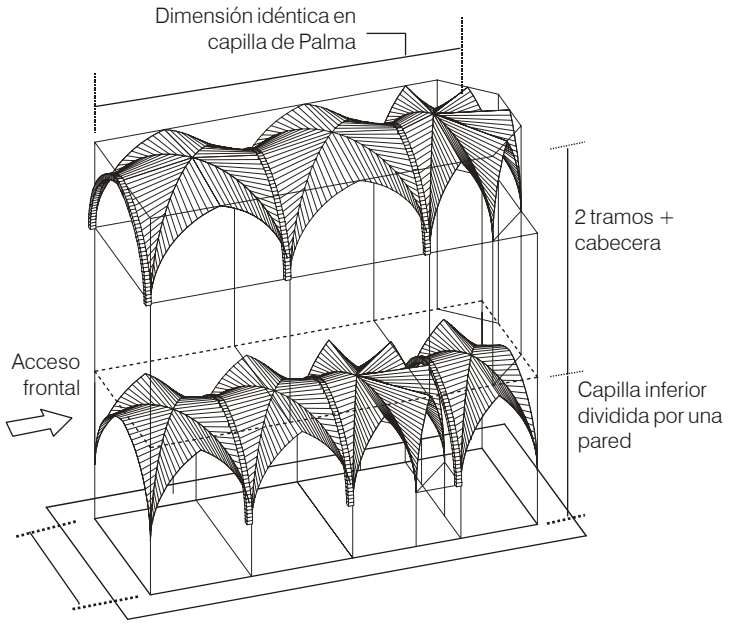
Como en otras ciudades presentadas, aquí los mendicantes van produciendo tentativas estructurales que investigan sus crecimientos en altura y anchura, acordes con unas dimensiones de estribos entre los cuales se posicionan las capillas, produciendo pasos a través y arcos de descarga como en el caso de Santo Domingo, en donde la propuesta será más inusual, recuperando un modelo de triple ábside que bien podía tener su inspiración de las fundaciones cistercienses próximas.

[29] DURLIAT Marcel, *L'art …* op cit pag 116.

6.4 LAS CAPILLAS DE LOS PALACIOS REALES

En las dos capitales del Reino de Mallorca el modo en que la intervención arquitectónica se realiza es diferente. Mientras que en Palma se adapta a unas construcciones primitivas y existentes, creando una ordenación en torno a diversos patios, en Perpinyà la construcción es de nueva planta, estableciendo una relación ordenada respecto a un solo patio principal, donde el núcleo de capillas superpuestas, con acceso axial, establece el eje compositivo principal.

En el caso de Perpinyà, ambas capillas separan dos pequeños patios, el del Rey y el de la Reina y en el ala Sur del gran patio se encuentra la sala de Mallorca con arcos diafragma y cubierta de madera a dos aguas, como ocurrirá también en Palma. Alexander Cirici apunta la posibilidad de que el palacio esté originalmente diseñado por el arquitecto Ponç Descoll[30].

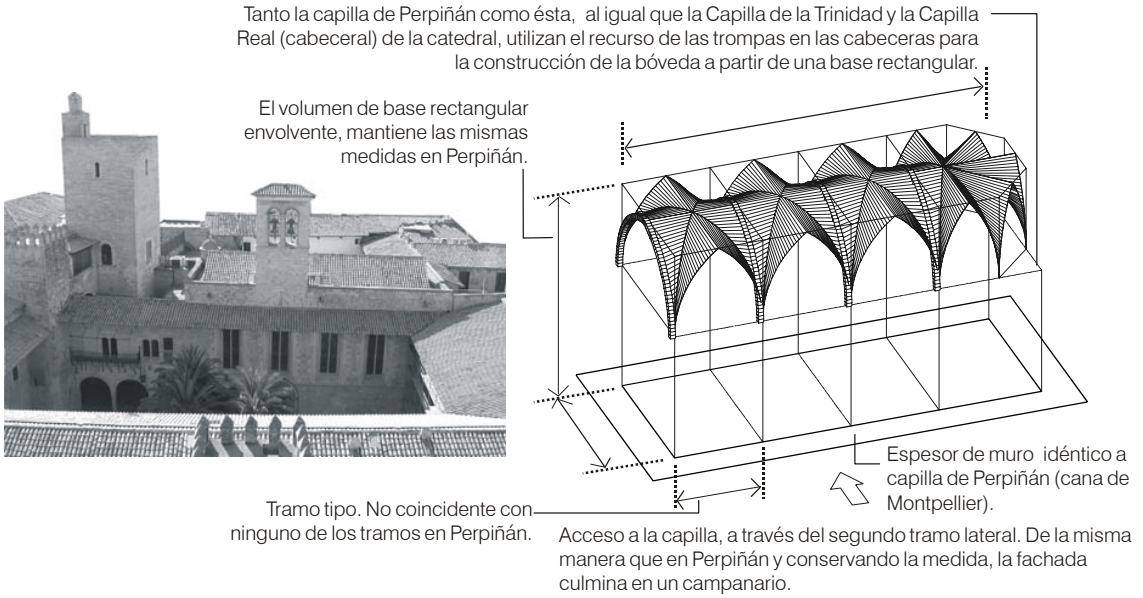


Capillas solapadas del palacio en Perpinyà.

Las plantas de ambos niveles son idénticas, formando un rectángulo en que se mantiene el mismo espesor de muro. Sin embargo, la modulación de las bóvedas es variable y altera la profundidad de los tramos, es decir, la forma de las diagonales y de los tramos de bóveda correspondientes.

En el caso de la capilla palatina de Mallorca, se trata de una misma estructura de contenedor donde se experimentan diversas opciones de formas en los tramos. Un mayor número de tramos permite un comportamiento más homogéneo de un muro sustentante sin contrafuertes ni otros resaltes. A la vez, produce unos plegamientos de bóveda más acusados cuando el muro de la ventana pretende alcanzar la mayor altura.

[30] CIRICI Alexander *Arquitectura Gótica Catalana*, ed Lumen, Barcelona 1968. Indice final de monumentos, sobre el Palacio de los reyes de Mallorca en Perpinyà.



Capilla del Palacio de la Almudaina en Palma

Lo más destacable es que estas variantes se producen manteniendo el arco doblero, con lo que se puede investigar la forma más acertada para un arco diagonal cuyo límite de longitud viene establecido por el arco de medio punto (cuando se pretenden mantener las claves de arcos, considerando las anchuras mayores como formas de estabilidad menor).

El uso de un mismo doblero permite que el arquitecto transporte consigo la montea para la cimbra o la plantilla de la construcción de la dovela. Sería un modo de operar de gran utilidad cuando la envergadura del proyecto pase a ser mucho mayor, como en el caso de la catedral.

El resumen de las medidas tomadas es el siguiente (valores en metros):

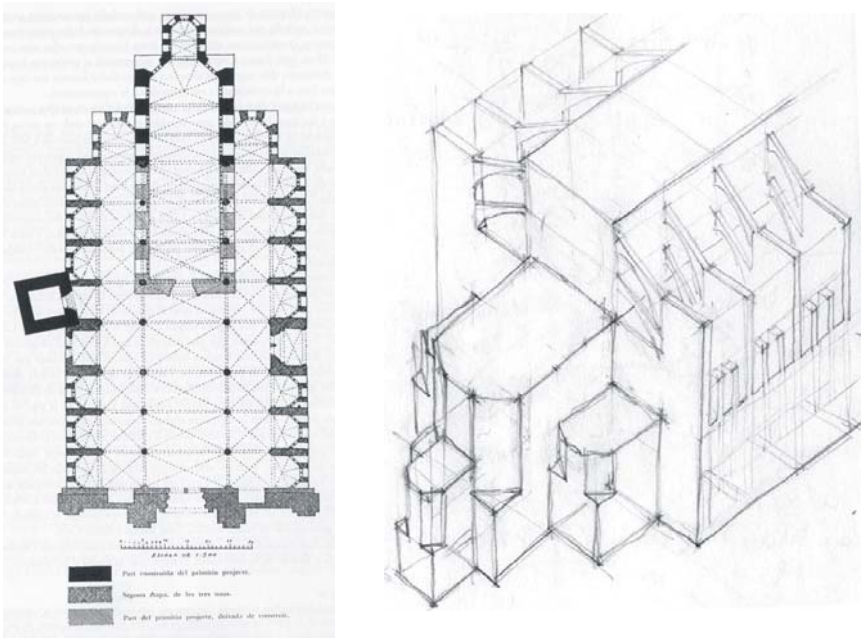
	Luz arco	*Base arco*	*Radio*	*Cota clave*	*Observaciones*
Capilla Mallorca					
Doblero	7,80	8,06	5,02, 5,16	12,83, 12,98	Luz de 4 canas de Montpellier
Diagonal			5,47,5,65	13,24	
Capilla Perpinyà					
Doblero	7,87	7,95	4,96, 5,30	12,92	
Diagonal			5,24, 5,20	13,16	Medio punto

6.5 LA CATEDRAL DE MALLORCA

Este trabajo se va a referir a los orígenes de la construcción y a la evolución que sufre la obra en la transición entre el espacio de los ábsides y la triple nave, es decir, al periodo de obra situado en el siglo XIV en el cual se consolida la técnica y los modelos del gótico meridional.

No se va a aislar la obra del contexto general del reino de Mallorca, pues en la ciudad de Perpinyà se estaba iniciando de modo paralelo la obra de la catedral nueva, como tampoco del resto de la cultura meridional, pudiendo plantear ciertos paralelismos formales y métricos.

La cabecera (Capilla Real) corresponde a una intención primitiva de crear una catedral de *nave única*, según las tesis defendidas por Forteza[31], Durliat y Domenge, en base a los modelos previos dentro del reino de Mallorca. Ya se ha visto la experimentación con pequeños modelos mendicantes, o en el interior de los recintos de los palacios reales. Así también se expresará en la catedral de San Joan de Perpinyà.



Planta de Alomar y gráfico de volúmenes[32]

Las investigaciones de Durliat y Domenge referidas a los libros de la obra de la catedral de Mallorca han permitido, mediante las noticias sobre actuaciones de personas, materiales, sueldos, frecuencias de trabajos, etc, establecer las líneas generales del proceso de construcción de la obra, aunque con algunos periodos menos detallados debido a la escasez de documentos o pérdidas de la actas correspondientes.

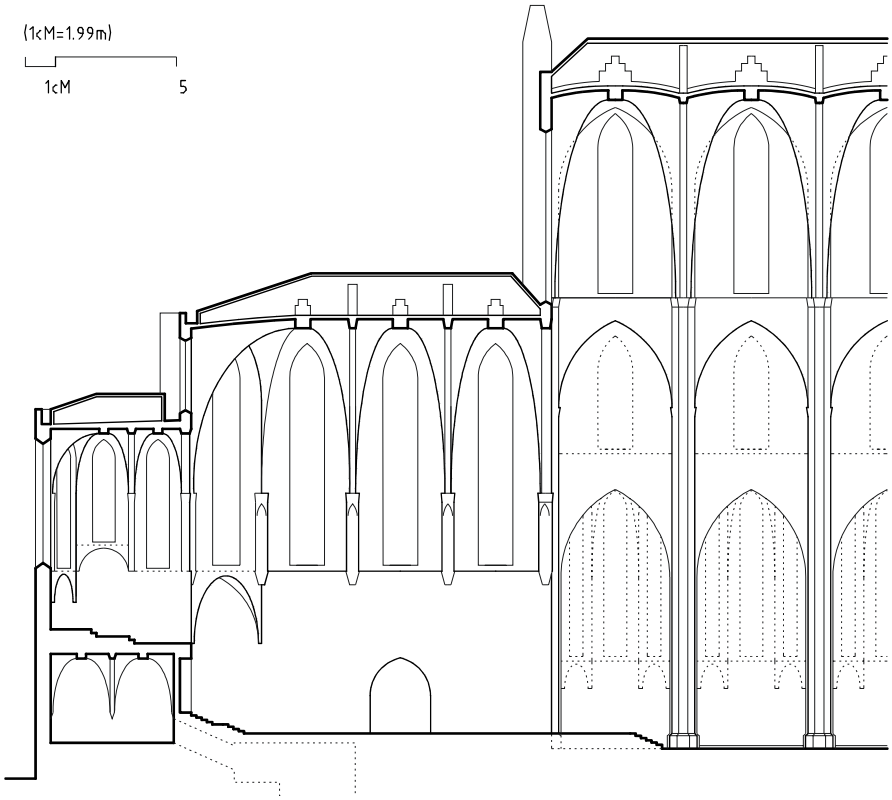
Ambas construcciones se inician con la llegada del siglo XIV, cuando se tienen las primeras noticias sobre la voluntad de construir nuevos espacios de catedral. En el caso de Perpinyà, la antigua Sant Joan respondía a un modelo ya superado durante todo el XIII mientras que en Ciutat

[31] FORTEZA Guillem, *les determinants gòtiques de la catedral de Mallorca*, Palma 1929; FORTEZA Guillem: *Estudis sobre arquitectura i urbanisme*, Barcelona. Abadía de Montserrat 1984. Vol.II, pag 5-28.

[32] La posición de la antigua mezquita se toma de gráfico del convento de Santo Domingo con la Almudaina y la antigua catedral, de Gabriel Alomar, incorporado al trabajo de ALOMAR Antoni, *Les restes de Sant Domingo i de Nª Sra de la Victòria*, en BSAL 49, 1993, pag 404.

de Mallorca se había adaptado provisionalmente (durante varias decenas de años) la antigua mezquita para uso cristiano[33].

En 1306 ya estaba preparado el proyecto de capilla funeraria del rey (capilla de la Trinidad) con el espacio de la nave adosada (la Capilla Real) en Mallorca. Las siguiente fechas conocidas se sitúan a principios de la segunda década, cuando en 1311 había muerto el rey, estaba en marcha la construcción de la Capilla de la Trinidad y se trabaja, hacia 1313, en la ampliación de la plataforma lateral hacia el mar para preparar la base del ábside, en la zona de la plaza del mirador. Este dato es usado por los investigadores para anular posibles referencias a la existencia de una nueva catedral en el siglo anterior.



Corte longitudinal de la catedral de Mallorca (fragmento)

Dado que a principios del XIV el rey era Jaume II y su maestro de confianza el arquitecto Ponç Descoll, se ha apuntado frecuentemente la posibilidad de que dicho maestro estableciera las pautas de ambas obras catedralicias conjuntamente en dichas fechas, aspecto que en el trascurso de este trabajo se intentará argumentar.

La pequeña capilla funeraria se resuelve mediante una caja con paredes macizas de gran espesor con un grueso aproximado de una cana de montpeller, quizás siguiendo el modelo de construcción de las capillas reales de los palacios de las dos ciudades, iniciadas en el caso de Perpinyà antes de final del XIII[34], en que también se utiliza un grueso muro de una cana sin

[33] Según puede interpretarse de diversas investigaciones y referencias históricas confusas en las que se cita que la catedral de Mallorca ya estaba en pie durante el XIII, como las de ESTEVE y ALOMAR, *Pequeñas iglesias de los repoblamientos de Mallorca*, Panorama Balear, serie 4, 1954, pag 3.

[34] DURLIAT Marcel, *L'art ...* op cit, pag 165.

estribos para experimentar unos espacios abovedados de capillas de modulación diversa. Durliat asigna a el maestro Ponç Descoll la autoría de la capilla de Perpinyà[35].

No se puede interpretar que el grupo de tres ábsides estuviera previsto desde un inicio (en el proyecto pensado hacia 1306) ya que no parece estar resuelta la traba entre las fábricas de los muros laterales de los ábsides con algunos problemas geométricos en las entregas de los lienzos oblicuos. El argumento más irrebatible es que el ábside principal dispone de unos ventanales laterales que acaban cegados parcialmente por la construcción posterior de los absidiolos laterales, aspecto que un proyecto integrado hubiera solucionado de otro modo.

La estructura lateral del ábside se resuelve, como se había establecido en la capilla de la Trinidad, mediante un grueso muro continuo hasta la base de los ventanales, a partir del cual emergían unos robustos muros de la misma anchura que la base, a modo de estribos, de modo similar a cómo se había producido en las capillas de los palacios. El carácter masivo de estos límites laterales no parece acorde con un esquema inicial de nave triple, debido al desplazamiento que se produce en el colateral, difícil de diseñar mediante el ancho de un pilar. De hecho, la adaptación posterior a nave triple requiere de un cambio en la métrica interior de la nave central, que se traduce en un ajuste en la anchura que pasa de 8 a 9 canas.

Así, el espacio del *ábside* puede entenderse como una nave única que sigue uno de los modelos habituales meridionales, como en el caso de la primitiva catedral de Toulouse o de las iglesias mendicantes o parroquias que se estaban produciendo en las ciudades. De este modo, a este espacio de carácter más sacro, probablemente, le hubieran seguido una serie de tramos abovedados, con capillas abiertas entre los contrafuertes.

Hacia 1327 el ábside de Mallorca estaba cubierto. El gráfico anterior muestra como debía ser el primer planteamiento de la catedral, mediante una nave central de luz y arranque de curvaturas a 8 canas, formando bóvedas que se acodalan en contrafuertes entre los cuales se disponen espacios de capillas.

Estos comentarios servirían para justificar el planteamiento de Forteza, citado por Domenge, como primer defensor de un complejo y fragmentado proceso evolutivo de la catedral[36].

Aunque la nave absidial superaba en varias canas a las construcciones franciscanas, tanto en anchura como en altura, no alcanzaba la envergadura de las construcciones que se estaban preparando en otras ciudades como Barcelona, Girona o Manresa, ni tampoco llegaba a la medida de la *primitiva nave única* tolosana (como referencia puede citarse que, a pesar de su relativa gran luz, alcanzaba *tan sólo* la medida que la construcción de los *Carmes* de Perpinyà, unas 8 canas de montpeller).

Tampoco hay que olvidar que otras catedrales de tres naves estaban en curso o a pocos años de su inicio. Girona se había iniciado hacia 1312 y antes de mediados de siglo el altar ya iba a estar consagrado. Y Santa María del Mar se iba a iniciar hacia 1329, con un proyecto estructurado mediante tres naves. En ambas referencias, sin embargo, la cabecera se solucionaba de modo radial, siguiendo el modelo de Narbona.

---

[35] DURLIAT Marcel, *L'art ...* op cit, pag 170.

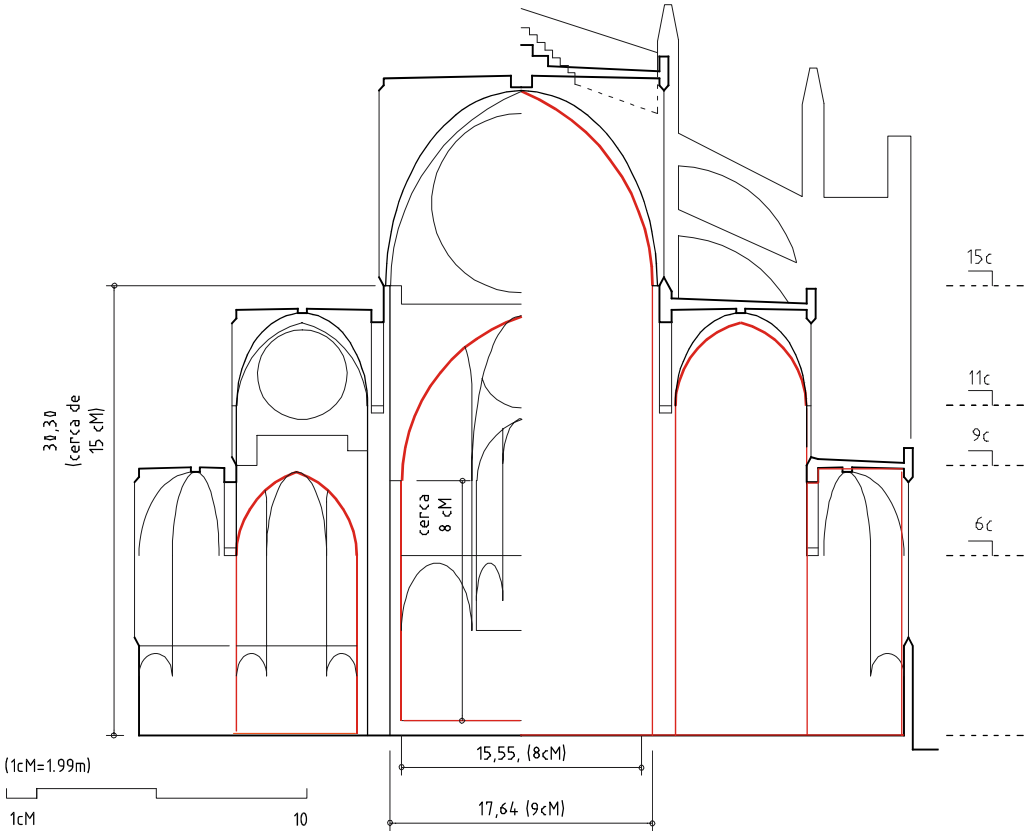
[36] FORTEZA Guillem, *les determinants gòtiques de la catedral de Mallorca. Estat de l'arquitectura en temps de Jaume I*. En *Estudis sobre arquitectura i urbanisme*, Barcelona, Publicacions de l'Abadía de Montserrat, 1984, vol 2, pag 5-28.

El maestro o promotor de la obra debió entender, a partir de la cuarta década del siglo, con el ábside acabado en 1327 (y la antigua mezquita en pie), que la nave no representaba un espacio suficiente para constituir la catedral de una ciudad potencialmente emergente como era Ciutat de Mallorca.

6.5.1 CAMBIOS EN EL MODELO PRIMITIVO

Domenge apunta la existencia de "... *dos sucesivas alteraciones del proyecto inicial impulsadas por una voluntad megalómana*... [37]". El primero de los cambios consistiría en añadir dos cabeceras menores a cada lado del espacio central, para constituir un grupo de tres ábsides a los cuales entregar tres naves. El segundo, alterar las proporciones en altura. Veremos qué pautas pudieron tomarse en cuenta sobre estos aspectos.

Sobre el primero de los cambios, Sureda explica la posible tradición constructiva del Cister que hubiera influido en el primer cambio de proyecto."... *La cabecera formada por tres ábsides rectangulares y escalonados nos recuerda, si no fuera por las dimensiones excesivas del central que aparece tratado como un monumento con autonomía propia, las soluciones adoptadas en la arquitectura del Cister durante los siglos XII y XIII*…[38]"



Sección transversal de la Catedral de Mallorca

Sobre el segundo de los cambios, Sureda incide en la fractura física entre las dos fases constructivas en base a pequeños fragmentos de estructuras inconclusas"… *este cambio en la elevación de las*

[37] DOMENGE Joan, *La catedral de Mallorca: reflexiones sobre la concepción y cronología de sus naves*. Dentro de *La arquitectura gótica en España*, Actas del Coloquio de la Carl Justi-Vereinigung y del Seminario de Historia del Arte de la Universidad de Göttingen, feb 1994, pag 161.

[38] SUREDA Joan y otros, *La España gótica. Cataluña volumen 1*. ed Encuentro, 1994, pag 95.

naves sobre la proyectada anteriormente, se puede observar en distintos lugares del edificio y, principalmente, en la nave septentrional, delante del ábside, donde se ven encima de un capitel diversos restos de las ojivas previstas para una bóveda más baja. También los contrafuertes tuvieron que ser modificados y ampliados…[39]"

Hay que recordar, en este contexto, que el proyecto primitivo de la catedral de Perpinyà se había iniciado en 1324 de modo uniforme por todos los muros de las cabeceras y que ya contemplaba un triple espacio de ábsides al cual se le iba a añadir alguna solución de nave única o compuesta.

Se puede pensar que, en un contexto político y cultural tan estrechamente conectado, los talleres de ambas obras pudieron servir de campo de estudio para sucesivos planteamientos. El uso de un patrón de medida común facilitaba el intercambio de ideas y de modelos.

Con una medida libre en el ábside central de 8 canas y en el ábside lateral de 4 canas (de Montpeller), la catedral de Perpinyà había establecido una jerarquía escalonada en las dimensiones de los ábsides, que bien podrá ser reproducida en Mallorca al incorporar los absidiolos.

Si el primer cambio se había referido a la incorporación de los ábsides para establecer los extremos de tres futuras naves, el segundo correspondía al crecimiento en altura y debió ir precedido de una serie de decisiones fundamentales.

Catedral de Mallorca. Triple nave. Detalle de diseño de entrega diagonales con fuste octogonal.

Se produce un escalonado en la plataforma del ábside central respecto de las laterales y de la gran nave, como también una ligera abertura del espacio central para adaptar la luz de las nuevas bóvedas respecto de las primitivas del ábside. El descenso de la plataforma tiene por objeto definir un peralte en el lugar sacro de la catedral y el incremento de luz de las bóvedas centrales (pasa de 8 a 9 canas de Montpeller), que permite adaptar el gran espesor del muro macizo lateral del ábside a la dimensión afinada que iba a tener el soporte de columna central.

El escalón que se produce en la plataforma de base parece producir cierta tensión en los dos modelos (cabecera y triple nave) que traduce literalmente el quiebro de las líneas estructurales remarcadas en los perímetros de paredes.

Una línea de imposta proveniente del nuevo proyecto de tres naves (a cerca de 6 canas de altura, servirá para situar la base de los arcos en los absidiolos, que además coincide con la de los

[39] SUREDA Joan y otros, *La España gótica. Cataluña volumen 1*. ed Encuentro, 1994, pag 85.

arcos de capilla) se introduce a lo largo de la pared del ábside central, cuando ahí no había tenido ninguna función estructural, aunque podría provenir de la base de ventanales de la capilla de la Trinidad.

Una segunda línea de imposta estructural de la triple nave se establece a cerca de 9 canas, define la posición de ventanales en la pared de la nave lateral, una vez que los espacios de las capillas han culminado. Esta línea produce un ligero desajuste respecto del nivel estructural de 8 canas en el arranque de los arcos del ábside, que se materializa en un confuso quiebro de impostas sobre el arco de los absidiolos.

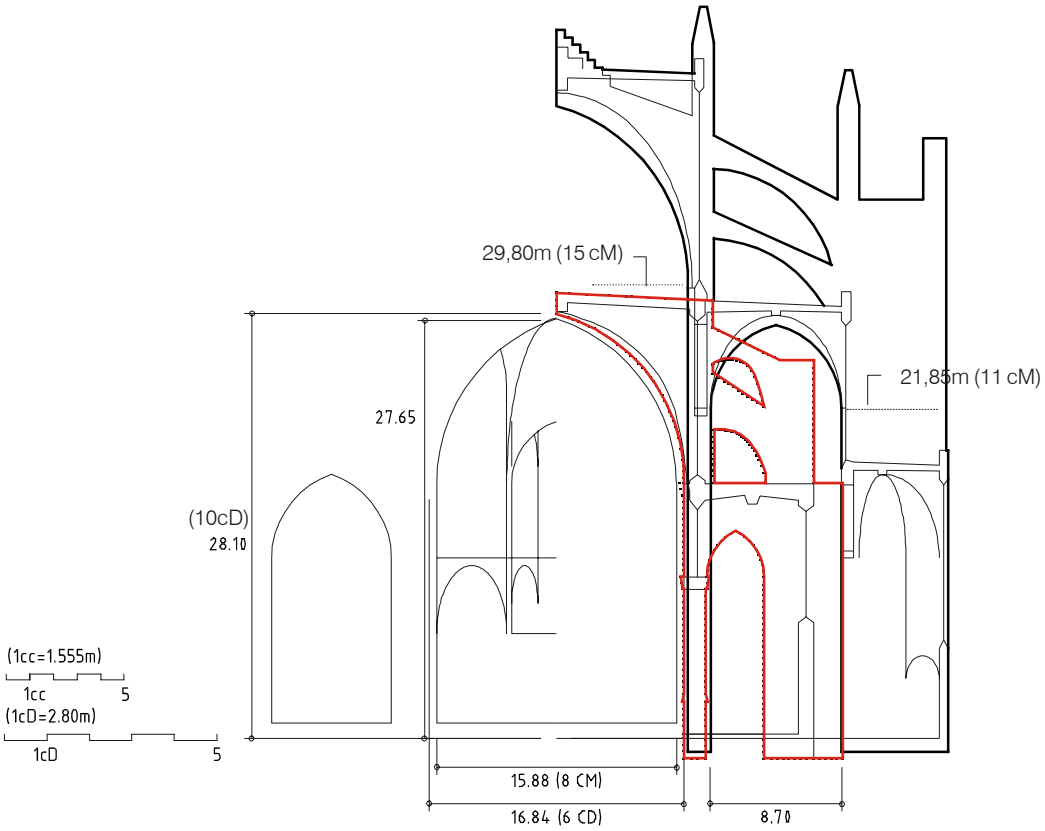
Una tercera línea define en la nave central la posición de arranque de las nervaduras y el nivel inferior de los ventanales. Aunque parece corresponder con la envolvente externa del ábside, vuelve a producirse una línea de tensión materializada en un cambio de trazado en la pared del ábside, sobre el arco toral.

La extrema diferencia de planteamientos en alturas, que se produce entre los espacios de los ábsides y los espacios en las tres naves, parece ir acompañada de pequeños desajustes propios de concepciones diferenciadas entre el proyecto primitivo y el que varias decenas de años más tarde debió proponerse.

6.6 RELACIÓN DE MALLORCA CON OTRAS CATEDRALES CATALANAS

El maestro Berenguer de Montagut es citado por diversos autores como posible colaborador en la catedral de Mallorca debido a las similitudes formales con las obras que él tenía a su cargo durante los mismos años. En concreto, Sureda propone la participación del maestro Berenguer de Montagut debido a aspectos generales y de detalle, como el uso del pilar de planta octogonal: *…Lo que se puede afirmar es que en el conjunto de las obras mencionadas late un parecido clima creativo fruto de un intercambio mallorquín-catalán, documentado en el caso del ya mencionado Jaume Fabre, a quién tampoco se excluye de haber participado en las obras de la catedral de Palma, al menos en una primera fase después de que quizás Ponç Descoll trabajase en la Capilla de la Trinidad…*[40]

Si se analiza la forma de los espacios interiores respectivos, se observa que la luz de los arcos de Manresa (unos 16,84 m que corresponden a 6 canas destres) se sitúa en el intervalo dimensional entre las 8 y las 9 canas de montpeller, por lo que se alcanza una proporción de flecha similar. Además, la altura de las naves laterales de Mallorca correspondería a la altura total en Manresa. El valor métrico es prácticamente el mismo: 10 canas destres (28,00 m) se traducirían, en la unidad mallorquina, en 14 canas de montpeller (27,81 m).



Catedrales de Mallorca y Manresa

Es decir, el maestro Montagut habría podido definir los espacios globales de la triple nave de Mallorca hasta las claves de bóvedas laterales, nivel desde donde arrancarían, en un plano ligeramente superior, las nervaduras de los arcos, con la proporción de luz y flecha similar a la de Manresa (ambas utilizan la estructura de arco *de quinto* e incluso con un valor de radio similar).

[40] SUREDA Joan, BARRAL Xavier y otros, *La España gótica. Baleares*., ediciones Encuentro, 1994, pag 36

Cabe destacar, además, la originalidad en el diseño de la entrega de las nervaduras diagonales con el fuste octogonal, incluso por encima de las líneas de imposta, buscando una macla geométrica allí donde la posición del trazado de los arcos fuera más favorable.

Quizás no se debería otorgar una autoría tan directa al maestro Montagut pues también se puede considerar que el volumen alcanzado por las naves laterales tiene como límite en altura el plano superior de claves de la capilla absidial primitiva, supuestamente anterior a las obras de Manresa y Santa María del Mar, con lo que se podría concluir que el modelo primitivo del ábside habría influido en Montagut para limitar superiormente el espacio de Manresa que, una vez validado y construido, transportaría sus formas de arco toral para construir los grandes arcos de la nave a una altura mucho mayor.

En conclusión, si el primer cambio de plan, adaptando la nave primitiva al triple abside con las tres naves, parece tener su correspondencia con la obra que se estaba llevando a cabo y que se paralizó durante décadas en Perpinyà, la mayor fortuna de Mallorca, con mejores condiciones financieras, hizo que los maestros de las obras de mayor envergadura que se estaban realizando en el territorio catalán peninsular pudieran colaborar y proponer un modelo de crecimiento para la nueva empresa.

Eso sí, un modelo que si en Manresa ya estaba resultando sorprendente e innovador, en Mallorca iba a resultar excepcional por la altura, dejando el umbral de capacidad técnica muy elevado para las últimas empresas, como la de Girona, que se llevarán a cabo varias decenas de años más tarde.

Supuestamente, la obra inicial se produce en la zona no ocupada por la antigua mezquita. Como en el caso de Girona o Manresa, la obra irá creciendo para envolver la antigua estructura que utilizará como plataforma de trabajo.

Durliat deja constancia de la presencia del maestro Ponç Descoll en la corte real, a principios del siglo XIII, en base a similitudes formales entre las construcciones reales de Palma y Perpinyà[41]. La actividad del maestro Ponç confirma el talante de movilidad y versatilidad de una persona de confianza del rey para implantar sus referentes espaciales en diversos lugares, materializando de esta manera la voluntad del monarca de consolidar una estructura formal coherente, sistematizada constructiva y métricamente, que hoy permite ver cómo se anticipó en el tiempo a maneras de proceder propias del Renacimiento.

Domenge apunta las dificultades de la monarquía de Mallorca para mantener la financiación en el periodo que ocupa la transición a la gran nave. Algunos historiadores otorgan el principal protagonismo en este sentido al obispado[42] y en concreto a Berenguer *Batle (1332-1349* quien había sido obispo de Elna*)* y Antoni de Collell (1349-1363)*[43].* Puede entenderse como un caso de patrocinio similar al ocurrido unos años antes, en la catedral de Albi, sobre la cual Biget ha resaltado formas similares a las construcciones del reino de Mallorca, nombrando al propio Ponç Descoll como posible artífice de la obra, a principios del XIII.

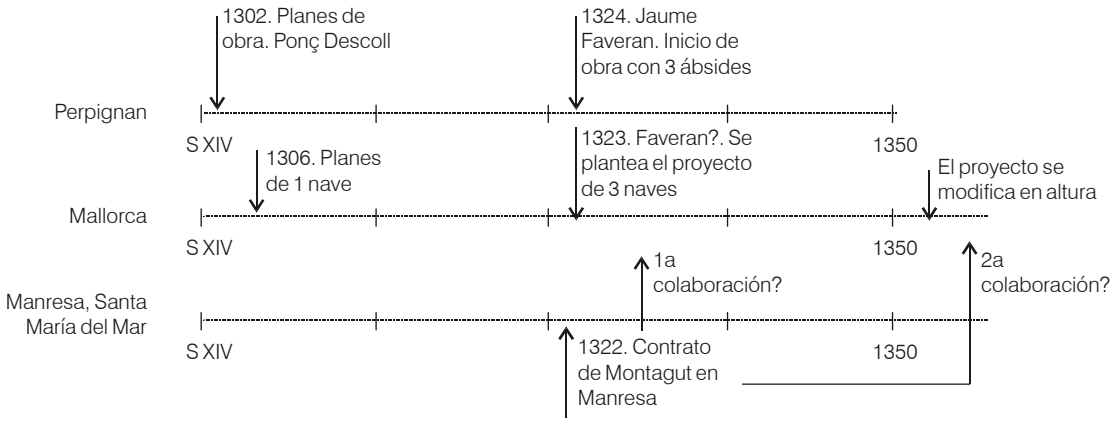
---

[41] DURLIAT Marcel, *L'art*… pag 184.

[42] ALOMAR Gabriel, *Guillem Sagrera y la arquitectura gótica del siglo XIV*, ed. Blume pag. 267.

[43] DOMENGE Joan, L'obra de la Seu. El procés de cnstrucció de la catedral de Mallorca en el tres-cents. Palma, Institut d'Estudis Baleàrics, 1997, pag 71.

Aparte del mencionado Pons Descoll[44], diversos investigadores mencionan como personas que intervienen parcial o totalmente en el diseño de las partes complejas y decisorias de la obra a Jaume Fabre, quién había trabajado en la obra de los dominicos de la ciudad entre 1313 y 1314, a Berenguer de Montagut (autor de Santa María del Mar y Manresa) y finalmente se menciona a Jaume Mates, debido a las alturas alcanzadas y al escalonado de las naves.



El obispo Antoni Collell muere en 1357 y hay que esperar hasta 1368 para seguir en el primer registro de gastos de la obra cómo se desarrollan los trabajos. Durliat es explícito, en contra de Berenguer de Montagut y a favor de Jaume Mates, quien va en Julio de 1368 a la pedrera de Santanyí para escoger la "*bella piedra blanca, fina y resistente, destinada a los soportes desmesurados a los cuales iba a confiar la suerte del nuevo edificio*[45]".

En síntesis, se puede apuntar lo siguiente sobre los posibles autores del proyecto: Entre 1302 y 1306, Ponç Descoll debió plantear los proyectos de espacios únicos en base a sus experiencias en las iglesias menores como las de los palacios reales de Mallorca y Perpinyà y a su posible trabajo en la catedral de Albi. Hacia 1323, el maestro de Narbona, Jaume Faveran reproduce en Perpinyà el modelo de la cabecera de Fontfreda. Para entonces, Berenguer de Montagut, aunque no había iniciado Manresa ni Santa María del Mar, tenía contrato documentado en Manresa para llevar a cabo la obra, por lo que podía haber intervenido como maestro experto en la decisión impulsada de los tres ábsides. Y hacia 1350, a la vez que es consagrada la cabecera de la catedral, el mismo Berenguer de Montagut, en base a los resultados de Manresa y Santa María del Mar, podría aplicar sus experiencias para alterar las alturas de la triple nave[46].

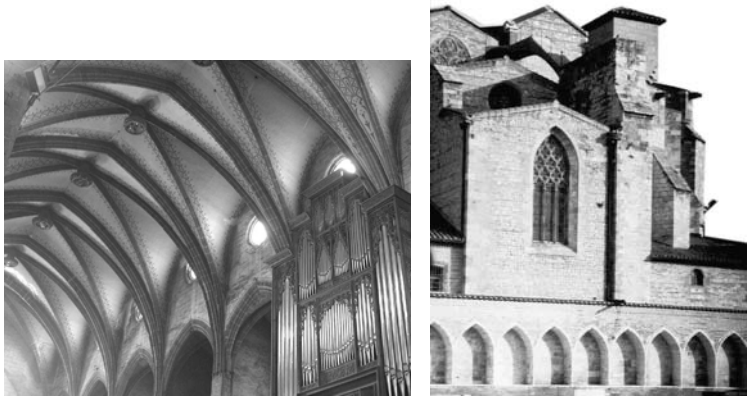
[44] SUREDA Joan y otros, *La España gótica. Cataluña volumen 1*. ed Encuentro, 1994, pag 83.

[45] DURLIAT Marcel, *L'art*… pag 138.

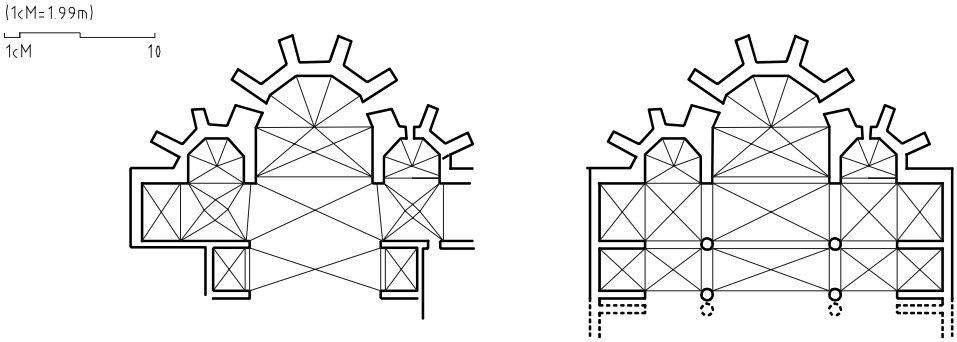
[46] Autores como Carbonell defienden la hipótesis de que Berenguer de Montagut pueda haber colaborado en la catedral de Mallorca antes del año 1346 (Carbonell E, *Grans monuments*... op cit pag 152).

6.7 LA CATEDRAL DE PERPINYÀ

La construcción se inicia en 1324, con la colocación de la primera piedra. La nueva cabecera respeta la antigua construcción románica, formada por tres ábsides que dan a un transepto al que se entrega un espacio central. Junto a la nueva catedral, se construye un claustro-cementerio que obliga a demoler un parte importante del barrio. Posteriormente se paralizan las obras hasta el siglo siguiente, en 1433, cuando se decide *cambiar la forma de la iglesia*, colocando de nuevo la primera piedra.



Catedral de Perpignan. Interior y vista desde el Camposanto



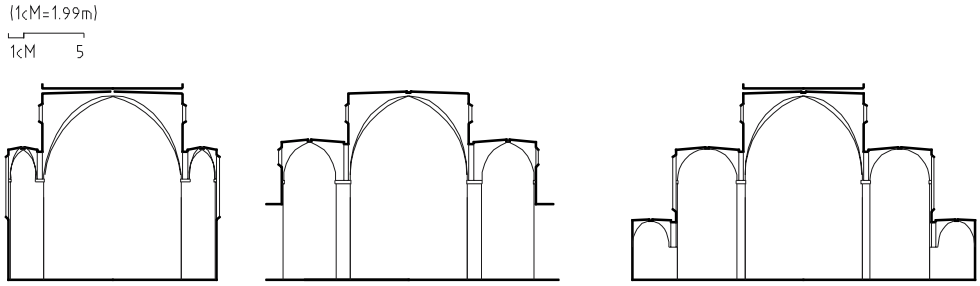
Planta realizada

Proyecto de triple nave, según Alomar

Diversos investigadores como Ponsich, Alomar y más recientemente Poisson, han tratado el tema del supuesto cambio de forma en el proyecto de la catedral, desde una concepción primitiva de triple nave con un ábside principal y dos absidiolos menores, a un sólo espacio central de nave única que se entrega contra un espacio a modo de transepto.

Se ha atribuido a Guillem Sagrera, maestro mallorquín, el segundo proyecto, debido a su presencia en la ciudad entre los años 1410 y 1416, en el que se documenta como maestro de la catedral. En las décadas posteriores, una vez vuelto a Mallorca y Barcelona, parece conservar sus funciones en la obra de Perpinyà [47].

[47] POISSON Olivier, *La cathédrale de Perpignan et son changement de forme de 1433*. Études Roussillonnaises, Colloque sur l'ensemble cathédral Saint-Jean de Perpignan, tome XIX, 2002, pag 61. Sureda 38. Según Sureda (*Las Baleares góticas*…, op cit. Pag 38) , Guillem Sagrera debió trabajar hasta 1425, colaborando asímismo en la restauración de la torre románica de Elna, en 1415, volviendo a la obra de la catedral de Mallorca donde está documentado su trabajo en 1420.



Secciones por nave y por transepto Hipótesis de triple nave

Es significativo que en ese mismo año 1416, cuando el maestro Sagrera es llamado para la reunión de expertos de Girona donde se va a debatir sobre la continuación del modelo de la catedral, defienda la solución de nave única que "... *se podía continuar y sería buena, firme y sin riesgo; cuyos contrafuertes, junto con los demás que deben hacerse iguales son suficientes para sostenerla*... [48]". De esta manera el maestro Sagrera se une al grupo de maestros que vienen de las tierras rossellonesas, y que defienden el modelo de nave única, y éste será uno de los argumentos para atribuirle la obra de la catedral en Perpignan.

6.7.1 ESTUDIOS SOBRE LAS OPCIONES DEL PROYECTO

Aplicando las alturas conocidas en Mallorca a los tres ábsides empezados en Perpinyà, podrían entenderse tres posibles líneas planteadas por el proyecto original.

La menos probable, que culmina los ábsides en base a las alturas de Palma, pero que propone una sóla nave que librara toda la dimensión entre los contrafuertes extremos. No existe todavía la referencia de Girona, discutida y llevada a término casi un siglo más tarde. Apenas se han encontrado referencias de modelos de tres ábsides entregados a una sóla nave. tan sólo se conoce la propuesta de Lambert para la nave raymondina de Toulouse que, antes de la ampliación llevada a cabo en el último cuarto del XIII, debía tener tres ábsides adosados a la nave de 19 metros[49] y la iglesia de gran luz (17,50m) de Saint-Michel de Carcassona. Esta opción es inviable por el escaso espacio disponible que tenía el contrafuerte para su correcto dimensionado, con una luz no alcanzada en todo el gótico (cerca de 33 metros), y por la envergadura de la empresa constructiva que, dado que la ciudad había dejado de tener la autoridad de una capital real, hubiera supuesto.

Dos opciones sí que son viables para la supuesta triple nave llevada a cabo a partir de mitad del XIV, como en las principales ciudades meridionales, de no haber sido por las crisis financieras y económicas de dicha época y que en mayor medida debieron afectar a Perpinyà con el final político del reino de Mallorca y el sometimiento a la Corona de Aragón.

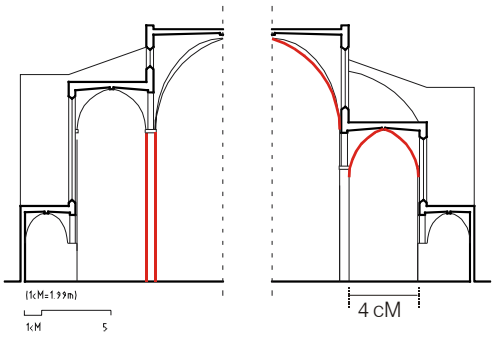
La primera de las opciones recurre a las alturas planteadas en los ábsides en Mallorca, con lo que se alcanzarían unos niveles respectivos de 6 y 8 canas. Esta diferencia de altura hubiera supuesto la aparición de un arbotante sobre el colateral de trazado bastante horizontal, como por la misma época se podían estar experimentando en Girona o Castelló d'Empuries).

Por similitud de niveles de anchuras y alturas, puede establecerse un paralelismo de esta variante con la obra de la catedral de Manresa, en curso en la misma época. De hecho, Sureda y otros

[48] YARZA Joaquín, *Acta del Congreso de Arquitectos de 1416 en Gerona*, en Fuentes y documentos para la Historia del Arte, Arte Medieval II, Románico y Gótico, 110, pag 325.

[49] LAMBERT Elie, *Abbayes et cathedrales du Sudoest*, Toulouse, 1958, pag 95.

autores han expresado en repetidas ocasiones su parecer sobre las similitudes formales y espaciales entre las catedrales de Mallorca, de Santa María del Mar y de Manresa: "... *a veces se ha atribuido la arquitectura de las naves de la catedral de Palma al arquitecto Berenguer de Montagut, que trabajaba en Santa María del Mar hacia 1328. Ningún documento nos confirma esta hipótesis, a pesar de las relaciones que existen entre los dos edificios*... [50]"



La segunda de las opciones reproduce la proporción del ábside central de Mallorca, elevando el colateral hasta igualar los arranques de curvatura en los nervios, como en el modelo de Castelló d'Empuries.

Se produciría, como en Santa María del Mar, un sólo capitel y un muro triangular sobre el colateral que actuaría como estribo para recoger el empuje de la nave central y un tratamiento de iluminación mediante un óculo en la nave central debido a la reducida distancia entre los planos de cubierta, junto con un gran ventanal en el lado del colateral.

Sin alcanzar las alturas interiores de Santa María del Mar, esta segunda opción, quizás más verosímil, responde a un modelo menos esbelto pero más amplio lateralmente, con lo que se hubiera alcanzado la sensación de proporción meridional característica de los espacios únicos.

La complejidad de la triple nave puede entenderse de un modo similar a como la expone Sureda para el caso de Mallorca, "… *el maestro de obras no busca una diafaneidad absoluta; busca, al contrario, la gradación del espacio y de la luz. La nave central se alza sobre laterales para obtener luz directa al igual que las laterales se alzan, con el mismo fin, sobre las capillas… así la estructura exterior de los contrafuertes se hace muy evidente, lo cual, como apunta Lavedan, convierte el exterior de la construcción en un inmenso y maravilloso órgano de piedra…*[51]"

Hay que tener en cuenta el pesimismo que debía reinar a principios del siglo XV, con una obra empezada en sus dos extremos (muros de los ábsides, la fachada principal y alguna pared lateral) y que por tanto establecía de partida los límites generales externos e inmodificables. Este ambiente debió de condicionar los argumentos económicos y funcionales. Según Ponsich, citado por Poisson: ...*el proyecto de una nave iba a resultar más simple, menos ambicioso y de menor coste...* [52].

---

[50] SUREDA Joan y otros, *Baleares*, dentro de la colección La España gótica, ediciones Encuentro, Madrid, 1994, pag 96.

[51] SUREDA Joan, BARRAL Xavier y otros, *La España gótica. Baleares*., ediciones Encuentro, 1994, pag 36

[52] POISSON Olivier, *La cathédrale de Perpignan ...* op cit, pag 62.

El modelo de cabecera compuesta tiene que ver con la tradición constructiva que había existido en la arquitectura más primitiva cisterciense entre finales del XII y principios del XIII, donde grupos de ábsides, simples (Fontfreda, Santes Creus y Vallbona) o compuestos de espacios radiales (Poblet), se alinean para entregarse contra un brazo de transepto que sirve de transición a un sólo espacio. Además, el modelo constructivo que tenía más próximo, el de Sant-Jean-le-Vieux, estaba formado, de nuevo, por la clásica estructura cisterciense. Finalmente, puede entenderse una última fuente establecida en experiencias de Tarragona, San Cugat y Lleida.

En un tiempo en que el mecenazgo de las construcciones religiosas se diversifica, con la inclusión de espacios menores de capillas tanto en los lugares sagrados (cabeceras) como en el resto del perímetro de las naves, se entiende la gran aceptación de un modelo con más de una cabecera durante el siglo XIV. Cabe recordar que desde construcciones más modestas (los propios dominicos de la ciudad) hasta obras de mayor envergadura (Castelló d'Ampuries o la catedral de Mallorca), se ha recuperado o se va a recuperar el modelo de composición de triple cabecera.

Finalmente, cabe comparar el proceso de adaptación con el producido en la catedral de Girona que por la misma fecha reúne a los expertos para decidir el cambio de plan. En el caso de Girona, la triple embocadura del espacio central y los laterales convertidos en deambulatorio se convierten todos ellos en fachada interior del espacio único de la nave, que no pierde superficie útil interior. La disminución del coste material es, en el caso de Girona, relativa, ya que se necesitará una aportación importante de masa en los estribos, y la técnica constructiva pondrá a prueba los conocimientos hasta entonces adquiridos por los maestros. Bien es cierto que el número de plegamientos de las superficies de bóveda se reduce y que se eliminan soportes interiores así como sus correspondientes cimientos.

Para Alomar, la ciudad había dejado de ser capital compartida del reino de Mallorca y había pasado a ser una ciudad provinciana, de comerciantes acomodados, "...*en la que la solución de voltear con una sola nave el espacio que abarcarían las tres, no era posible técnicamente, pues ni los contrafuertes hubieran resultado suficientes ni los recursos de que se podría disponer hubieran permitido su realización*... [53]". No obstante, aunque la nueva construcción no tuviera el rango de catedral, ya que dependía entonces del obispado de Elna, la población requiere de una dimensión interior acorde con su historia reciente.

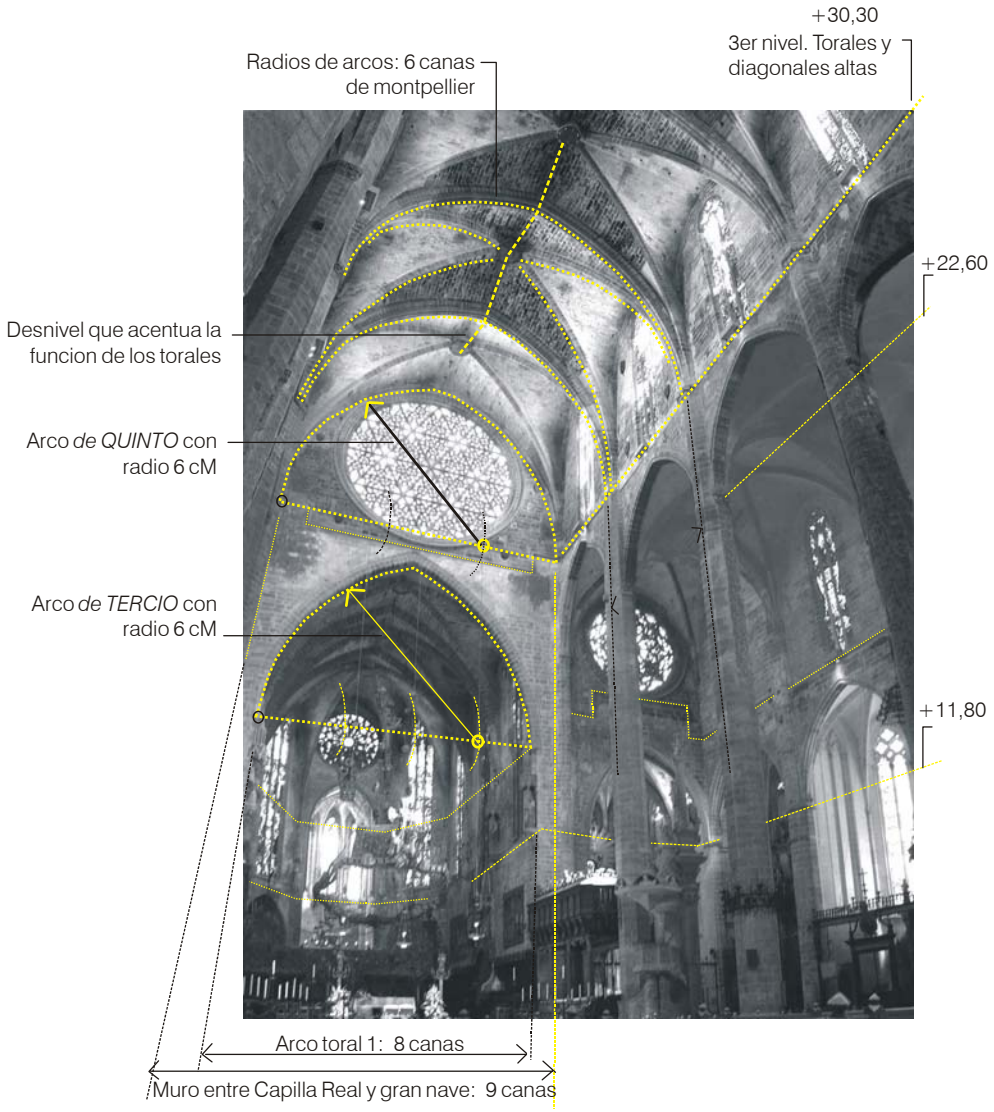
Quienquiera que fuese el maestro de la obra en el XV, creyó suficiente plantear una sola nave de unos 18 m de luz, una de las mayores alcanzadas en el gótico meridional, algo menor que la gran nave raymondina, y tan sólo 4 m menos que la de Girona. En el fondo, el proyecto de triple nave, abarcando una luz de unos 38 m (unas 19 canas de Montpeller), hubiera igualado a la luz conjunta de las tres naves de Mallorca.

Esto puede interpretarse, finalmente, como el supuesto sueño del arquitecto del rey de Mallorca que a principios del siglo XIV pudo planificar las dos obras cumbre del reino, con la misma amplitud interior, y que nunca llegó a ser materializado.

[53] ALOMAR Gabriel, *Guillem Sagrera y la arquitectura gótica del siglo XV*, publicaciones del COACB, ed Blume, 1970, pag 109.

6.8 MEDIDA BASE EN LA CATEDRAL DE MALLORCA

El capítulo ha ido mostrando los gráficos de diversas estructuras de las dos ciudades del Reino de Mallorca, incorporando cuando así se ha constatado la medida básica de algunos elementos estructurales.



Interior de la catedral, con análisis de arcos en la fachada del ábside

Debe apuntarse que la evolución de los espacios interiores de las iglesias ha ido acompañada, en este caso, por un rigor en su modulación. En paralelo, franciscanos y mendicantes han adoptado la cana de Montpeller para ajustar estas medidas genéricas. Y será entre los dominicos que la gradación tenderá a establecer unos valores mayores.

En el caso de Mallorca, la primitiva iglesia franciscana inicia el proceso de adaptación a partir de una luz limitada a 6 canas que empieza a ser amplia en el momento en que se plantea, con un peralte que se elevará más de la dimensión permitida por la Orden. Esta medida se consolida cuando a finales del XIII la comunidad religiosa decide ampliar a un nuevo ábside, y aumenta de valor hasta 7 canas cuando deciden construir la nueva iglesia.

Medida (cana de Monpellier)	*caso*	*comentarios*
4 canas (7.85 a 7.87m)	Capillas reales	Arco de quinto (2/3 partes de luz). La base de los arcos se sitúa en 4 canas.
6 canas (11.87m)	Santa Margarita de Palma	La distancia corresponde a la luz entre muros. Arco de quinto en la transición con la 2 fase (2/3 partes de luz)
7 canas (14.72m)	San Francisco de Palma	La base de los arcos se sitúa a 7 canas. El arco sitúa el centro en 5/7 partes. Las diagonales conservan el mismo radio.
8 canas (15.55m)	Catedral de Palma. Doblero inferior en muro de separación nave - capilla real.	Arco de tercio (3/4 partes de luz), con radio de 6 canas. La base se sitúa a 8 canas.
9 canas (17.76m)	Catedral de Palma. Doblero superior en muro de separación nave - capilla real.	Arco de quinto (2/3 partes de luz), con radio de 6 canas. La base se sitúa a 15 canas.

La *pequeña* medida de Santa Margarita será reproducida en pocas estructuras en los años siguientes. Tan sólo se ha podido constatar en la iglesia parroquial de San Jaume de Perpinyà. Cuando en esta ciudad los dominicos decidan construir su nuevo convento, entre el XIII y XIV, ajustarán la medida a 7 canas, consolidándose como una de las medidas más habituales, llevada a la práctica en la iglesia de la Real .

De hecho, la tendencia parece ser consolidar este rango de medidas base (para las estructuras en las primeras décadas del XIV), o bien aumentarlo sensiblemente. Será el caso de la iglesia del Carmen de Perpinyà, que alcanza la luz entre contrafuertes de 8 canas, ¡la misma con la que se planteará la cabecera de la catedral de Perpinyà!. Es decir, los Carmes será una obra de envergadura para tratarse de una orden religiosa, y para la catedral supondrá una medida contenida y que de hecho supondrá alteraciones posteriores, tanto en Perpinyà (el proyecto del XV regula la nueva luz entre contrafuertes hasta las 9 canas) como en Mallorca (el proyecto de finales del XIV regula la separación entre pilares en la nave central igualmente a 9 canas)

Queda la incógnita de la verdadera medida del espacio en Santo Domingo de Mallorca, en la que, de ser cierto los valores apuntados anteriormente, superaría todas las construcciones dominicas conocidas.

El resumen de las lecturas tomadas en el espacio de la nave central de la catedral de Mallorca, es el siguiente:

Tipo de arco	*Luz arco*	*Arranque arco (capitel)*	*Radio*	*Flecha*	*Comentarios*
Pared Transición. Toral Capilla Real	15,55 (8 cM= 15,84)	15,65	16,63 y 11,58	11,00	Cota Clave: +27.65
Pared Transición. Toral nave central (entrega bóvedas)	17,76 (9cM = 17,82)	31,00	11,82	11,49	Cota Clave: +42,49
Toral nave central	17,65 (9cM = 17,82)	30,45 y 30,51	11.68 a 11.78 (6cM=11.92)	11,34 y 11,36	Cota Clave: +41,79 y +41,87

El crecimiento en altura de la catedral de Mallorca puede ser analizado en el muro de transición entre la Capilla Real (el primitivo proyecto de *nave única*) y el espacio de las tres naves, como si se tratará de un plano que interseca un conjunto de prismas de sección rectangular o circular provenientes de cada una de las dos direcciones. En dicho plano queda registradas, las geometrías que acaban (el toral de la capilla real) y las que empiezan (el primer arco situado sobre el gran rosetón).

Aquí el maestro gótico va a producir un cambio significativo en la medida del espacio. Una luz cercana a las 8 canas en el espacio del ábside se va a transformar añadiendo una cana más, aparte del incremento que supone un alzamiento de la base de arcos desde los 8 canas sobre la plataforma del ábside a las 15 canas de los arcos en la gran nave.

Sin embargo, el maestro va a conservar la curvatura del arco, ajustado a 6 canas, recurriendo a unas formas estandarizadas para establecer su estructura. En el toral del ábside se producirá un arco *de tercio*, mientras que en el toral de la nave será un arco *de quinto*. Esto le permitirá conservar la cimbra, ajustando su longitud. Los radios de diagonales principales son mayores a 6 canas, con lo que, partiendo de una misma posición de arranque, la cota de la clave se incrementa produciendo un efecto de estabilización o peraltado de las bóvedas (a modo de cúpulas).

6.9 EQUILIBRIO DE LA CATEDRAL DE MALLORCA

En el caso de las Baleares, el material que forma su sustrato básico constituyó la clave para la rápida difusión del gótico en el reino de Mallorca[54]. Es la piedra que nace y se extrae de la costa, distinguiéndose las canteras propias del litoral[55] o *rost* y las canteras *en galería*. De gran compacidad y baja densidad, permite un corte relativamente económico y simple[56], aunque existen diferentes naturalezas más o menos calcáreas, como es el caso de la piedra de Santanyí, que le confieren una mayor capacidad resistente.

Para la construcción de los cañones de bóvedas en la catedral de Mallorca se disponen hiladas en doble curvatura, con un extradós que va formando salientes (cada pequeño espacio), estableciendo formas de amarre o antideslizamiento para el trabajo de los operarios.

El arco doblero o toral tiene una coronación inferior a la clave diagonal, con un extradós coronado por una hilada de marés horizontal, escalonada en la clave para estabilizar la forma del arco. Esta forma horizontal del extradós del arco es significativa, pues constituye un camino de paso a ambos lados del muro, desde donde controlar el izado del material o la colocación de las cimbras. La entrega de este plano inclinado de las bóvedas con la pared lateral corresponde al punto de apoyo del contrafuerte superior, mientras que el inferior se sitúa cercano al arranque de la bóveda.

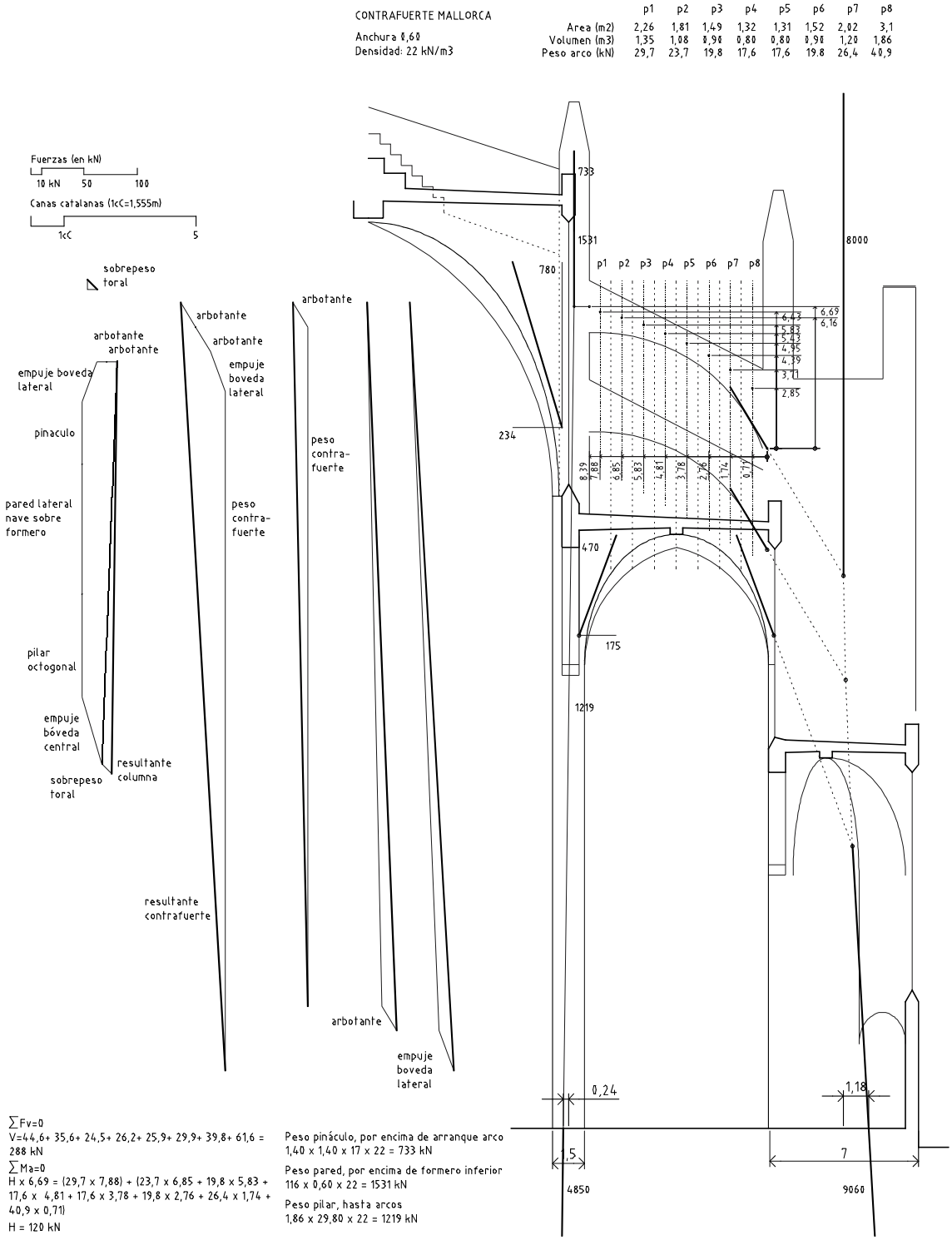
Catedral de Palma. Detalle de sobrepesos en claves de arcos

[54] ROSSELLO M. Isabel, *El marès a través de la arquitectura popular i vilatana del pla de Mallorca,* treball de TFC, EU Politècnica de Catalunya, 1988 i 1994. Se trata de una roca del mioceno formada por sedimentos orgánicos y arenas consolidadas que toma su nombre de su origen marino.

[55] La costa Sur-Este de Mallorca es representativa de este tipo de canteras: el plano del terreno natural se interrumpe por un precipicio que provoca un corte de 40-50 metros y se convierte en una superficie de acceso y extracción en la orilla del mar.

[56] Un detalle que demuestra la facilidad de corte es que se intentaba incorporar un elemento de ligadura o trabazón del muro, el *abeurador*, consistente en una regata vertical situada en la parte central de las caras interiores, dentro de la cual se vertía la *abeurada* de cemento.

Como en Santa María del Mar, el toral dispone de una pirámide de piedra que estabiliza el arco. La clave de la diagonal dispone otra pequeña pirámide de marés, de menor altura que la del toral, pero que alcanza la misma cota que el sobrepeso colocado sobre el doblero, produciendo una línea horizontal sobre la que se replantea la cumbrera de la cubierta. Este procedimiento podría haber sido transportado a Mallorca por cualquier maestro conocedor de las realizaciones de Montagut, para mejorar la estabilidad de unas formas esbeltas como nunca antes se habían planteado en la cultura meridional.



Se ha recuperado el procedimiento, aunque simplificado, llevado a cabo por Rubió i Bellver en su estudio de la catedral de Mallorca. Su estudio de Rubió es destacable por cuánto muestra en el proceso a seguir durante el análisis. Cabe destacar, en primer lugar, que el análisis estático va precedido de una medición detallada de los elementos que intervienen. La geometría de los arcos torales, en su trasdós, se transforma en un muro con una cantidad importante de material situada en la clave, formando una pirámide plana.

En nuestro caso y para comparar los valores entre los diferentes modelos, se ha optado por realizar la estimación de empujes considerando un espesor aproximado de 1 palmo, utilizando la tabla de Ungewitter para estimar el valor de los empujes en cada bóveda (central y lateral). Los contrafuertes se han analizado según la estática gráfica para determinar sus empujes extremos, y cada elemento constructivo con actuación importante en el esquema de cargas gravitatorias, se ha cuantificado por separado (peso de pared sobre el formero, peso del contrafuerte, peso del pilar.

"...*En la catedral de Mallorca hay que tener en cuenta, para estudiar su equilibrio, seis cantidades hipotéticamente variables que constituyen seis esfuerzos (del toral y de las diagonales principales, del toral y de las diagonales secundarias y de los dos arbotantes) de los cuales, compuestos y contrabalanceados han de venir a dar un esfuerzo vertical o casi vertical, pasando por la columna(...) La suma de las reacciones procedentes de los elementos de la nave mayor ha de ser igual y contraria a la suma de las reacciones de los elementos de la nave segunda*[57]..." El sistema tridimensional de vectores, como era descrito analíticamente por Rubió (y que será interpretado en el caso de Santa María del Mar) se acabará resumiendo en el plano perpendicular a la nave.

El equilibrio viene dado por un sistema de acciones y reacciones cuyas resultantes son transmitidas al terreno, con la condición de que estén contenidas, con toda seguridad, dentro de la sección de base, indicando de modo aproximado las tensiones que se producen en los costados más desfavorables, desestimando la cantidad de área de base no centrada respecto a la fibra neutra.

El gráfico propone una posición de línea de empujes contenida en la sección central del material, aunque con un valor de factor de forma ajustado en exceso para los contrafuertes habituales en las obras meridionales analizadas.

El grado de seguridad geométrica (factor de forma) del contrafuerte de la catedral tendrá un valor de 2,9, inferior al producido en Santa María del Mar y Manresa (entre 5 y 6), sin duda debido a las condiciones límite de esta obra. Paradójicamente, la gran catedral de Mallorca otorgará a la fábrica un nivel seguridad que alcanzaban las primeras mendicantes, como los casos de Jonqueres y Santa Caterina, o el de la primitiva catedral de Lavaur próxima a Albi.

[57] RUBIÓ Juan, *Catedral de Mallorca...* op cit ver ilustración en pag 99.

7. BARCELONA Y BERENGUER DE MONTAGUT

7.1 INTRODUCCIÓN

Hacia finales del siglo XIII las construcciones de las órdenes mendicantes y las empresas catedralicias habían alcanzado el nivel de control técnico suficiente para consolidar unas propuestas de espacio e investigar los límites que éstas podían alcanzar.

La actividad constructiva de las grandes fábricas de catedrales entra en un periodo de esplendor y será incesante durante la primera mitad del XIV (posteriormente se ralentiza debido a las crisis políticas…). Tienen lugar, entre otros, el principio de la catedral de Barcelona (1298), de Manresa (en 1328), de Girona (1312), de Tortosa (1347), aparte de consagrarse fábricas desarrolladas en el siglo anterior, como Tarragona (1331).

El comercio en los dominios catalanes compensa las inestabilidades provocadas por las crisis políticas, épocas de hambres y epidemias. Se fundan consulados de mar, se crean legislaciones y mecanismos arancelarios para su funcionamiento, se establecen colonias de mercaderes en lejanos puertos, con una actividad naviera que acaba por reflejarse en las obras de *drassanes* de todas las ciudades punteras.

La datación de los astilleros en las ciudades es un indicador objetivo de las épocas de expansión en las ciudades. Coinciden con la época de plenitud del gótico. Barcelona es la primera *drassana* documentada (a finales del XIII entre 1276 y 1285), creada en torno a un patio fortificado que posteriormente, en 1381, amplia Pere *el Ceremoniós* con ocho naves paralelas[1]. Unos años más tarde, en 1319, Ciutat de Mallorca inicia sus obras[2]. Y las de Valencia se documentan en 1338.

Estas construcciones, primeras de carácter industrial, consolidan un modo de cubrir el espacio que se había producido en las primeras iglesias mendicantes mediante arcos diafragma de trazado semicircular cuyo trasdós permite disponer planos de tejado, en una sucesión estructurada de naves paralelas.

Se producen adelantos notables en la cultura y ciencia en general, como la fundación de universidades (Perpiñán, en 1379) y la redacción de mapas geográficos para el control de los nuevos límites del territorio, como el Atlas Català de 1375, por los judíos mallorquines Abraham y Jafudà Cresques.

Las órdenes mendicantes estaban ocupadas en adecuar sus primitivos recintos a nuevos proyectos de envergadura considerable. Su programa religioso busca abarcar el espacio máximo de predicación y se traduce en un espacio de cobijo amplio, diáfano y bien iluminado, similar al que se está produciendo en las *concas* de los astilleros.

Éstas se habían transformado ampliando estructuras preexistentes en profundidad, anchura y altura (Santa Margarita de Mallorca, San Francisco de Barcelona, los *Jacobins* en Toulouse) o mediante la búsqueda de un nuevo espacio más acorde con las necesidades del convento (San Francisco de Mallorca o Santo Domingo de Girona), verificando recursos formales que el modelo de nave única debía adaptar, definiendo unas relaciones proporcionales de dimensiones de contrafuertes anchuras de naves, posiciones de arcos, etc.

---

[1] El *Congrés Archeologique de France* sobre Cataluña (año 1959, pag. 65) constata que las *drassanes* de Barcelona ya estaban en funcionamiento mucho tiempo antes, en 1255, en una epoca en que Jaume I prohibe la construcción de viviendas en el recinto de la misma.

[2] DE RIQUER y otros*, Historia, política, societat i cultura del Paisos Catalans, la forja dels paisos catalans, sXIII i XIV*. Ed. Enc. Catalana. Cuadro cronológico, pag. 397.

7.2 LOS MENDICANTES DE BARCELONA

La ciudad ha conservado grandes estructuras civiles y religiosas que se desarrollaron en el XIV, algunas de las cuales serán tratadas en este trabajo. Cuando se llevan a cabo, se habían producido en el entorno próximo unas construcciones menores, las de todas las órdenes mendicantes, que pudieron servir como modelo o experiencia para aquellas.

De hecho, algunos maestros de obra llegarán a compartir talleres en obras catedralicias y conventuales, como el documentado caso de Jaume Fabre en Santo Domingo de Mallorca y en la catedral de Barcelona, por lo que, aunque se pueda entender una relativa escala de trabajo diferenciada, las soluciones constructivas llegarán a ser las mismas.

En general estas fábricas menores tenían como imperativo usar soluciones constructivas ejecutables con la máxima rapidez, debido a la necesidad de predicación inmediata que tenían los monjes. Como explica Giné para el caso de la primera iglesia franciscana de Barcelona, debían ser construcciones "… *pequeñas, sencillas y fáciles de construir en un intervalo de tiempo reducido(…) Son sistemas que entonces empiezan a ser empleados con abundancia en Catalunya y sobre todo, en los Reinos de Mallorca y de Valencia, por la necesidad de construir iglesias de inmediato, en los territorios previamente conquistados*…[3]"

Sin embargo, en alguno de estos casos, como la segunda iglesia de San Francisco o el de Santa Caterina (comunidad dominica), la fábrica se va a dilatar varias decenas de años, muestra de que se trabajará con una envergadura y complejidad fuera de lo habitual para el tamaño y los recursos de financiación a que los frailes estaban acostumbrados.

Así como la ciudad ha conservado las grandes estructuras del XIV, pocas de las anteriores y que corresponden a los mendicantes han permanecido hasta hoy. Gracias a levantamientos diversos se podrán comentar algunas de ellas. En concreto, el análisis empieza por las iglesias franciscanas[4], la iglesia de Santa María de Jonqueres[5] (orden de Santiago) y la iglesia de Santa Caterina[6].

La comunidad dominica de Santa Caterina se sitúa dentro de la nueva muralla del XIII, junto a la calle Corders a la altura de la plaza de la Llana, cerca de la vilanova de Santa María del Mar y del próspero eje de Montcada.

Dado que los conventos necesitaban, además de lal iglesia y un gran claustro, otros espacios como huertos y cementerios, se llega a prohibir en Barcelona su situación dentro de la muralla de

---

[3] GINÉ Anna, *El convent de Sant Francesc de Barcelona. Reconstrucció hipotética*, Acta Mediaevalia, 9, 1988, pag 228.

[4] Planimetría esquemática realizada por Antonio Matamoros en 1836, cuyo original se encuentra en el Instituto Municipal de Història de Barcelona. Barraquer da fe de las dimensiones principales de la nave: 58 m de longitud y 13,90 m de anchura en BARRAQUER C, *Las casas de religiosos de Cataluña durante el primer tercio del XX*, Altés y Alabart, Barcelona 1906, pag 434, citado por Giné Anna, *el convent de sant Francesc*… op cit. Pag 232.

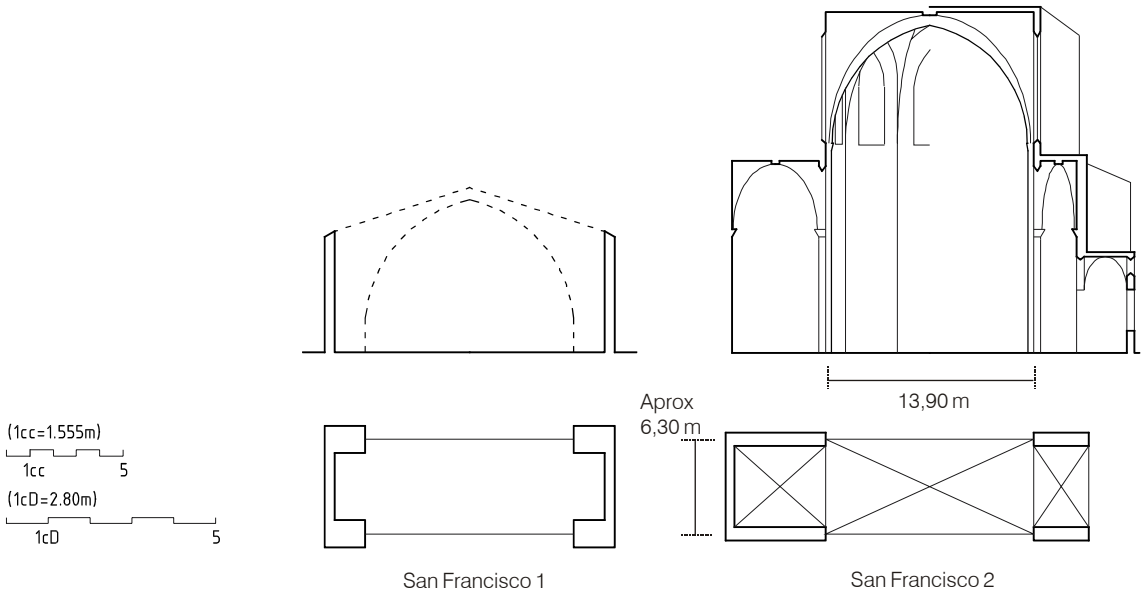
[5] BASSEGODA Joan, *Nous documents sobre Santa Maria de les Jonqueres*, Butlletí del Museu Nacional d'Art de Catalunya, 1993.

[6] Planimetrías del convento realizadas por José Casademunt en 1837 que acompañan una memoria, realizadas durante el derribo del convento, dadas a conocer en la publicación de su hijo A. Casademunt en 1886. (orginales conservados en el Archivo de la Reial Acadèmia Catalana de Belles Arts de Sant Jordi).

Jaume I. Los franciscanos, como casi todas las comunidades religiosas que vienen después, se sitúan en el lado izquierdo de la Rambla, ocupando casi toda la extensión disponible, desde las *drassanes* hasta la puerta de Santa Anna.

7.2.1 SAN FRANCISCO

Giné[7] establece que hubo una primera comunidad franciscana alojada en el hospital de Sant Nicolau de Bari, a partir de 1219-1220, que posteriomente realiza una primera construcción de iglesia en el emplazamiento definitivo, hacia 1236 y 1240, para finalmente reconstruirla entre los años 1247 y 1297.



San Francisco. Iglesias de fases sucesivas (reconstrucción hipotética de Giné[8])

Como en otros casos, varias construcciones son progresivamente superadas en función de las necesidades de culto, predicación y acogimiento. Si en Mallorca los franciscanos habían preferido cambiar el emplazamiento para no reutilizar la primitiva estructura del primer asentamiento (Santa Margalida), aquí parece ser que reutilizan la estructura de contrafuertes para la construcción final.

Giné compara la forma del primer recinto con la de Santa Margarita de Mallorca y en base a ella parece plantear el primer dibujo de planta y sección. Sin embargo, en Mallorca los contrafuertes no se disponen hacia el interior de la nave y la luz de los arcos diafragmas es sensiblemente menor (en torno a 11,90 m), alcanzando una cota de clave de arcos superior a las permitidas por la orden.

Giné interpreta que el tramo de la iglesia primitiva debía tener la misma forma que el tramo en la iglesia final. Esto produciría una luz excesiva para ese primer tiempo de construcción, superior a la de Santa Margarita y, si se trazaran unos arcos diafragma, la altura resultaría excesiva. Por otro lado, la separación de los estribos estaría requiriendo una longitud excesiva de secciones de

[7] GINÉ Anna, *El convent de Sant Francesc…* op cit pag 224.

[8] GINÉ Anna, *El convent de Sant Francesc …* op cit. pags 225 y 229.

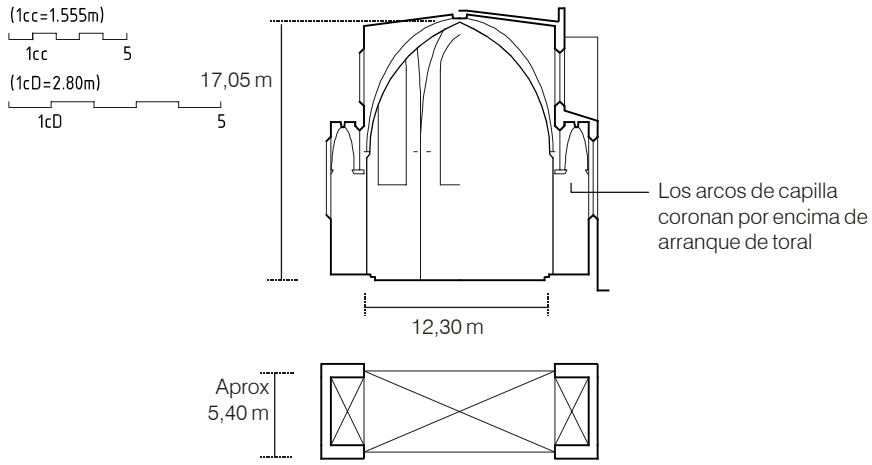
madera para la cubierta en torno a los 6 metros, cuando en Santa Margalida (como en las naves dormitorios mendicantes), este valor se situaba entre 4 y 5m[9].

Sobre las segunda planta propuesta por Giné, se puede comentar que Matamoros refleja la no coincidencia de los primitivos contrafuertes (situados en el lado del claustro) con los nuevos que se crean limitando capillas en el lado opuesto, lo que en el plano de Giné se ha corregido y explicado, dando por erróneo el levantamiento. Si éste desfase de los contrafuertes planteado por Matamoros fuera correcto, hubiera sido inviable realizar una bóveda nervada de tramos rectangulares (como apunta Giné), debiendo solucionar la cubierta de otro modo más complejo, con unos torales que descansarían, en el lado del claustro, sobre otros que serían recogidos por los primitivos contrafuertes, dificultando la solución de la recogida de los empujes de bóvedas. Quedan pues varios temas pendientes de contrastar y la investigación permanence abierta.

7.2.2 SANTA MARÍA DE JONQUERES

Atribuída al siglo XIII (aunque con apenas documentación que lo pueda certificar[10]), tiene el valor de mostrar una estructura de transición hacia las grandes construcciones mendicantes (San Francisco, Santa Caterina, los Agustinos) que ya utiliza las bóvedas nervadas pero el espacio interior todavía muestra unas dimensiones relativamente controladas.

Aquí los espacios de capillas se cubren con arcos muy rebajados en cuyo ámbito se sitúan las ménsulas que recogen los torales (como ocurre en Santo Domingo de Girona). La iluminación del interior de la nave se produce en pequeñas ventanas situadas en tramos alternados, y los grandes ventanales de la cabecera se inician, de modo simple, por debajo del plano de arranque de los arcos de capilla.



Santa María de les Jonqueres

En síntesis, una estructura sencilla, de proporciones contenidas, apta para investigar soluciones más esbelteces que se producirán décadas más tarde.

---

[9] En ocasiones, como en la Sala de Mallorca del Palacio de los Reyes en Perpignan, al separase los diafragmas una distancia en torno a los 6 metros, se introduce un orden doble de vigas de madera y *cabirons* apoyados en éstas, paralelos a los arcos diafragmas.

[10] Publicación del Anuario del Colegio de Arquitectos de Cataluña, *Monasterio de Santa maría de Junqueres en Barcelona. Memoria descripctiva, histórica y arqueológica*. En él se describen las dimensiones generales de la iglesia (longitud de nave 41,15m, anchura 12,30, y altura 17,05m) que pueden ser cotejadas con las planimetrías incorporadas en el mismo documento. Pag 66.

A diferencia de San Francisco y Santa Caterina cuya cabecera será pentagonal, aquí tendrá tres tramos que, junto con otros dos paralelos a la nave, formarán cinco sectores de bóveda. Se trata de una estructura sencilla que será después reinterpretada en múltiples escalas por los arquitectos de Mallorca, en las capillas reales de los palacios, en los ábsides de la catedral o en la propia ampliación de Santa Margalida, *mejorando* el modelo al incorporar el arranque desde bóvedas de planta triangular en las esquinas, partiendo de una base perfectamente rectangular.

7.2.3 SANTA CATERINA

Bien documentada gracias a los levantamientos de Casademunt, los dominicos llegan a Barcelona tan sólo cuatro años más tarde de su fundación en Toulouse[11]. El inicio de la obra de la iglesia data de 1240, unos pocos años antes que lo hiciera la comunidad franciscana. Tal fue la relevancia que adquirió el convento que en 1261, con las obras bastante avanzadas, fue escogida como sede de un capítulo general de la orden.

Ortoll resalta la importancia del modelo de Santa Caterina para la arquitectura monumental de la ciudad en el XIV, pero discrepa de la datación que comúnmente se otorga a su estructura de cubierta, opinión cuyo máximo valedor ha sido Lavedan, quien exaltaba la originalidad del modelo resuelto hacia el 1250[12]. Ortoll recuerda que Casademunt, cuando realiza el levantamiento del conjunto, había identificado unas fracturas en la fábrica de la obra que le llevaba a interpretar fases constructivas diferenciadas.

Señala Ortoll que resulta sorprendente que los expertos, reunidos en el Capítulo de Barcelona, pasaran por alto las dimensiones de la obra de la iglesia que estaba en curso, a la vez que sancionan la altura del cuerpo de dormitorios[13]. Sin embargo, Durliat no ve la contradicción, pues deja constancia de que la inspección de los expertos detectó las anomalías pero no hizo corregir la obra, probablemente debido al problema de demolición que hubiera supuesto . Lo explica del siguiente modo: "... *Todo el conjunto estaba edificado con las mismas proporciones grandiosas que ignoraban las prescripciones de las constituciones sobre las alturas máximas... En el Capitulo general de la orden dominicana celebrado en 1261 se constatan las transgresiones, demasiado evidentes. Sin embargo sólo puede condenar el dormitorio, que manda demoler*... [14]".

Sin tener nuevos datos sobre la cronología precisa de la obra, se pretende resaltar que, a principios del XIV, Santa Caterina va a establecer, junto con la referida iglesia de San Francisco, una luz de nave destacable, en torno a los 14 metros, unas 9 *canas catalanas* (que con la normalización posterior de la *cana destre*, en 1262, puede ser interpretado como 5 *canas destres*).

La estructura obtenida es remarcable pues hasta entonces dominicos y franciscanos no habían abordado estructuras de tal envergadura. Cuando en el entorno de Toulouse, uno de los centros desde los que se extienden las órdenes mendicantes, se habían consagrando las grandes

---

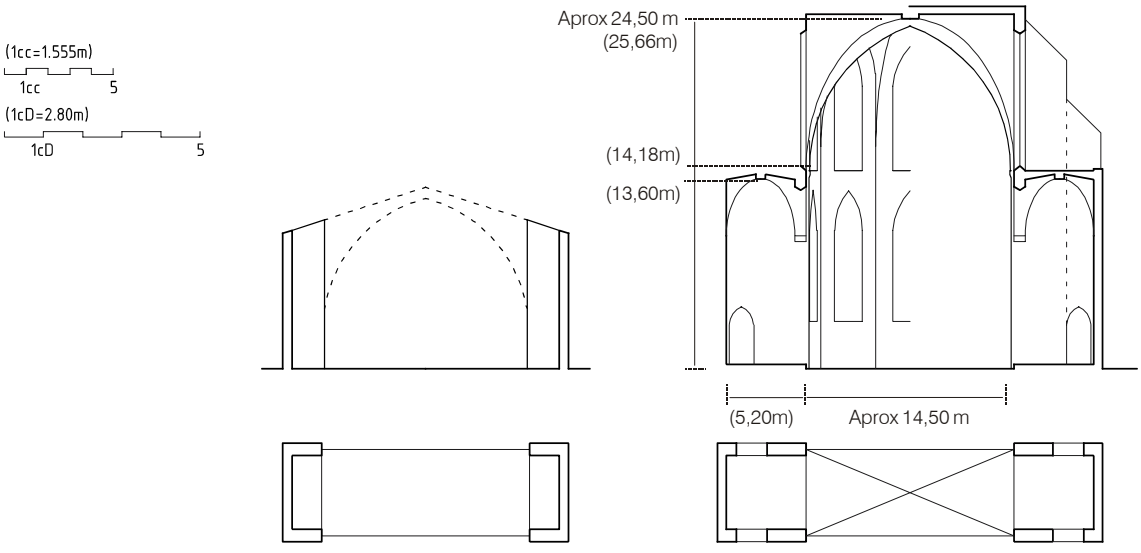
[11] ORTOLL Ernest, *Algunas consideraciones sobre la iglesia de Santa Caterina de Barcelona*, en Locus Amoenus 2, Barcelona 1996. pag 49.

[12] LAVEDAN Pierre: *L'Architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléars*. Ed. H. Laurens, Paris, 1935, pag 80.

[13] ORTOLL Ernest, *Santa Caterina …* op cit. pag 55.

[14] DURLIAT Marcel, *L'art dans le Royaume de Majorque*. Éd. Privat, Toulouse. Trad. per Ed. Moll, Palma, 1989 pag 67.

estructuras de la nave raymondina y de la abadía de Grandselve a mediados del XIII, los dominicos estaban ocupados en solucionar el modo de continuar la obra de doble nave, y sólo los *Cordeliers* alcanzará unas dimensiones mayores , que se había iniciado en el último tercio del XIII.



Santa Caterina a mediados del XIII

Santa Caterina en el XIV

Santa Caterina realza el espacio interior elevando la posición de los arcos y reforzando los contrafuertes, hasta una posición de imposta de unas 9 canas catalanas. Esta proporción cuadrada podrá observarse en construcciones posteriores como Pedralbes, el Pi o la catedral de Manresa.

La luz entra en la nave a través de los ventanales situados sobre el plano de imposta de los arcos (como en San Francisco y a diferencia de Jonqueres), incorporando en la cabecera un doble nivel de ventanas, poco frecuente para la arquitectura mendicante de la época, y que también se produce en la iglesia de los agustinos de la propia ciudad, obra del XIV[15].

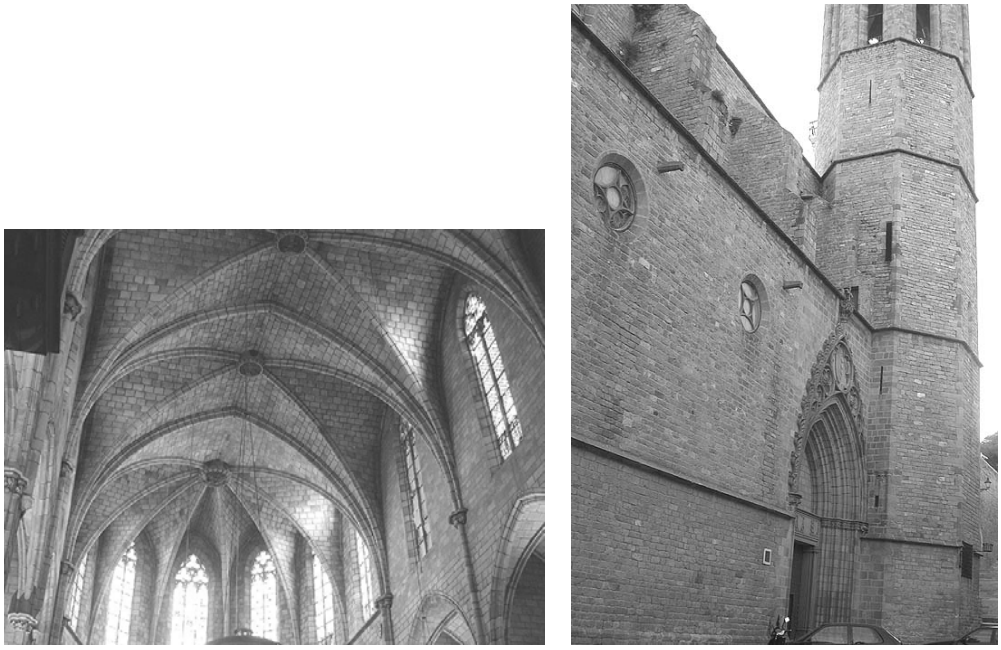
La forma del contrafuerte parece corroborar las dos fases en su crecimiento que podía estar apuntando Casademunt y que recupera Ortoll, tanto por el escalonado de su contorno exterior como por la situación de unos pasos a través de los contrafuertes, frecuente en las obras dominicas (casos de Perpignan y Toulouse). El gráfico que se presenta representa una posible solución de primera nave de Santa Caterina, siguiendo el modelo que también se había apuntado para los franciscanos.

Las áreas de base de los contrafuertes presentan valores parecidos, con una anchura relativamente estrecha, que correspondía a cerca de 1 metro (unos 5 palmos de cana catalana).

[15] ORTOLL Ernest, *Santa Caterina …* op cit. pag 59.

7.3 SANTA MARÍA DE PEDRALBES Y LA IGLESIA DEL PÍ

El 3 de mayo de 1327 Jaime II y su tercera y última esposa, Elisenda de Moncada, asistían a la misa solemne que inauguraba el nuevo monasterio de Santa María, en Pedralbes. La soberana había querido emplazar en una de las colinas en el entorno de barcelona, llamada de las *piedras blancas,* a la orden nueva de las clarisas (franciscanas).



Iglesia de Pedralbes

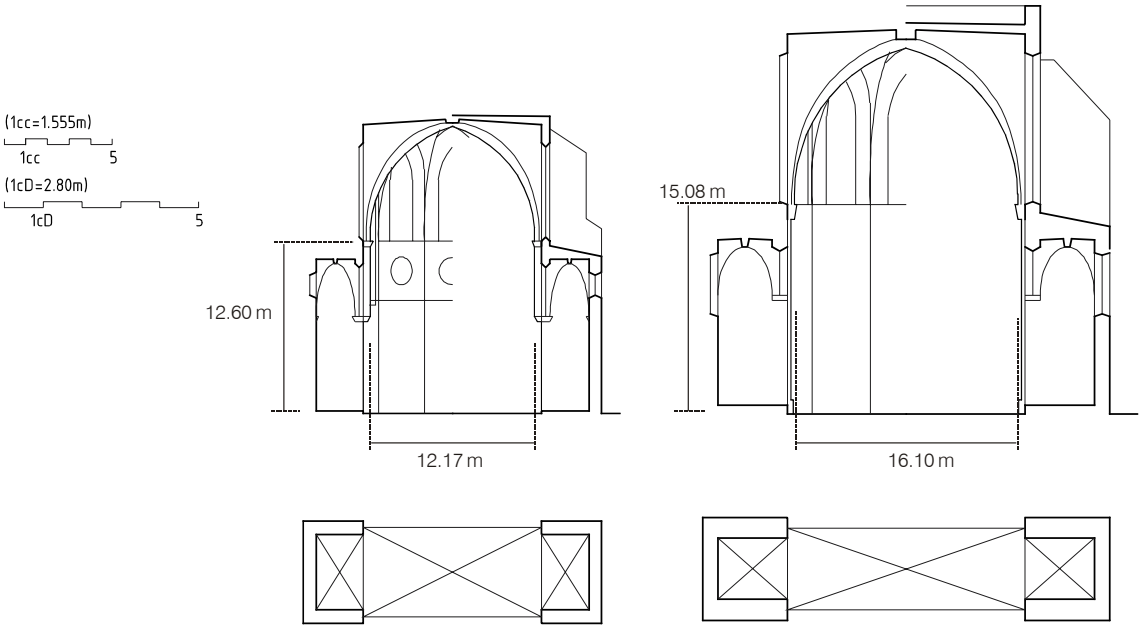
El altar es consagrado tan sólo trece meses más tarde, lo que ha llevado comunmente a pensar que la iglesía podía estar concluida para entonces, habiendo sido este dato puesto en duda por algunos autores[16]. A pesar de que la planta no es excesivamente amplia, el hecho de que dos años antes del inicio de la fábrica de Santa María del Mar la obra estuviera en curso y con tal celeridad, es indicador de que la técnica estaba perfectamente controlada.

El siguiente cuadro muestra el resumen de las medidas tomadas:

	Luz arco	*Base arco*	*Eje-Radio*	*Radio*	*Flecha*	*clave*	*Notas*
Doblero	12.17	12.60	2.32	8.36, 8.46	8.10	+20.70	12.40 cota capitel
Diagonal		12.53		8.49, 8.46		+20.70	
Formero pared capilla		7.03		3.65		+10.84	

El alejamiento del entorno urbano inmediato debió condicionar la contención en las dimensiones de la fábrica, que se van a reducir sensiblemente respecto de las dos principales obras mendicantes de la ciudad. Si la luz de ellas se situaba en torno a las 9 canas catalanas, aquí la luz del arco toral se aproximará a el valor de 8, al igual que la posición del arranque de los arcos respecto del suelo.

[16] MORALES JL, *Historia de la arquitectura española*, ed Planeta, 1985, pag 512..



Santa María de Pedralbes — Santa María del Pí

Por otro lado, el recurso de la doble iluminación del ábside mediante un óculo inferior y un ventanal sobre la línea de imposta recordará a la solución de doble ventanal propuesta por la comunidad de Santa Caterina.

Unos años antes que Santa María del Mar, en 1322, también se había iniciado la iglesia de Santa María del Pí en sustitución de un templo anterior, mediante una nueva obra que se dilatará hasta el siglo el XV en que tiene lugar su consagración (1453).

El siguiente cuadro muestra el resumen de las medidas tomadas (valores en metros):

	Luz arco	Base arco (imposta)	Radio	flecha	Cota clave	notas
A.Doblero	16.10	15.08	10.92	10.25	+26.38	16.60 Luz entre paredes (aprox 6CD)
A.Diagonal		16.08 (cota centro)	11.72		+27.05	

La forma del arco toral corresponde a uno de los modelos estandarizados y conocidos, el arco *de quinto* y la diagonal no va a mantener el radio, levantando ligeramente su coronación para producir un modelo más estable, a costa de emplear una cimbra diferente.

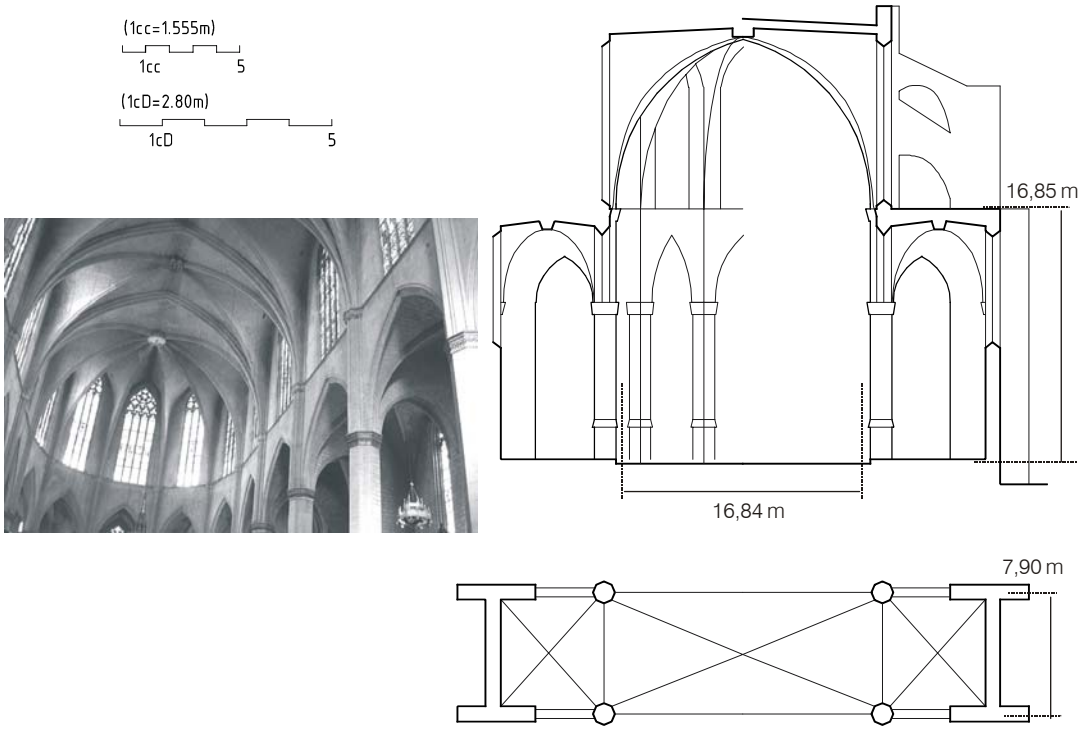
La obra del Pí resulta de interés por la envergadura que alcanza, pues la iglesia incrementa la luz de las naves que se estaban produciendo en Barcelona (las dos iglesias mendicantes) hasta un valor próximo a las 6 canas destres. Un valor que posteriormente será retomado por el maestro Berenguer de Montagut en la obra de Manresa.

7.4 SANTA MARÍA DE L'ALBA DE MANRESA

Durante el siglo XIV, la antigua muralla es reconstruida y una gran acequia es iniciada para abastecer la ciudad, con una longitud de unos 26 km. El crecimiento y desarrollo de la ciudad obliga a transpasar hasta tres veces el rio Cardener mediante construcciones en las inmediaciones de la población: el puente de *Vilomara*, iniciado a finales del XIII, el puente *Nuevo* iniciado en 1322 (dirigido por el mismo arquitecto de la catedral) y el puente *de la riera de Rajadell* iniciado en 1383. Manresa parece concentrar su desarrollo económico a lo largo de este siglo.

La iglesia del carmen se inicia en 1329, al mismo tiempo que la catedral, en el emplazamiento del antiguo castillo del Puig Mercadal. El templo era de nave única con seis tramos de bóveda y ábside poligonal, con capillas entre los contrafuertes.

El esquema mantiene la diferencia de tratamiento en la cabecera respecto de la nave, aunque resulta interesante ver como se conserva la anchura en planta de nave y cabecera, incorporando matices en la altura, definiendo unos tramos con bóveda que bien pueden interpretarse según el concepto de arcos diafragma con tejado a doble vertiente.



Catedral de Manresa. Tramo tipo y vista del interior

Otras construcciones mendicantes, aparte de iglesias de otras comunidades, se estaban desarrollando al mismo tiempo. Es el caso de la comunidad de Santa Clara, cuyo monasterio es fundado en 1322. Bajo la tutela de los dominicos se funda en 1321 la iglesia de Sant Pere Martir.

La actividad económica no cesa. Entre 1322 y 1379 se fundan los seis principales gremios - cofradías de la ciudad, que reparten sus patrones en capillas las iglesias de la ciudad, por lo que a su vez son protagonistas de la financiación de las obras.

Ocupa el emplazamiento de la antigua construcción románica, sobre la que se supone realizada con planta en cruz latina y bóveda de cañón. La explosión demográfica, como había ocurrido en muchas otras poblaciones, provocó la necesidad de sustituir la vieja estructura por otra de mayores dimensiones.

La decisión de construir el nuevo templo es tomada en 1296, cuando los *consellers* y canónigos de la ciudad deciden llevar a cabo el proyecto, aunque no es decidido su emplazamiento hasta el 1301, sobre el monte Cardener que se eleva sobre el rio del mismo nombre.

En pocas ocasiones como aquí se va a conocer el maestro de obras o arquitecto. En pocas ocasiones como aquí se ha documentado su autoría para tres construcciones singulares, como es el caso de la construcción de la orden menor del Carmen y un puente de nueve tramos sobre el rio, con arcos de medio punto adovelados.

Se trata de Berenguer de Montagut, autor asimismo de Santa María del Mar, a quien autores como Cirici otorgan también protagonismo en la iglesia del Pi y en la catedral de Palma: "…*Finalmente, es verosímil atribuirle una obra similar, que parece evolución de la de Santa María: la catedral de Mallorca, cuyo altar mayor estaría consagrado en 1346*[17]…".

La obra de la catedral de Manresa se inicia en 1328, con la colocación de las primeras piedras en las capillas radiales del ábside, concluido en 1345. Se cree que en 1353 ya se había terminado el primer tramo de la nave, paralizándose la obra hasta el siglo siguiente. En 1371 se consagra el altar mayor.

El primitivo templo se conserva durante gran parte de la obra nueva: en 1395 todavía estaba en pie, con lo que, al igual que en otras construcciones singulares como las catedrales de Girona o Mallorca, la basílica antigua podía servir de plataforma de trabajo para la nueva obra.

El esquema muestra la gran diferencia de altura que se produce entre la nave central y su falsa nave lateral, como se produce en el modelo de Narbona o en la solución junto a la cabecera de la catedral de Girona (primer tramo, que después es continuado con la nave única).

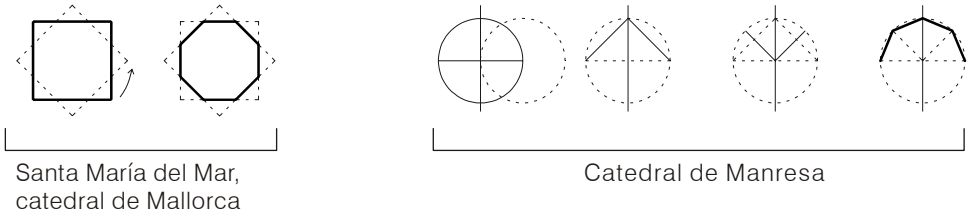
De hecho, en el modelo de Narbona, la altura de las capillas y de la nave lateral es la misma, correspondiendo a la mitad de la nave central. En la Aurora los espacios de capilla y lateral se funden en uno sólo.

Si se analizan los soportes centrales, Berenguer de Montagut utiliza en Santa María del Mar y en la Manresa unos pilares de fuste octogonal que culminan en un capitel o imposta a partir del cual se inician las nervaduras de las diversas bóvedas que inciden. La culminación de ambos pilares es diferente en ambas, aunque coincide en la medida de 6 canas destras para definir la llegada del capitel de Santa María del Mar y el arranque de los arcos principales (dobleros y diagonales) en Manresa.

Aunque el fuste corresponda a la misma sección octogonal, tienen un matiz que los diferencia. Si Santa María del Mar, como en Mallorca, el octógono presenta las caras paralelas a las naves y por tanto se puede entender y construir mediante un cuadrado y su correspondiente girado, en Manresa el octógono presenta aristas a las mismas direcciones indicadas, con lo que su replanteo se entiende mejor a partir de una cuerda que trace un arco y unas sucesivas particiones en mitades.

[17] CIRICI Cristian y GUMÍ Jordi, *L'art gòtic català. L'arquitectura als segles XIII i XIV*, ed 62, pag 62. también se comenta la posibilidad de autoría del maestro Berenguer de Montagut en la iglesia de Santpedor, cercana a Manresa, que utiliza un esquema de capillas comunicadas similar a la Aurora.

Sobre las formas similares de los soportes, se puede apuntar que la dimensión del cuadrado que engloba el octogono del fuste del pilar en Mallorca corresponde a 1 cana catalana, ligeramente superior al fuste de Manresa, atendiendo a la mayor altura que se estaba preparando.



Esquema de generación del octógono

Estos esquemas muestran una voluntad de control geométrico mediante sencillos esquemas que los operarios de la obra pudieran entender y reproducir. Formas geométricas simples que se adicionan o giran, o arcos trazados con cuerda o compás divididos en mitades sucesivas. A la manera que expone Ruiz de la Rosa cuando habla del concepto de *geometría fabrorum*[18]. Según opina Bango Torviso en relación a la obra de la catedral, "…*Las colaterales, muy estrechas, no son todas de tránsito, pues los contrafuertes avanzan hacia el intercolumnio central, obstruyendo casi la mitad del ancho del tramo y formando capillas, con la particularidad de que la totalidad del tramo se cubre con una única bóveda..*[19].

La secciones comparadas muestran un carácter experimental. Las alturas son efectivamente muy diferenciadas, pero la mayor anchura en el espacio central respecto del espacio lateral (incluso mayor que la nave central de Santa María del Mar) junto con la proximidad al plano de base, producen un efecto de espacio único en cuyo contorno se producen unos matices. A modo de gran espacio de capilla perforado por un paso perimetral, los planos de los contrafuertes no son despojados de su carácter murario. De hecho, tres huecos en altura perforan el paño de muro transversal que se eleva para recoger la carga de la gran cubierta. Se produce un doble nivel de arbotantes, el primero de carácter más murario.

Bango Torviso reflexiona sobre la justificación del modelo, en base a condicionantes económicos y topográficos "…*creemos que se trata de una manera económica de modernizar un viejo proyecto de tres naves en un templo que se parezca a las capillas laterales características del momento… La topografía no permite más espacio para las capillas*[20]*".* Ciertamente, la solución de la Aurora evita la construcción de una de las bóvedas, desplazando de modo desigual tanto el contrafuerte como el muro de cerramiento, en dirección a la nave. Se consigue un falso tramo cuadrado en el espacio lateral. Desplazamientos plenamente justificados por la falta de espacio en lo alto de la colina, debido a la exigencia de gran luz para la nave central.

La apreciación de Cirici respecto a sentido del contrafuerte y sus arcos es relevante:"… *en lugar de ser puentes estrechísimos suspendidos en el aire, son en realidad paredes con oberturas semicirculares*[21]…" La obertura inferior es semejante al primer arbotante en una catedral normanda que introduce arcos por esquifes (Durham). Es decir, es tosca. Y la obertura superior

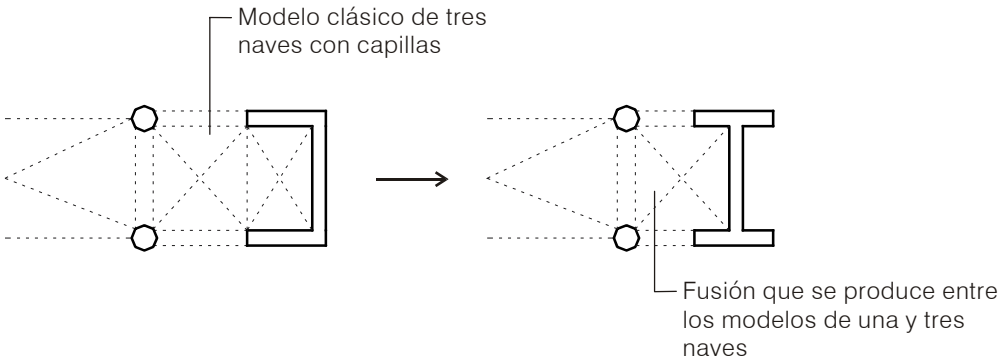
[18] RUIZ DE LA ROSA Jose Antonio, Traza y Simetria de la Arquitectura. En la Antigüedad y Medievo, publ. Universidad de Sevilla, 1987, pag 291-336.

[19] BANGO TORVISO Isidro, *Historia de la arquitectura española*, pag 521.

[20] BANGO TORVISO Isidro, *Historia de la arquitectura española*, pag 521.

[21] CIRICI Cristian y GUMÍ Jordi, *L'art gòtic català. L'arquitectura als segles XIII i XIV*, ed 62, pag 63.

es vacilante: no adquiere la esbeltez de los arbotantes de una catedral gótica francesa. Es comprensible la afirmación de Cirici, ya que un contrafuerte matizado sería excesivo y un contrafuerte menos denso o más esbelto sería arriesgado. Estamos ante una solución de compromiso.



Semi-módulo ficticio y variante definida en Manresa

Métricamente, se observan ciertas similitudes de procedimiento. El maestro utiliza la *cana destra* implantada en Barcelona para señalar métricamente la altura desde donde arrancan los arcos principales, y éstos presentan también una separación de 6 canas destres en la base. No hay que olvidar la equivalencia entre 45 canas catalanas y 25 canas destres. Trabajar en canas permite trabajar en destres, y viceversa.

El siguiente cuadro muestra el resumen de las medidas tomadas (valores en metros):

Tipo de Arco.	Luz arco	Base arco (cota imposta)	Eje-Radio	Radio	flecha.	cota Centro arco (peralte)
A.Doblero	16.84 (6 CD)	16.85 (6CD)	2.79 (arco *de quinto*)	11.07 y 11.28 (4CD)	28.10 – 17.19 = 10.91	17.19
Formero inferior (capilla)	6.56	10.66		5.32		
Formero superior (lateral nave)	7.00	23.74		5.17		
A.Diagonal		17.34 (cota centro)		11.11		28.25

Supuestamente, este patrón sustituye a la cana más extendida de las comarcas catalanas, por lo que demuestra que un maestro de obras o arquitecto podía transportar y aplicar su patrón cuando trabajaba en obras distantes. Como ocurrirá en Santa María del Mar, se trata de una medida divisible mediante unidades de doble cana, por lo que se utiliza un patrón doble de gran importancia.

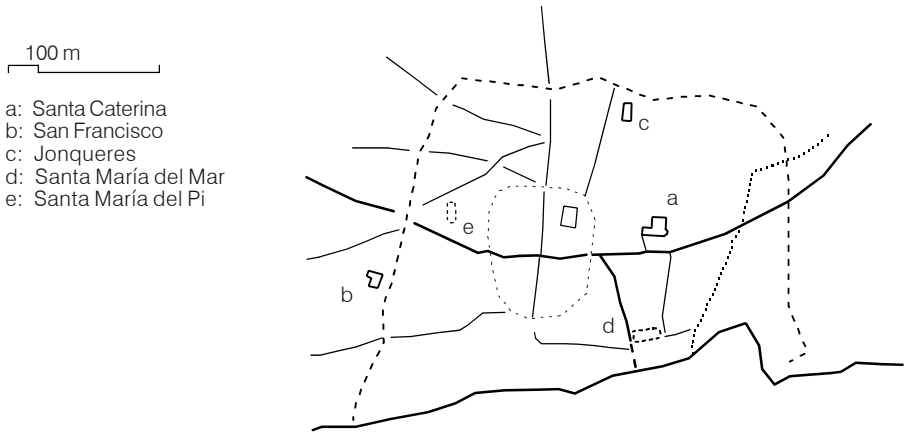
La estructura del arco principal (doblero) responde a un esquema claro de construcción. Cuando el radio se define mediante dos terceras partes de la base, se trata del arco de quinto, según los modelos expuestos y desarrollados por Bechmann. Además, la uniformidad entre radios de doblero y diagonal es indicativa de una voluntad de control métrico para estandarizar patrones y dovelas, parcial o totalmente.

7.5 SANTA MARÍA DEL MAR

7.5.1 EL ENTORNO

La nueva iglesia de Santa María del Mar se edifica sobre un antiguo templo, en el extremo de la calle del Mar que conducía desde la plaza del Blat hasta la explanada de arenas desecadas que se iban ganando al mar, donde posteriormente se situará la lonja. Tal era la importancia de este eje (que conectaba visualmente con el palacio Condal) que, en los años en que se iniciara la obra de Santa María, el Consell de Cent decide ampliar el espacio de la plaza, liberando parte del mercado de cereales que en ella se producía y que se traslada a las playas del barrio de la Ribera, junto a Santa María, con unas obras que ejecutan hacia mitad de siglo, expropiando y derribando casas en el entorno[22].

Hacia el Norte, limitaba con el espacio de la plaza del Borne, a la cual entregaban ejes como la calle Montcada de la nueva burguesía comerciante, que a la vez era el camino que conectaba con la comunidad dominica de Santa Caterina.



La ciudad con la muralla del XIII-XIV y las obras que se estudian

Junto con el Born, establece una sucesión de dos *espacios-salón*, de culto y de vida (mercado, ferias, torneos), uno cubierto y otro descubierto, que vertebrarán la vilanova de la Ribera en su entrega con el mar.

Cirici explica la vinculación entre la catedral y el barrio, en cuanto a representatividad y colaboración de los propios ciudadanos "*… En la empresa de su construcción colaboran los bastaixos de ribera. Cuando la calle Montcada se urbaniza para convertirse en el centro de la vida de los potentados de lal riqueza marítima, la empresa del gran templo era la afirmación del empuje económico y político del sector, que crecía a la sombra del imperio catalán…*[23]"

El incremento demográfico y las necesidades de protección de la ciudad se traduce en la ampliación del recinto amurallado en 1357 (en las ciudades de Valencia y Girona están documentadas en 1356 y 1362, respectivamente), haciendo crecer los lienzos de muralla romana, trazando arcos sobre las torres y ocupando los espacios sobre ellas (como el fragmento con que se construye la capilla de Santa Àgata.

---

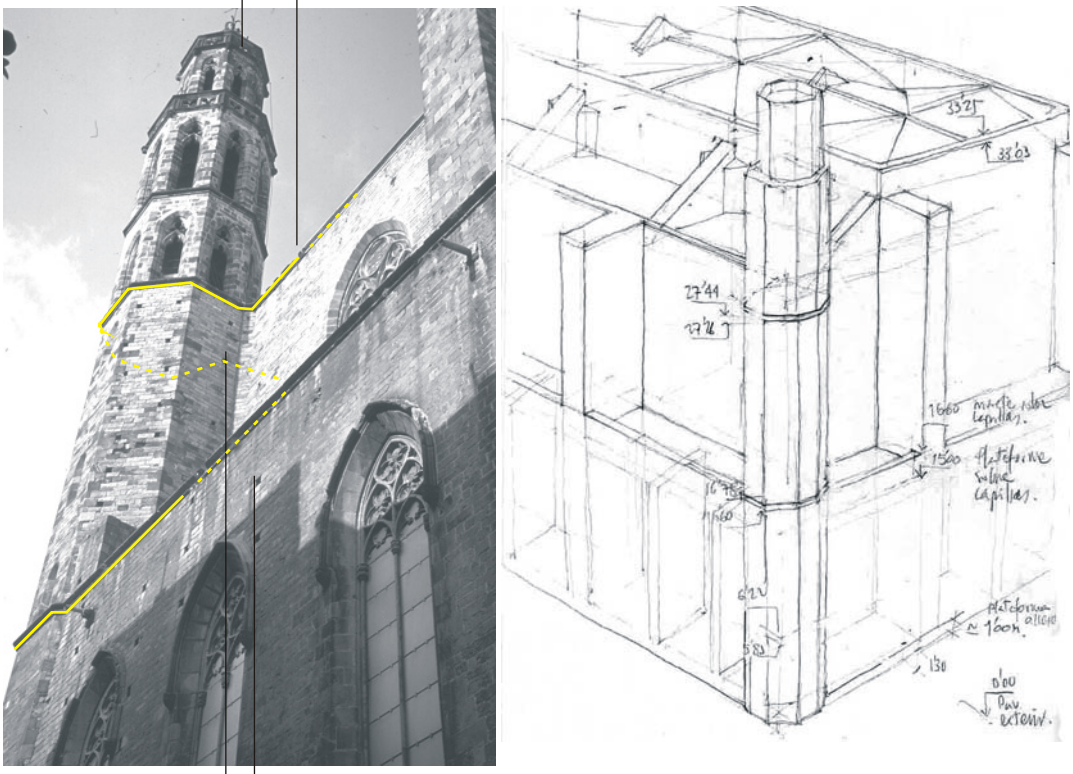
[22] CABESTANY JF, *L'urbanisme català a la Baixa Edat Mitjana*, dentro de *Evolució urbana de Catalunya*, Edicions de La Magrana, Institut Municipal d'Història de Barcelona, 1985, pag 40.

[23] CIRICI Alexandre i GUMÍ Jordi, *L'Art gòtic català. L'arquitectura als s. XIII i XIV,* Ed 62, Barcelona, pag 62.

Durante el periodo que dura la obra, entre los años 1318 –1329[24] y 1383 en que se coloca la última clave de bóveda, se producen unos acontecimientos que influyeron en el transcurso de ésta y las demás empresas catedralicias: las pestes y epidemias de los años 1348, 1364, la peste Negra de 1371 y la de 1374; las guerras contra los reinos de Mallorca, en 1343, por la que se reincorpora ésta a la corona de Aragón y en el Norte de Africa, que mantienen endeudada la ciudad de Barcelona, pero que a la vez sirven para recaudar fondos de financiación de la iglesia. Además, la obra deberá superar un terremoto en 1373 y un incendio en 1378, justo antes de su conclusión.

7.6 LA OBRA

Hacia 1366 se habían terminado todas las capillas y en 1368 el rey Pere *el Ceremoniós* autoriza la extracción de piedra en las canteras de Montjuic. En 1378 ya estaba cubierto el ábside y los tres primeros tramos, cuando un incendio afecta gravemente el altar mayor, el coro, la sacristía y los andamiajes que aguantaban el tercer tramo de la nave, recien terminado, afectando gravemente la estabilidad de estas bóvedas. La última clave de bóveda es colocada en 1383.



Fragmento de fachada lateral, con torre de esquina en fachada principal

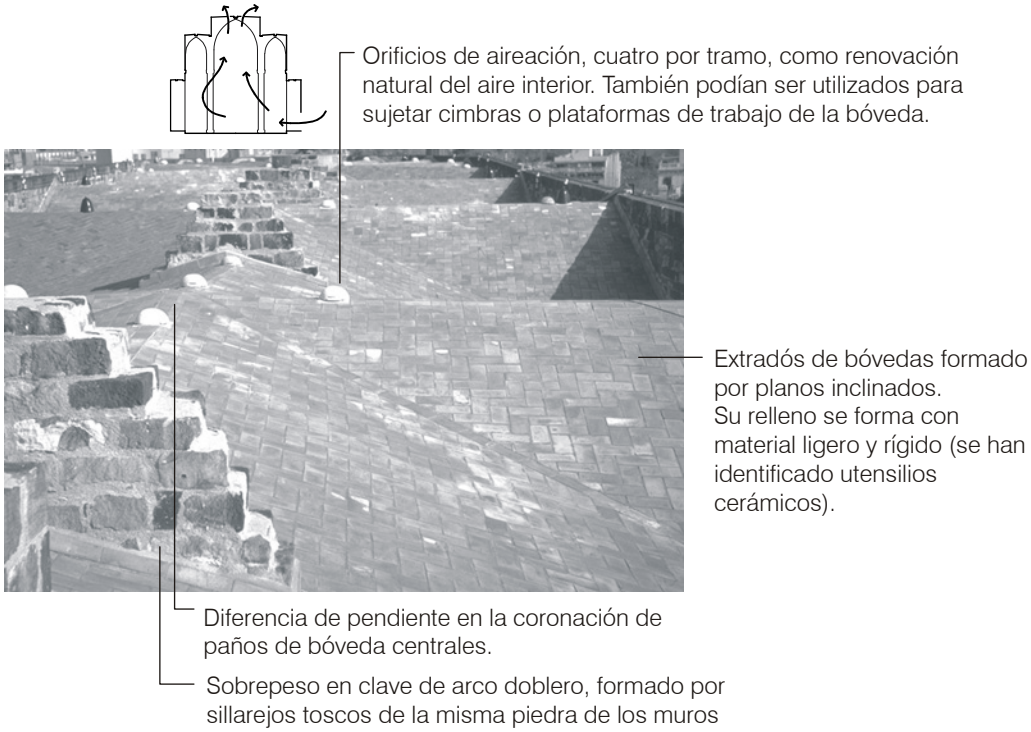
Pese al periodo de inestabilidad descrito, Santa María del Mar consigue ser terminada en unos

[24] Bassegoda i Amigó, *Santa Maria del Mar*, pag 79.

sesenta años y con una intervención de un número mínimo de autores:Berenguer de Montagut y Guillem Metge (se atribuye también una colaboración a Guillem Metge).

A nivel de formas interiores, se produce un equilibrio entre, por un lado, la triple nave, muy diáfana en sentido transversal[25] (los pilares se separan en longitud lo mismo que en anchura) y mayor densidad de contrafuertes laterales (un contrafuerte principal separa los tramos y dos menores limitan las capillas y culminan en la primera plataforma). Y por otro, la parte del ábside, de mayor opacidad por el filtro que establece la serie de columnas y más libertad en la forma de contrafuertes radiales.

Santa María del Mar dispone de tres naves separadas por dos filas de soportes centrales de formas puras octogonales, como en la catedral de Mallorca y de Manresa, lo que ha dado lugar a habituales comparaciones formales y sugerencias sobre autorías compartidas.



Elementos en la cubierta actual de Santa María del Mar.

La obra muestra una técnica muraria acorde con la cultura meridional: los muros se conciben como diafragmas continuos, de espesor regular y de igual apariencia en interior y exterior. Incorporan superficies de ventanales con una dimensión controlada y proporcionada.

Se forman pieles de obra tosca, apenas desbastada a pie de la cantera, mediante una doble hoja trabada que se abre y pliega para formar los contrafuertes, mediante ángulos que se biselan para formar planos trabados. "…*En los contrafuertes y los grandes paños de muro, es bajo el porcentaje de carreus frente a la maçoneria tomada con mortero de cal. El propio talento de Berenguer tendía, como reflejo de la burguesía, a una pureza de formas y a una sobriedad*

[25] TARRAGÓ Salvador, *Ensayo de medición de los espacios abovedados*. Apuntes del curso *Las grandes bóvedas hispanas*, CEHOPU, 1998, pag 115. establece el concepto de GTL o *grado de transparencia lateral* y el IPG, o *indice de proporción del gálibo*.

extremas…[26].

Estos rellenos murarios quedan terminados lateralmente mediante cantería de mayor tamaño, los sillares o *carreus*, tallados con mayor precisión. De este modo se definen y matizan elementos estructurales como contrafuertes, torres y arcos.

Interior de Santa María del Mar.

Tanto en interior como en exterior, los muros incorporan un dibujo de pequeñas impostas, algunas de las cuales corresponden a niveles estructurales. Estas líneas tienen su continuidad en todo el perímetro.

Las cubiertas se construyen mediante planos inclinados en el extradós, tangentes con los tramos de bóveda e inclinados para evacuar el agua de lluvia, formando unos rellenos compactos y ligeros mediante material cerámico hueco.

El interior del templo ofrece una sensación de continuidad. La gran altura de los pilares y la pequeña distancia entre nave central y lateral hace que ésta corresponda a un *espacio salón*. Y si la iluminación principal se produce a través del gran ventanal del muro lateral, un pequeño óculo descubre las superficies de la bóveda central mediante una luz prácticamente rasante.

7.6.1 MEDIDA DEL ESPACIO INTERIOR

En el inicio de este trabajo se hablaba de la *geometría fabrorum* como método para ajustar la posición de las formas estructurales mediante sencillas geometrías. En el caso de Santa María, como ocurrirá también con la catedral de Manresa, la unidad métrica en base a la cual se exponen estos criterios será la cana destre, instituida en la ciudad por el rey Jaume I varias décadas antes de su inicio[27].

Esta geometría aplicada a la forma del arco y la bóveda se traduce en una voluntad de regular la luz de los arcos y de su posición respecto de la plataforma. A ser posible, la dimensión del radio responderá a uno de los esquemas estandarizados (los llamados *de tercio, de quinto*…) con una dimensión de valor de módulo entero de dicha luz. Desde cada plano se continúa la obra pues es ahí donde se orientan las primeras dovelas de los arcos, donde se produce el plano que contiene los centros de radios, donde se apoyan las cimbras…

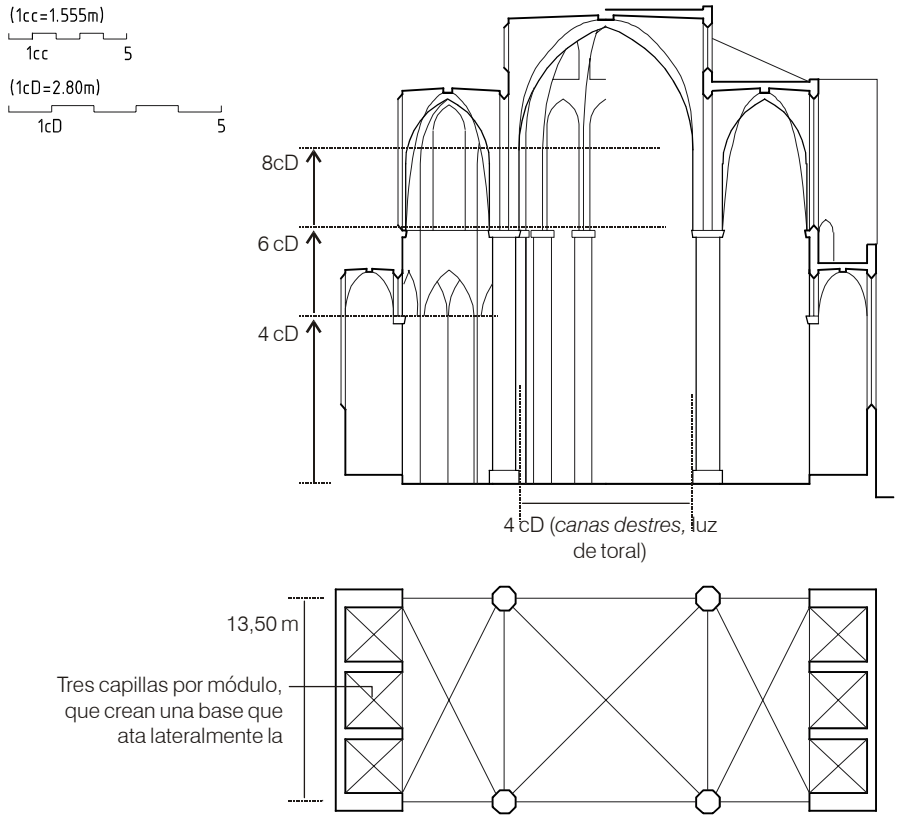
[26] BUXADÉ, MARGARIT LOPEZ-REY … *Visita a Santa Maria del Mar, …* pag 57

[27] La *cana destre* es la medida propia de Barcelona desde 1262 cuando el rey Jaume I deja constancia de ello en *Les Ordinacions de Sanctacília o Consuetuds*.

Hay un desnivel entre el exterior de las calles y el pavimento interior. En las capillas se producen unos escalones que establecen una plataforma superior en la base de los contrafuertes. Intencionadamente, se define un plano interior a partir del cual iniciar la gradación en las medidas interiores.

El uso de un patrón de doble medida se ha identificado como de gran utilidad para estructuras como Santa María del Mar, Manresa o Mallorca.

La *geometría fabrorum* buscará utilizar sencillas relaciones que puedan ser regulables (y divisibles) en base de 2 o de 3. Dentro de los patrones posibles, la cana destre puede ser destacaba en dos aspectos.



Primero, por su gran dimensión, supera cualquiera de las utilizadas en la época (a excepción del destre de Mallorca, que en realidad correspondía a la doble cana de montpellier) con lo que si se sitúan niveles estructurales de base doble, será una garantía de ayuda para obtener espacios estructurados más amplios. Segundo, su división en 12 palmos (cuando la mayoría se dividen en 8) permite un trabajo directo en divisiones de base 2 o en base 3. Se convierte en una medida versatil para las particiones y componentes menores[28].

De los casos analizados dentro del gótico meridional, es en las obras de Berenguer de Montagut en las que el patrón doble corresponde a la doble *cana destre*. En comparación con la catedral de Mallorca, la diferencia es sustancial pues allí, aunque el patrón también busque una relación doble, la base será sensiblemente menor, la *cana de montpeller* (en torno a los 4,00 m).

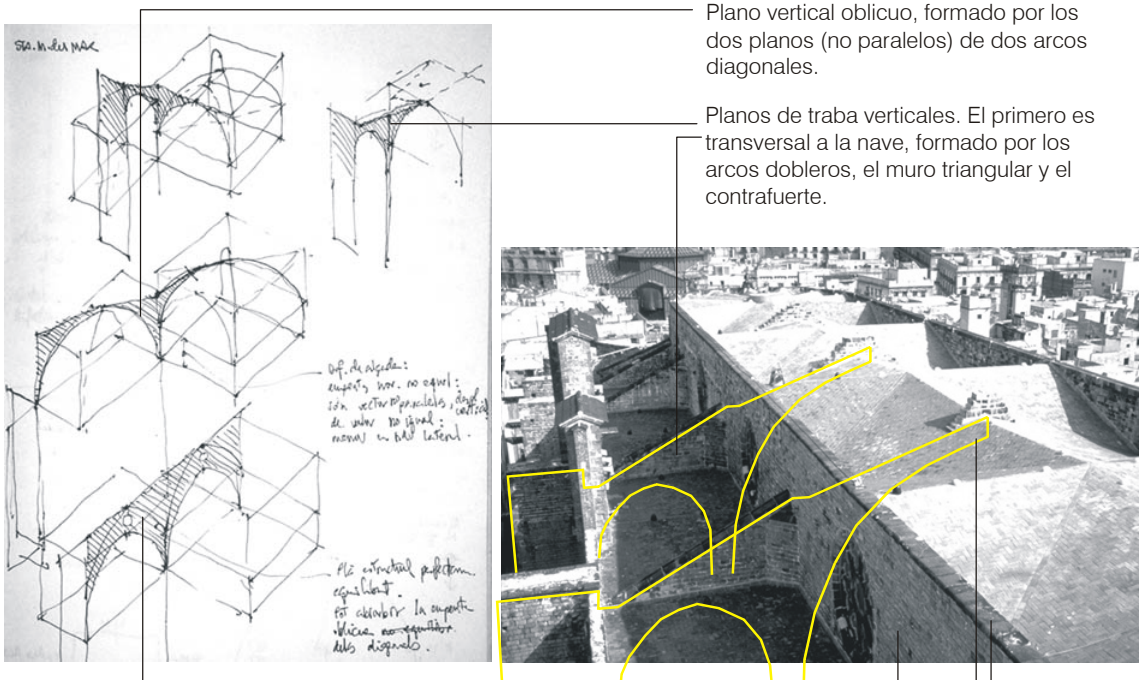
[28] Como ejemplo, podía las particiones de la cana destre podían, mediante una cuerda con nudos, definir los lados del triángulo egipcio (de lados 3, 4, 5), el único cuyos lados tienen valores enteros y definen un ángulo recto.

La primera plataforma, a 4 canas destres, queda bajo las bóvedas y arcos de las capillas. Define una primera línea de imposta que bordea todo el perímetro, entre capillas y contrafuertes. Un poco más arriba, sobre estas primeras bóvedas, se produce un plano de rigidización lateral y un plano de trabajo para trabajar, almacenar y controlar el el primer progreso de la obra.

La segunda plataforma, a 6 canas destres, culmina los fustes octogonales de los pilares en pequeños capiteles. Se produce una segunda línea de imposta en los muros laterales sobre la cual se sitúan los ventanales. Las curvaturas de las diagonales laterales y del arco formero inferior serán tangentes en este punto. Todos los nervios de bóvedas o sus correspondientes prolongaciones, se entregan en este nivel contra la línea de imposta, con la excepción del doblero de la nave lateral, que se prolonga hasta la base del contrafuerte.

Y un poco más arriba, a 8 canas destres, salen las curvaturas de los dobleros principales de la nave y sus correspondientes diagonales. Será la última gran plataforma de trabajo desde donde situar las cimbras de los arcos que se suponen necesariamente autoestables debido a la gran distancia a la que se situaban respecto a la plataforma de la base. Las bóvedas laterales todavía no han sido concluidas por lo que desde ahí podrá terminarse el relleno de las bóvedas o la colocación de las claves en los formeros inferiores y diagonales.

Los planos de atado son múltiples. En ellos, el componente de masa aportada es remarcable. Láminas de espesor reducido, siempre uniforme, verticales, se entrelazan para trabar los planos y aportar la carga gravitatoria necesaria. La masa principal se sitúa en los contrafuertes, así que el sistema diseñará un mecanismo que, pasando por encima de las naves laterales, pueda recoger el empuje de la principal.

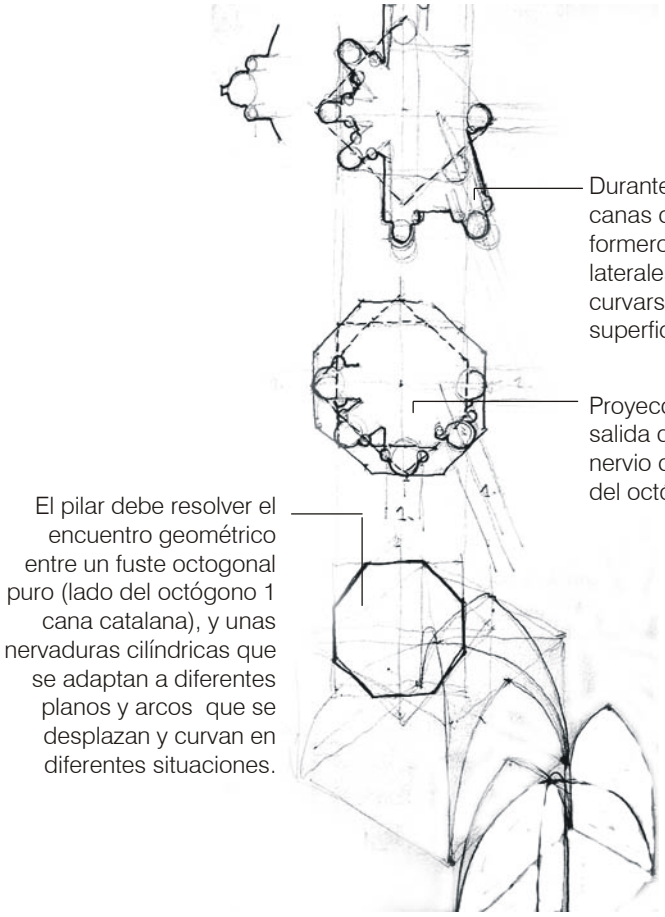


Desde la torre de fachada se entiende la ley escalonada de la construcción y su escala respecto de la ciudad y el tejido de calles

En cualquier proceso de estructura estructural deben considerarse las situaciones provisionales. En este caso, una vez alcanzado el segundo nivel de plataforma, sobre las naves laterales, los contrafuertes están concluidos, con lo que el muro botarel de contorno triangular puede entenderse como un muro sobre el que va a construirse la ménsula creciente (arranque de los dobleros) actuando los estribos a modo de contrapeso.

7.6.2 FORMA DE LOS ARCOS

Los arcos de la estructura (doblero, formero, diagonal) tienen su correspondencia con cada lado del octógono que forma el fuste del pilar. Cuatro lados corresponden a arcos dobleros y formeros, y cuatro más a otras tantas diagonales. Y la forma de medio cuadrado del tramo lateral produce una excentricidad de ejes diagonales respecto del eje del octógono[29].

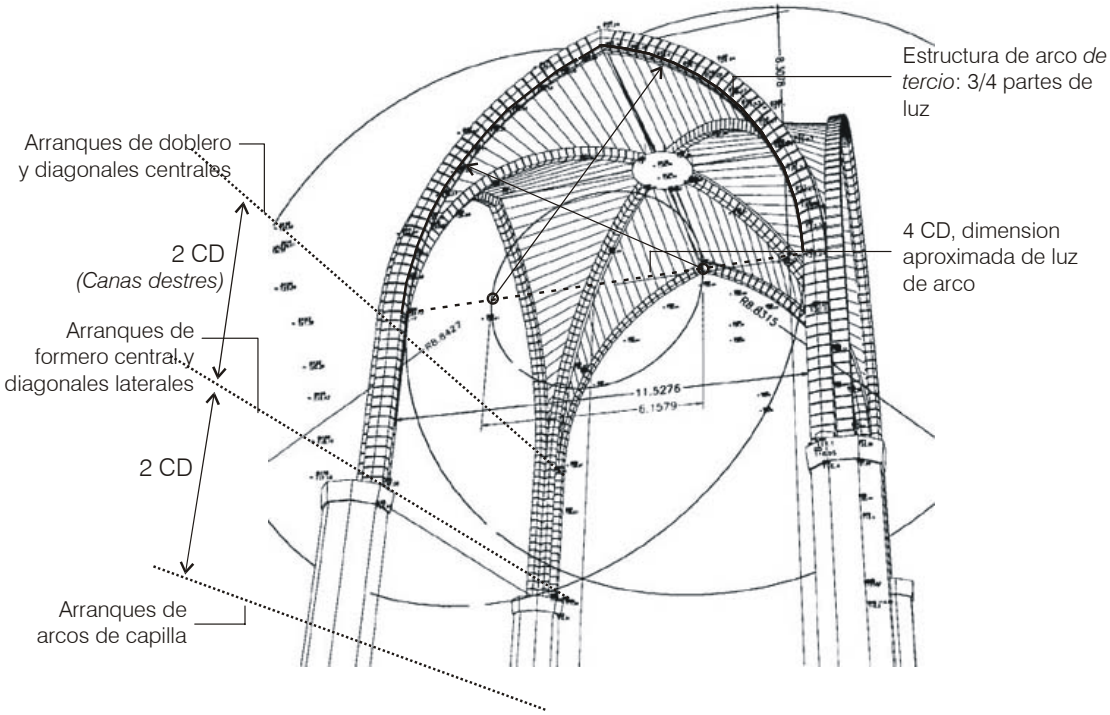


Según la teoría expuesta por Bechmann, era habitual regular la forma definitiva de los arcos dobleros y formeros para hacer coincidir éstos con la clave del arco diagonal. En este caso, a pesar de la forma cuadrada en planta del tramo central y de que los arcos dobleros tienen una estructura formal muy próxima al arco *de tercio*, el diseño de las diagonales se desvía ligeramente del arco perfecto medio punto que haría coincidir todas las claves del tramo, para peraltar ligeramente la forma.

Como en las catedrales de Mallorca o Manresa, se establece una diferencia clara entre la geometría nervada de las bóvedas y la de los soportes de prismas octogonales puros. Se ha visto

[29] Este problema no existía en el inicio del gótico meridional cisterciense, cuando los nervios diagonales arrancaban en forma de pirámide o cono invertido, desde el eje.

cómo el maestro de Santa María del Mar utiliza pequeñas licencias para prolongar el nervio del doblero lateral en vertical sobre el muro, y cómo las dovelas se disponen verticales en una distancia de 2 canas destras cuando el capitel o imposta ha culminado la sección prismática pura.



El siguiente cuadro muestra el resumen de las medidas tomadas:

	Luz arco	*Base arco*	*Eje-Radio*	*Radio*	*Flecha*	*clave*
Doblero Central	11.53 (4CD=11.2)	22.42 (8CD=22.4)	3.07	8.84	8.31	+30,73 (11CD=30,8)
Diagonal Central	16.94 (6CD=16.80)	22.23	0.42	8.88		+31,00
lateral sobre capillas (paralelo a formero)	12.30	17.71	2.70	8.86	8.44 (3CD=8.40)	
Doblero Lateral	5.34	21.25	1.93	4.58	4.14	
Diagonal Lateral	13.52, 13.65	16.77, 17.20 (6CD=16.8)	2.04	9.70	8.62 (3CD=8.40)	

Los arcos buscan mantener la geometría básica (su dimensión de radio y su posición respecto de la base) en la mayoría de los casos: son idénticos en el tramo central (doblero, formero y diagonal) y la diagonal lateral tiene un valor muy próximo, siendo el único radicalmente diferenciado el doblero que separa los tramos de la nave lateral.

Esta homogeneidad permite usar en todos los casos la misma montea o trazo auxiliar sobre el pavimento o pared, reduce el número de escuadras e instrumental para medir, acotar y transportar ángulos, utiliza una sóla cimbra, un sólo tipo de dovela (incluso permite regular mejor el volumen de mortero en las juntas y los rellenos de los senos).

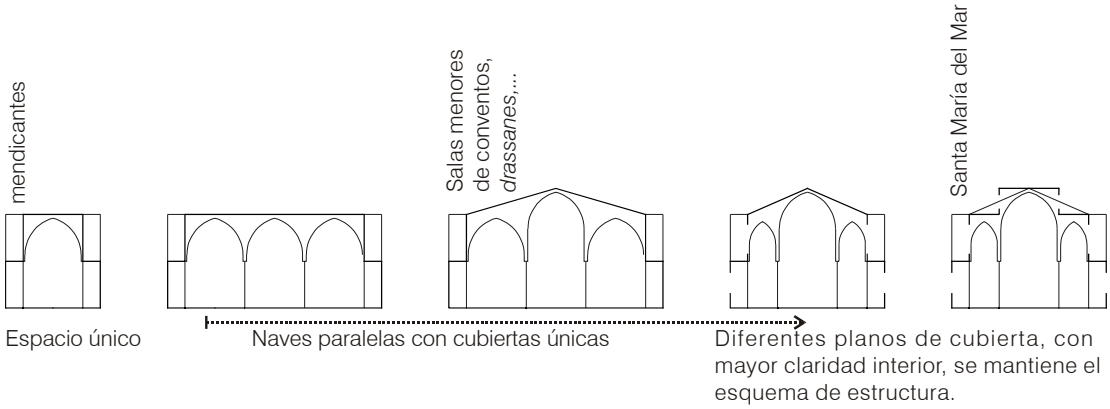
Tal y como ha enunciado Bechmann, el maestro gótico disponía de ciertos recursos formales para igualar geometrías de arcos cuando el tramo establecía lados diferentes, mediante peraltes que afectaban a la estabilidad y comportamiento de la forma general[30].

7.7 ESTRUCTURA DE CUBIERTA

El gótico meridional integra en una piel de cubierta el sistema estructural de nervios y láminas de bóveda y el sistema de planos de recogida de las aguas. Analizando el modo en que este plano se adapta en el proceso evolutivo, se comprenden ciertas razones constructivas de Santa María del Mar.

Esquemáticamente, el principio de la evolución puede situarse en el modelo de nave única con una sóla bóveda y un estribo o contrafuerte en cuya profundidad se sitúan las capillas. Cuando los espacios se desarrollan lateralmente y aparecen nuevas naves paralelas se observa cómo, si las dimensiones coinciden, los soportes centrales recogen básicamente cargas gravitatorias, pues los empujes horizontales se van compensando.

El crecimiento puede ser ilimitado, y así lo reconocen y experimentan los monjes mendicantes y cistercienses en sus cuerpos menores de los conventos, o los maestros de las ciudades en las *drassanes* y lonjas.



Esquema evolutivo hasta Santa María del Mar

Estos mismos espacios investigan la posición del plano de cubierta, introduciendo pequeñas pendientes que ayudan a solucionar la recogida de las aguas. Estos peraltes introducen desajustes en el equilibrio del soporte central, por lo que las diferencias entre alturas y anchuras deben ser relativamente equilibradas en un principio, para que no sean necesarios nuevos elementos estructurales (arbotantes) y las diferencias de empujes se puedan absorber por la propia rigidez del soporte.

Sin embargo, el peralte viene acompañado de una reducción de la iluminación natural en la cubierta interior si las naves toman una anchura suficiente (y más aún en una latitud donde el recorrido solar es relativamente vertical).

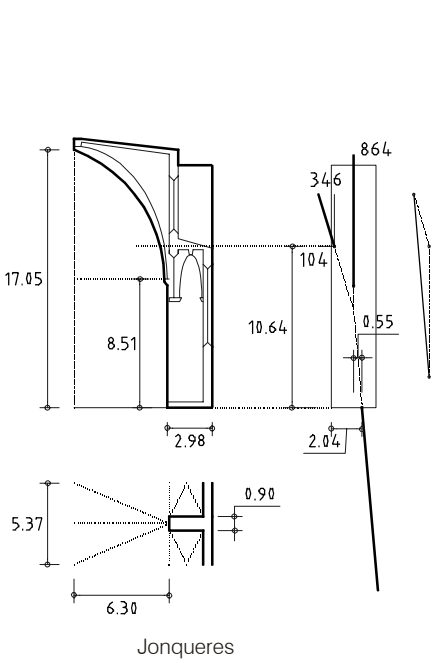
El último modelo del gráfico muestra el cambio en el plano quebrado de cubierta cuando se desdobla en varios planos horizontales, incluyendo una ventana menor (un óculo en el caso de Santa María) para la iluminación rasante de los planos de bóvedas.

[30] BECHMANN Roland, *Les racines des cathédrales. La construction gothique.* , Payot, Paris, 1989, pag 193.

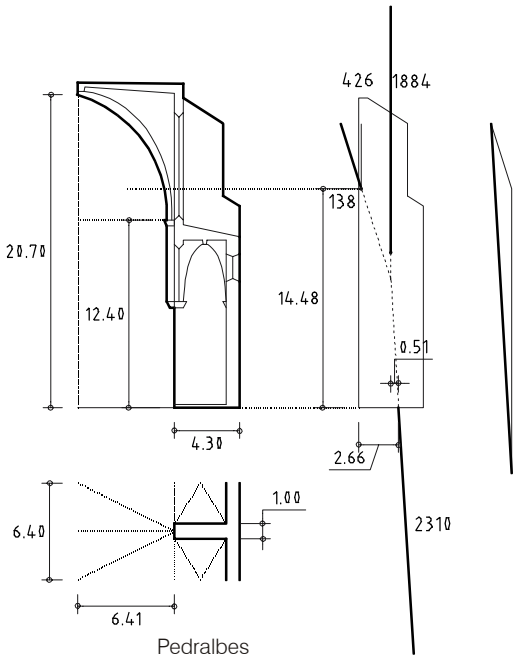
Interesa resaltar que los dos últimos modelos mantienen el mismo esquema de estructura. Sobre los arcos de las naves laterales se sitúa un suplemento murario en forma inclinada (en Santa María se define un muro triangular sobre el doblero lateral) que, a la vez recoge el agua de la cubierta principal y a la vez equilibra, como se verá posteriormente, los empujes de la gran bóveda, transmitiendo éstos al estribo o contrafuerte.

7.7.1 ESTABILIDAD DE LOS MODELOS

Como en anteriores capítulos, se han calculado los valores aproximados de empujes de la bóveda en función de la tabla de Ungewitter, y el equilibrio se valora en función de la posición de la resultante final en la base del estribo. Como recuerda Huerta citando a Rankine cuando analiza la catedral de Girona, "…*es una seguridad geométrica o de posición*…[31]."



Jonqueres



Pedralbes

De los modelos inicialmente explicados se han escogido la iglesia de Santa María de Jonqueres, por su dimensión más contenida (en comparación con los grandes mendicantes) y que presenta una proporción de contrafuerte y de altura interior de nave bastante representativa, similar a otras naves explicadas como la de los *Cordeliers* de Lavaur. El primer gráfico la compara con el modelo posterior de Pedralbes, por la cercanía de sus alturas respectivas.

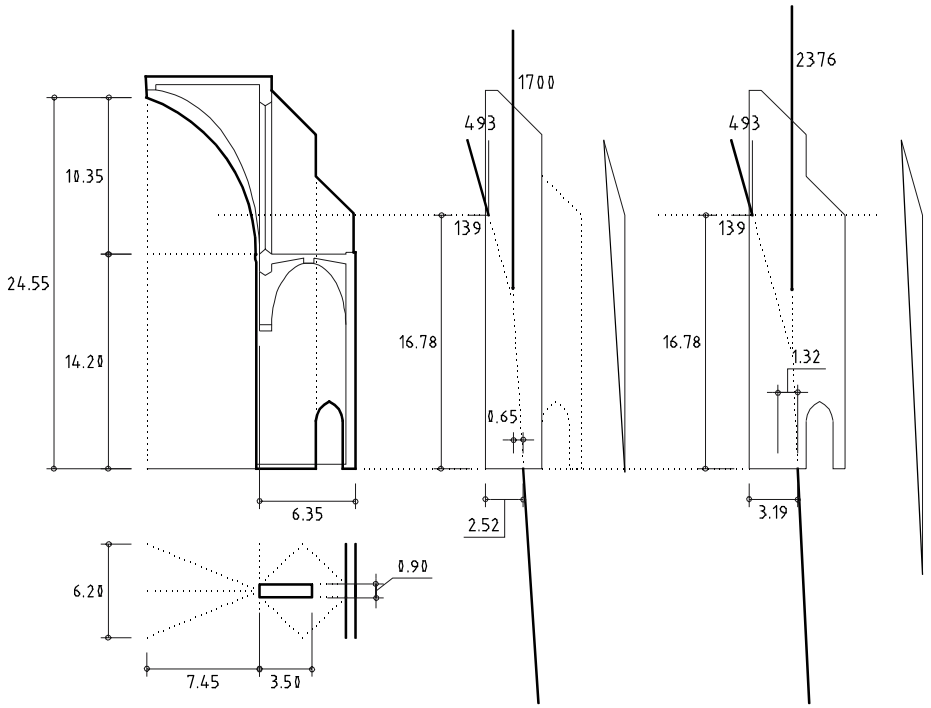
En Jonqueres, como en los demás mendicantes, se utiliza un base de estribo muy delgada, en torno a 0,90m, que progresivamente irá creciendo en profundidad. La medida es aproximadamente mantenida en Pedralbes.

Si un coeficiente de valor 3 (línea de empuje dentro del tercio central) es considerado por la tradición constructiva como un valor aceptable, en Jonqueres este valor es de 2,7 y en Pedralbes

[31] HUERTA Santiago, *Mecánica de las bóvedas de la catedral de Girona*, Curso Las grandes bóvedas hispánicas, ed CEHOPU, pag 63, en cita de RANKINE, *A manual of applied mechanics*, London, Chailes Giffin, 1858.

es de 4,8. El valor numérico de Pedralbes viene alcanzado principalmente por la gran masa que aportan los contrafuertes, robustos en comparación con la luz contenida de la nave.

La gran luz y esbeltez del modelo mendicante de Santa Caterina, que empieza a ser como la de los grandes modelos catedralícios, tiene el valor añadido de incorporar una junta vertical de construcción. Esta ampliación de la base incorpora un paso a través, en el lugar más desfavorable, aunque trabado por las paredes laterales. El sistema de equilibrio concluye en un valor de seguridad (2,6, es decir, por debajo de los márgenes habituales) para el hipotético caso de no haber prolongado el estribo por debajo de resto comprobados, siendo excesivo (> 10) cuando se decide ampliar la base.



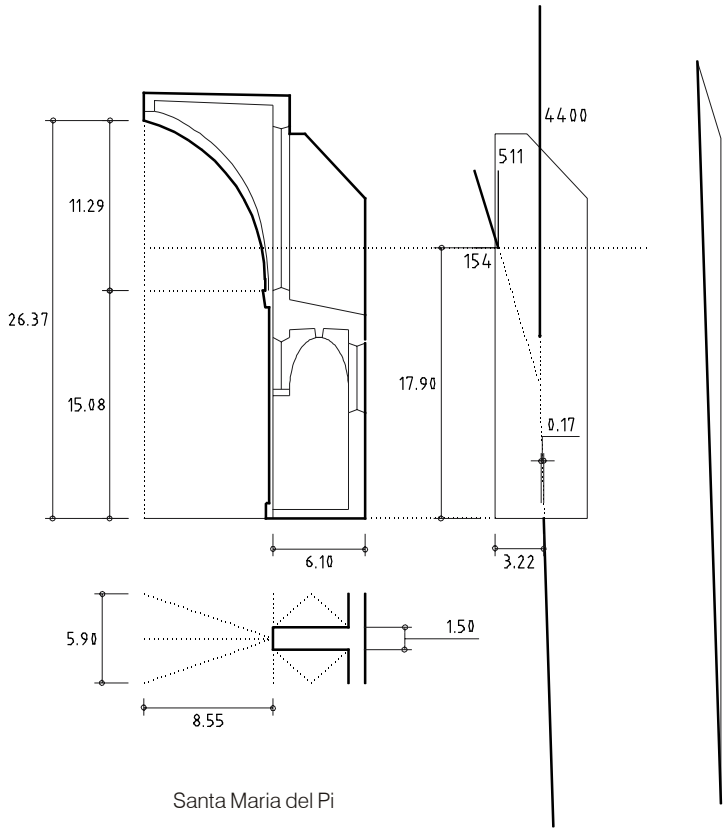
Santa Caterina Variantes de estribos

La iglesia del Pi va a mantener la profundidad de la base de Santa Caterina, aunque aumentando su base (1,50 m) para poder superar los valores de luz y posición de arcos que se estaban produciendo en aquella, hasta un umbral de referencia para las naves de Manresa y de la catedral de Mallorca, y que varias décadas después se supera en la catedral de Girona.

La iglesia del Pí tiene el valor de alcanzar la luz máxima para las estructuras de la época tratándose de una obra no catedralicia (por lo que podría pensarse que no tiene la misma capacidad de financiación). En ella, la masa aportada por los contrafuertes se incrementa de modo no lineal con la proporción interior de la luz, superando las de Manresa y de Santa María del Mar, que luego serán comentadas.

Aquí hemos de resaltar que la base del estribo de la iglesia del Pí, con un *factor de forma* de nuevo excesivo (18), servirá de modelo para el contrafuerte de la catedral de Girona (1,70 x 6,30m) cuya ruptura con el modelo primitivo empieza a fraguarse (construcción de los primeros contrafuertes) hacia 1360, cuando se quiera alcanzar una luz de bóveda todavía mayor.

El perfil exterior del contrafuerte pasa de un trazado vertical a una ladera oblicua, por donde desciende y se expulsa el agua de cubierta, y que responde a aquel conocimiento intuitivo en base al cual la masa se va disponiendo de modo escalonado, decreciente en altura.



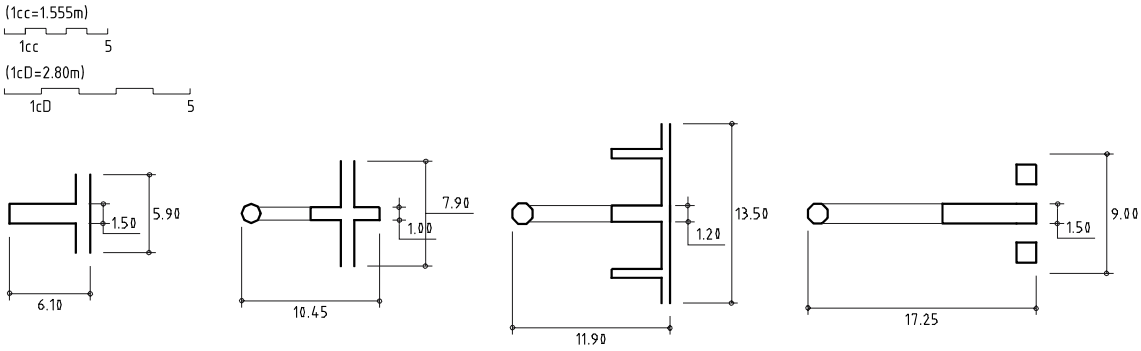
Santa Maria del Pi

Mientras haya una diferencia de luces notable entre el colateral y la nave central en los modelos de tres naves (1 a 2 en Mallorca y Santa María del Mar), se podrá interpretar el conjunto *estribo + colateral* como un sistema complejo que recibe los empujes de la bóveda central, los equilibra y los conduce hasta la base. En el caso de Manresa este efecto será más pronunciado (como en Santa Eulalia de Mallorca) pues, como se ha dicho, el muro compuesto y calado formado por un fragmento exterior, los laterales de la capilla y el soporte octogonal sirven (aparte de producir sus propios empujes secundarios) para recoger la resultante la bóveda.

Entender esto, aunque sea intuitivamente, supone un avance para el maestro gótico que se da cuenta del gasto económico y retraso temporal que supone ejecutar un contrafuerte donde para obtener una luz de bóveda razonable se ha tenido que utilizar (en el caso de Santa María del Pí) 8 veces más de cantidad de material que el utilizado en la bóveda (el referido *factor de masa*). En modelos de más contención formal, como Pedralbes esta relación no había superado el valor de 4,4 y en Santa Caterina se acerca al valor de 4,8.

El maestro Berenguer de Montagut pudo ver que la obra del Pí, iniciada unos años antes que la de Manresa, en el 1322, tenía este problema de distribución de masas (de hecho, puede considerarse una de las razones de que la obra se dilatara tanto en el tiempo), y pudo pensar en alternativas que permitieran alcanzar mayores espacios interiores con una masa menor en los contrafuertes.

Así, el progreso técnico consiste en ir separando la masa para conseguir un *mayor brazo de palanca* con el cual oponerse al *momento de vuelco* producido por el empuje de la bóveda. Así pueden interpretarse los modelos de Manresa, Santa María del Mar y la catedral de Mallorca.



Pí Manresa Santa María del Mar Mallorca

El resultado obtenido en Manresa puede considerarse como un diseño óptimo en el sentido de que, manteniendo una luz similar a la iglesia del Pí, aumenta la superficie de bóveda que recibe (de 5,90 pasa a 7,90 m), eleva su cota de arranque de los arcos y por tanto incrementa el momento de vuelco que deberá equilibrarse (de 15.08 pasa a 16.85 m) y en cambio consigue reducir la masa del conjunto equilibrante formado por el contrafuerte escalonado, los gruesos arbotantes y el soporte central octogonal respecto del gran contrafuerte de la iglesia del Pí (de un peso de 4400 se pasa a 4080 kN).

El *factor de masa* se fija en el caso de Manresa en 1 a 6, cercano a la proporción de Santa Caterina (4,8) y alejado de la desproporción del Pí (8,5).

Sin analizar en profundidad el efecto de los arbontantes o de la bóveda menor situada sobre la capilla, el esquema de vectores permite ver como la resultante quedará dentro de la base, cercana a su extremo interior, rigidizada por el gran peso del contrafuerte.

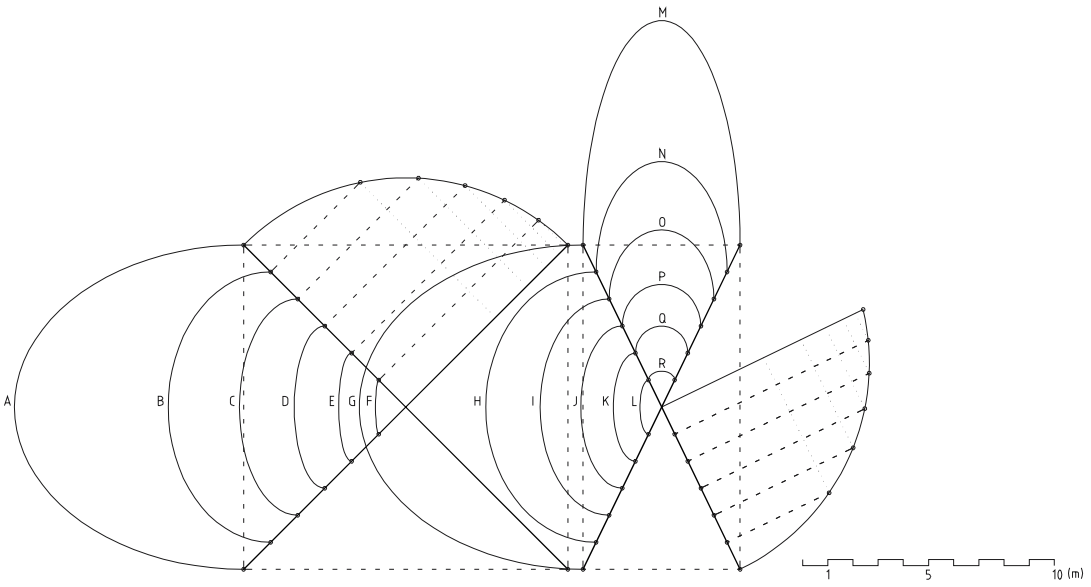
Visto el avance formal y estructural que supone Manresa, queda por ver cómo se resuelve al mismo tiempo Santa María del Mar. Se había visto cómo el equilibrio estaba fundamentado en un sistema de contrafuerte y muro que pasaba sobre el colateral y que recogía el empuje de la bóveda. Manresa y Santa María del Mar abarcan un espacio similar interior y una base de contrafuerte similares (ver gráfico del punto 7.7).

	Empuje V (KN)	*Empuje H (KN)*	*Excentr. (m)*	*Coef forma*	*Coef masa*
Jonqueres	346	104	0,55	2,7	2,5
Pedralbes	426	138	0,51	4,2	4,4
Santa Caterina 1	493	139	0,65	2,7	3,4
Pi	511	154	0,17	18	8,5

Tabla de empujes de bóvedas en los modelos presentados

La luz del toral es mucho menor en Santa María del Mar (cerca de 4 canas destres) respecto de Manresa (cerca de 6 canas destres) pero la superficie de bóveda que recoge es mucho mayor, con lo que los valores de empujes se incrementan en un 30% y además el maestro Montagut está levantando los arcos 2 canas destres por encima del modelo de Manresa, por lo que se vuelve a incrementar el momento de vuelco a equilibrar (como ocurría en Manresa respecto del Pí).

El coeficiente entre masa de bóveda y de sistema de soporte, como se había especificado para los anteriores modelos, se sitúa dentro de los márgenes prudentes de Santa Caterina y de Manresa, con un valor aproximado de 5,8.



	A	B	C	D	E	F	1/2 G	H	I	J	K	L	1/2 M	N	O	P	Q	R
Longitud de cuerda (mL)	24,58	14,88	10,60	7,31	4,58	2,19	24,21	15,34	11,17	7,84	4,96	2,37	19,98	11,14	7,60	5,04	3,31	1,38
Fragmento de boveda (mL)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Area (m2)	26,30	15,92	11,34	7,82	4,90	2,34	12,34	7,82	5,69	4,00	2,53	1,21	21,38	11,91	8,13	5,39	3,54	1,47
Volumen (m3)	6,57	3,98	2,83	1,95	1,22	0,58	3,08	1,95	1,42	1,00	0,63	0,30	5,34	2,97	2,03	1,34	0,88	0,36
Carga gravitatoria (kN)	131	79	56	39	24	11	61	39	28	20	12	6	106	59	40	26	17	7

SANTA MARIA DEL MAR	
Espesor de bóveda (incluida repercusión de nervios)	0,25 m
Densidad principal	20 kN/m3
Densidad aligerado	6 kN/m3

Tramo tipo de Santa María del Mar. Método de los cortes, usado para cuantificar las cargas.

Para confirmar los resulados de resultantes obtenidos aplicando la tabla de Ungewitter, se propone a continuación utilizar el método de los cortes de Heyman, quien propone modelizar la bóveda en fragmentos perpendiculares al eje de los *cañones*, "…*la cáscara de la bóveda puede dividirse en arcos paralelos, independientes entre sí y soportados por los nervios diagonales situados debajo de las intersecciones de la cáscara. Para cada uno de estos pueden dibujarse líneas de empujes y calcular las correspondientes reacciones en sus apoyos*…[32]"

El proceso aplicado se inicia dibujando en planta la proyección de la *pseudo-catenaria* (para facilitar el proceso gráfico se trazan elipses) de cada sector de bóveda de una partición equidistante realizada en planta. En el capítulo sobre la estabilidad de la forma se mostraba la proximidad de trazado entre la catenaria y la elipse (y la relación de ésta con la proyección oblicua con el arco de circunferencia).

Después de obtener la longitud de la cuerda y asignar un espesor y una densidad al material, se obtiene la carga gravitatoria situada en cada punto del arco diagonal. La operación se realiza para la diagonal del tramo central y del tramo lateral.

Prosiguiendo con el análisis, se calcula el trazado de una de las posibles líneas de empuje con objeto de obtener las resultantes finales (en cada dirección de diagonal). Una vez obtenidos los valores de empujes de los arcos, se realiza su combinación vectorial mediante métodos gráficos.

En la nave central de Santa María del Mar (semitramo de 14 x 7 m) la resultante vertical tiene un valor próximo a 700 kN con un empuje de unos 240 kN, valores que pueden considerarse

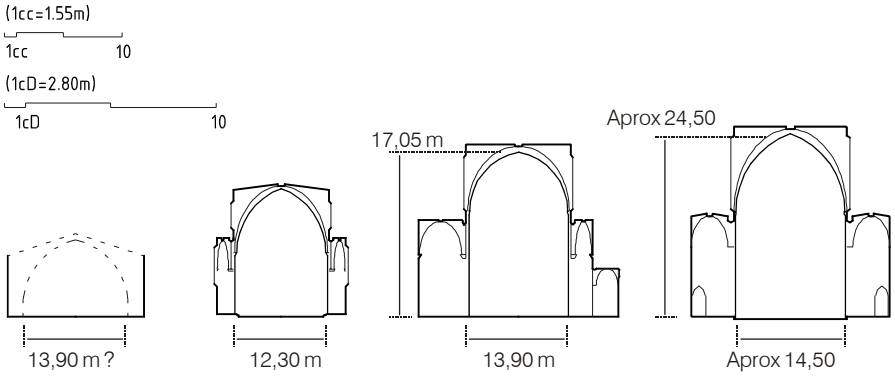
[32] HEYMAN Jacques, *El esqueleto de piedra…* Op cit, pag 72.

próximos a los obtenidos directamente de la tabla de Ungewitter y que se mostraban conjuntamente con el modelo de Manresa.

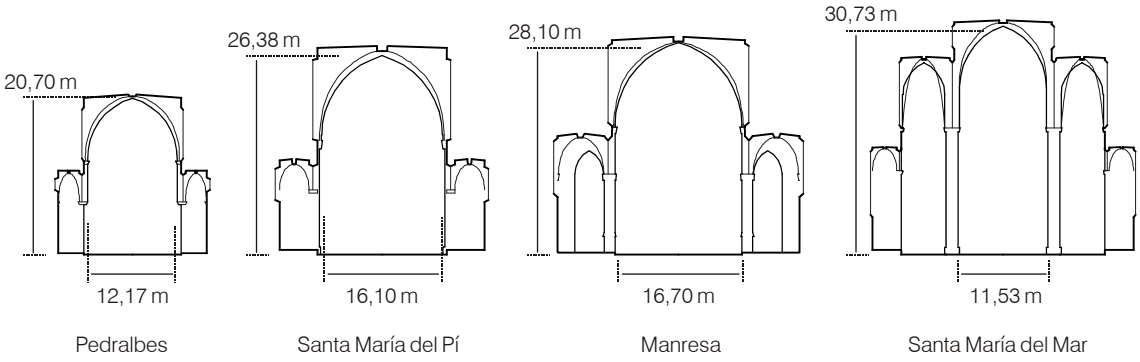
Es destacable la función del relleno del trasdós pues la fibra neutra llega a desplazarse del área de seguridad (aproximadamente el tercio central) que se considera habitualmente para las estructuras de arco. Esta hipótesis de seguridad obliga a entender un comportamiento trabado entre superficie aparejada de bóveda, los nervios incidentes y el relleno de trasdós. Los contrafuertes exteriores intervienen en el equilibrio incorporando los muros triangulares sobre los arcos torales laterales.

7.8 CONCLUSIÓN

Las obras de Berenguer de Montagut tienen un abanico de experiencias que se han producido en su ciudad, y de las que va a aprender como si de maquetas experimentales se tratara. De cada una extraerá su lección, sobre la manera en que se puede ampliar un contrafuerte. Sobre el papel fundamental de las capillas para articular el muro lateral…



En las obras de más envergadura, como Santa Caterina, debió visualizar unas dimensiones máximas que consideraba aceptables para sus empresas catedralicias. Investigará y fundirá todos los conocimientos adquiridos en las obras de Manresa y de Santa María del Mar, con la simplicidad que supone, aparentemente, trabajar con la misma base métrica.



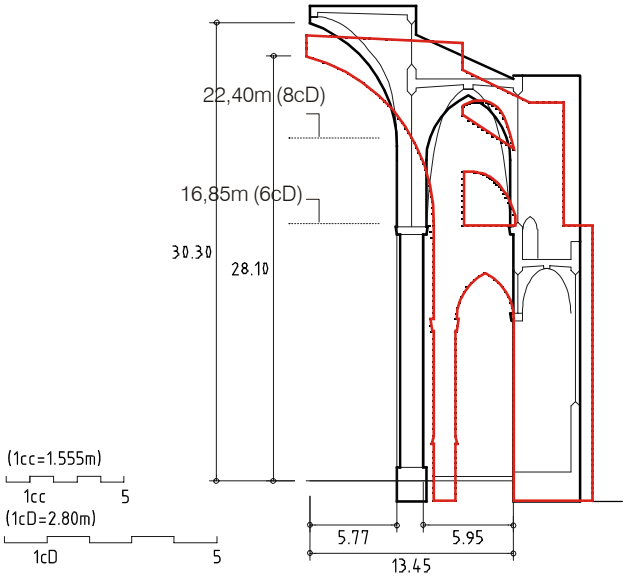
"… *Berenguer de Montagut aparece en la historia de la arquitectura catalana como un diseñador excepcional que purificó la forma hasta extremos impensables… y que se atrevió a cubrir los espacios más altos y con la separación de soportes más considerable que se pudo conocer en su tiempo*…"[33]. Queda demostrado cómo Montagut era capaz de controlar la medida de los espacios, producir formas diáfanas y a la vez otorgar gran valor a los paramentos murarios que a su vez van a colaborar en el equilibrio de masas del sistema estructural.

La comparación de los esquemas de Santa María del Mar con Manresa sirve también para observar cómo el maestro se las ingenia para elevar el colateral hasta una cota límite, justa para que el muro pueda pasar por encima, en un ejercicio de equilibrio, para acodalar en el lateral de la bóveda, cuando en Manresa se ataba la estructura mediante tres grandes zonas. De hecho, si se considera la posición de la resultante del empuje de la bóveda tal y cómo especifica Heyman[34],

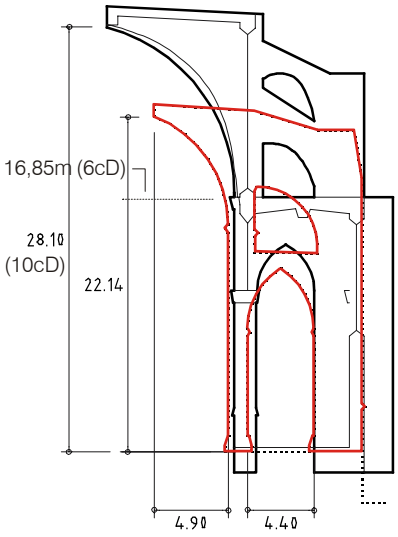
[33] CIRICI … *Historia de l'art català* pag 62

[34] HEYMAN Jacques, *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*, CEHOPU, 1999, pag 74.

puede deducirse que el codal de Santa María del Mar estaría en situación límite (pues Heyman indica posiciones de resultante que generalmente se sitúan en 3/4 partes de la flecha).



Santa María del Mar y Manresa



Manresa y Santa Eulalia de Mallorca

Así, puede interpretarse la obra de Santa María como un segundo *alarde* constructivo donde se propone un descenso de colateral respecto de la nave principal, justo para intentar recoger los empujes por encima, mínimo para incrementar la altura del espacio interior y por tanto la sensación de un solo espacio.

El maestro utiliza unos soportes compuesto (pilares y estribos) de peso similares (unos 4000 y 4600 kN en Manresa y Santa María del Mar respectivamente), abarca una anchura de espacio interior idéntica, ocupa una anchura de parcela similar, para provocar felizmente dos soluciones diversas, de mayor esbeltez, mayor amplitud y transparencia lateral en Santa María del Mar, limitada por las experiencias de Santa Caterina y el Pí) en un proceso de creatividad mayor en Manresa.

Comparando los modelos de Manresa y de Santa Eulalia en Mallorca, se observan ciertas similitudes estructurales: se funden los espacios de capilla (bóveda de cañon transversal) con el del colateral (bóveda nervada) y el contrafuerte (de proporción elevada y contraria a la forma graduada del gótico meridional), dejando abierta la posibilidad de que la obra de Mallorca se concibiera siguiendo el modelo de referencia de Manresa.

Durante todo este capítulo se ha podido seguir la evolución en las formas de naves góticas catalanas en el entorno de la ciudad de Barcelona, grupo al que se añade la catedral de Manresa por considerarse la misma autoría que Santa María del Mar.

Queda presentado el módo en que estas formas establecen unos esquemas estables, medidos desde nuestra óptica con los sistemas de equilibrio que requieren de valores de vectores que forman acciones y reacciones, y que traducen la intuición que tenían los maestros en base a la cual desestimaban modelos o mejoraban los esquemas. La reconstrucción y redibujo de modelos mendicantes desaparecidos ha permitido comparar sus esquemas con las obras mayores que sí han permanecido.

8. GIRONA

8.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo final expone una serie de reflexiones sobre la construcción de la catedral de Girona, centradas en la época en que se produce el cambio de modelo de un ábside de envergadura pequeña y que formaba parte de un proyecto de tres naves, a la gran nave finalmente construida.

Las principales fuentes de interpretación van a ser las construcciones cercanas de la época tal y como han llegado a nuestros días. Algunas de ellas forman parte de una etapa muy anterior, como la torre de Carlomagno; la basílica románica o el ábside gótico de principios del XIV; mientras que otras de ellas son más próximas temporalmente, como las obras del convento dominico, Castelló d'Ampúries, Narbona o Santa María del Mar en Barcelona. Con estas obras, los maestros de la catedral pudieron contrastar y discutir sus criterios y planteamientos, en una época en que éstos debían ser adquiridos de modo empírico, en base a experiencias previas y a tanteos mediante modelos.

Vista general. Entre otros elementos, cabe destacar la triple nave del ábside, la torre de Carlomagno y la gran nave[1].

Temporalmente, la transición hacia el modelo de nave única de la catedral de Girona va a ocupar todo el siglo XIV y se dilatará en siglos posteriores. Podemos considerar que en la primera época mencionada la técnica de construcción gótica, fundida con las tradiciones autóctonas meridionales, ya está consolidada y libre de limitaciones dimensionales como las que durante todo el XIII habían sido impuestas por las reglas de las órdenes mendicantes.

8.2 CONTEXTO

La situación de Girona, en referencia a las conexiones terrestres del ámbito mediterráneo, ha sido significativa desde la época romana, pues la ciudad se sitúa en el margen de la *via francígena*, cerca de la cordillera pirenaica. En la Edad Media era etapa obligada para ejércitos provenientes del sur (musulmanes) o del norte (franceses), y constituye la primera parada de importancia en el camino natural de entrada de movimientos culturales y migratorios a la Península por este costado de los Pirineos.

[1] Imagen extraída de FREIXAS Pere y otros, *La catedral de Girona. Redescobrir la seu romànica*. Publicacions del Ajuntament de Girona, 2000.

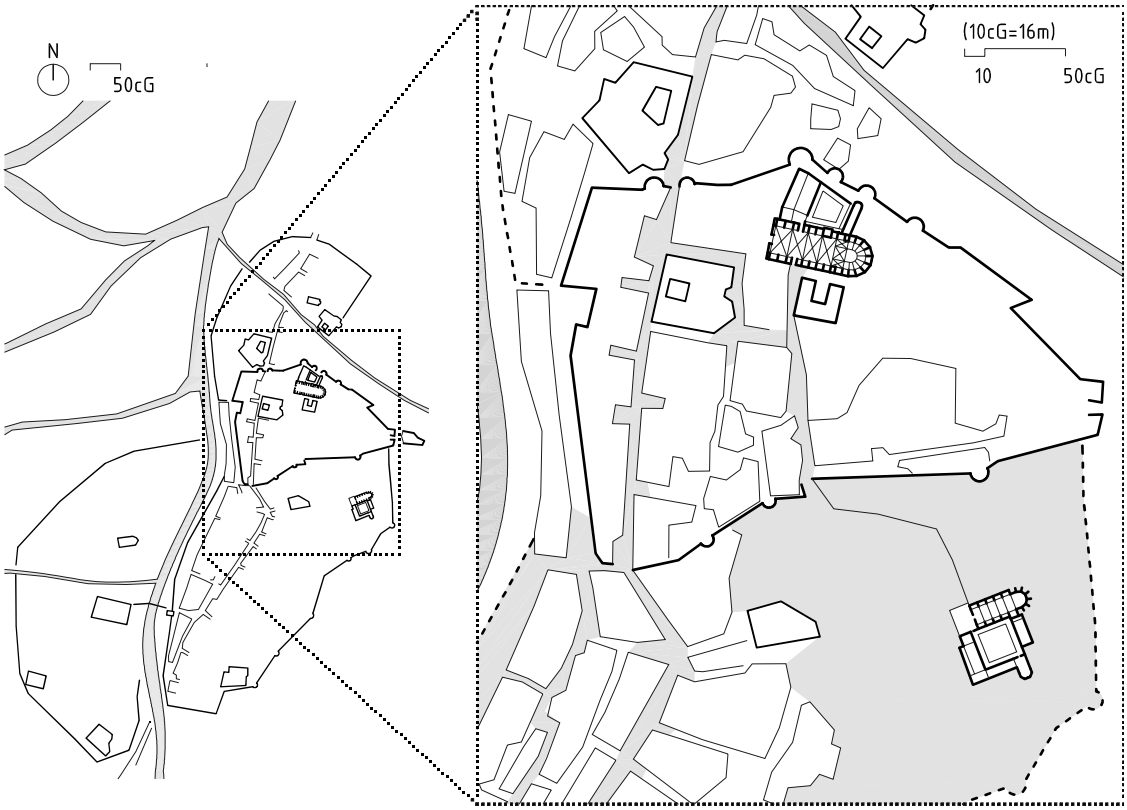


Ilustración 1. Plano de la ciudad hacia 1360

Es a finales del XIII cuando se inician unas décadas convulsas para la población de la ciudad. En concreto, durante el asedio de la ciudad que tiene lugar en 1285 (llevado a cabo por las tropas francesas) se inician unos años de recesión después de unas décadas que habían resultado ser de gran progreso: el siglo XIII había "*alcanzando la plenitud demográfica, en que sus 8.000 habitantes la convierten en la segunda ciudad de Cataluña*[2]". Estando la actividad política paralizada a finales del siglo, muchas familias importantes emigran (se documentan desplazamientos a ciudades como Lleida, Solsona o Valencia) hasta que se inician tiempos de mejora y reconstrucción[3], donde se ubican los principios de grandes obras como el nuevo ábside gótico (1312) y el palacio episcopal (1320). La ciudad experimenta entonces un fuerte crecimiento económico que culmina en las grandes crisis de los años 1330 y siguientes.

Algunos factores son determinantes para entender el crecimiento urbano: se produce un crecimiento de la población así como del espacio libre de titularidad diversa dentro de la nueva muralla; además, se desarrollan fórmulas que permiten a intermediarios promover obras ajenas (en general se aplican a terrenos de la Iglesia, como los conocidos contratos de derecho de tanteo); se estudian y desarrollan nuevas parcelaciones, como las referidas al *carrer Nou*, a la subida de *Sant Martí*, al *carrer Porquer* (junto al convento de los mercedarios, construido en torno a 1330).

Se trata de una época de construcción de grandes infraestructuras públicas. A los servicios

[2] FUSES Josep y otros, *Guia d'arquitectura de Girona*, Publicación de la Delegación de Girona del COAC, pag 23.

[3] GUILLERÉ Christian, *Girona medieval. L'etapa d'apogeu. 1285-1360*. Quaderns d'historia de Girona, Diputació de Girona, 1991, pag 10.

colectivos como baños, fuentes, hornos, hospitales (hospital de Mesells) y otras instituciones de beneficencia se añaden nuevas iglesias y puentes de nueva planta. Entre estos, cabe destacar el *pont del Dimoni*, construido en 1356 y cuyo trazado, de gran luz y reducida flecha, demuestra un dominio técnico cuando deben montarse cimbras en un sustrato de difícil apoyo. Su datación coincidirá con el principio del periodo de incertidumbre de la obra de la catedral.

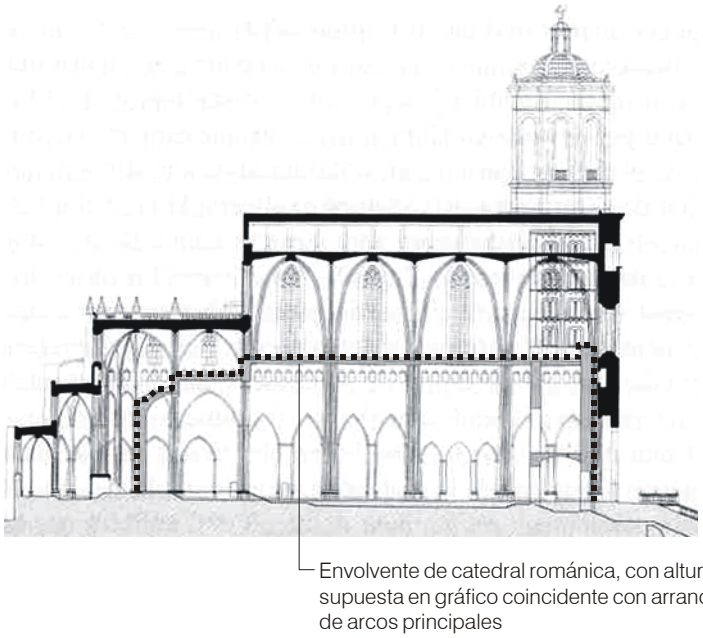
Cabe señalar la situación de la que sería la nueva catedral gótica dentro del primitivo recinto romano, en el lugar donde había ocupado un templo dedicado a Augusto y en el que posteriormente se edifica una basílica románica con un claustro, próximo al límite Norte de la muralla.

A diferencia de la catedral, las pequeñas construcciones mendicantes buscan localizaciones menos saturadas, a las afueras de este primitivo recinto romano, pero protegidos por las nuevas cintas de murallas. Será el caso del convento dominico, que se sitúa hacia el Sur de la catedral.

8.3 EL TEMPLO ROMÁNICO

Todas las investigaciones documentales y arqueológicas confirman la presencia de una basílica románica que se mantiene, parcial o totalmente, en el transcurso de la nueva obra.

La basílica románica se había trazado a partir de un esquema en cruz latina, cuyo transepto o brazo transversal recogía cinco ábsides, el central de los cuales disponía de una profundidad mucho mayor. Destaquemos, en primer lugar, que estos ábsides debían estar desmontados en el momento en que se concluye la primera parte de la construcción gótica, pues se yuxtaponen con parte de los contrafuertes y con los dos pilares centrales del tramo de tres naves.



Sección actual e hipótesis de basílica románica (gráfico de Freixa, op cit)

La gran masa de sus bóvedas y muros laterales de la basílica aportaba robustez al conjunto. Una robustez que podrá ser utilizada décadas después para apoyar cimbras y andamios, llegando a una coronación que, se aproxima al arranque de los arcos torales de la gran nave. Servía, además, constituir un taller a cubierto de la lluvia donde almacenar el material, trazar las monteas y preparar las cimbras, tal y como explica Freixa: "…*el nuevo templo gótico se construyó por el exterior y por*

encima del románico. Esto permite, de entrada, que este último sirviera de enorme plataforma sobre la cual se apoyaran las operaciones de acercamiento e izado de los materiales hasta su lugar definitivo: pilastras, muros de cerramiento, ventanales, bóvedas… y de campo de base donde situar y sujetar las plataformas de encofrados a partir de las cuales poder alcanzar el punto más alto, cubrir la bóveda de la nave única y colocar la clave…[4]". Podemos considerar que las plataformas de trabajo y recorridos perimetrales se completan con el camino del triforio que proviene del primitivo modelo, además de por las capillas conectadas exteriormente mediante pasos a través de los contrafuertes.

8.4 EL TEMPLO GÓTICO

En 1312 se inicia la construcción de la nave gótica siendo el nuevo altar consagrado en 1345. Por tanto, esta primera parte se construye en un periodo de prosperidad que coincide con el reinado de Pere *el Ceremoniós* y que precede a las crisis económicas producidas a mediados del siglo (concluye con la peste negra de 1348). Será pues el momento en que se reconsidere el primer plan de la catedral, en base a un modelo de tres naves de altura muy diferenciadas, como en el caso de Narbona[5] y que aparentemente se alejaba de valores propios del espacio único meridional.

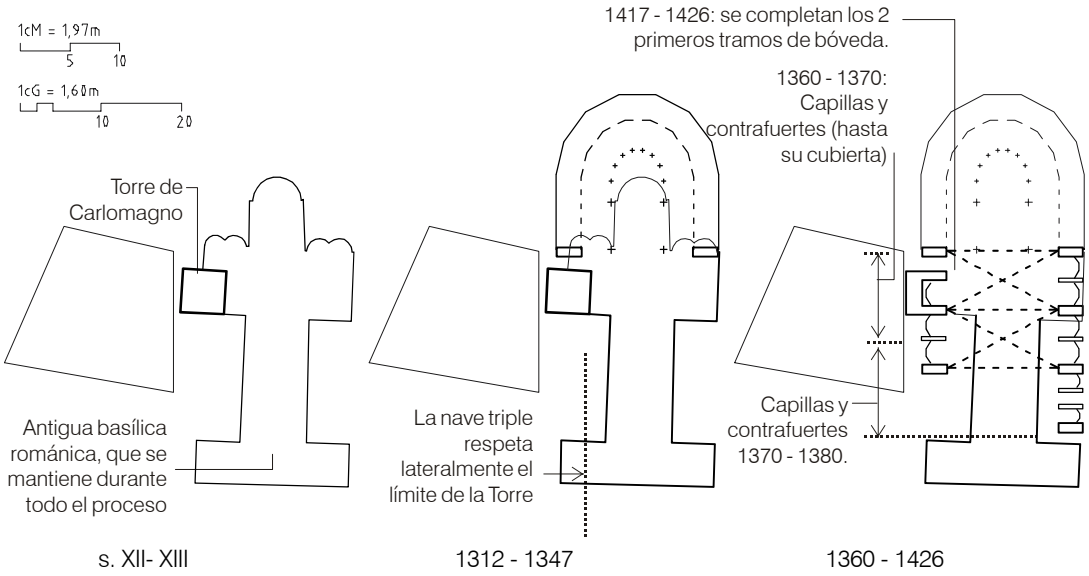
Vistas de la primera fase de la catedral y de la zona de transición hacia la gran nave.

La presencia del maestro narbonense, Jaume de Faveran, está constatada mediante un acta capitular de 1321, por la que el Cabildo le nombra arquitecto de la fábrica, con la condición de asistir a la obra cada dos meses en el periodo de tiempo que ésta requiera, y fijando la remuneración anual a tal efecto. Su colaboración finalizará en tan sólo 9 años y se desconoce si se debió a motivos de salud, de fallecimiento o si su salida fue forzada[6].

[4] FREIXAS Pere y otros, *La catedral de Girona…* op cit, pag 114.

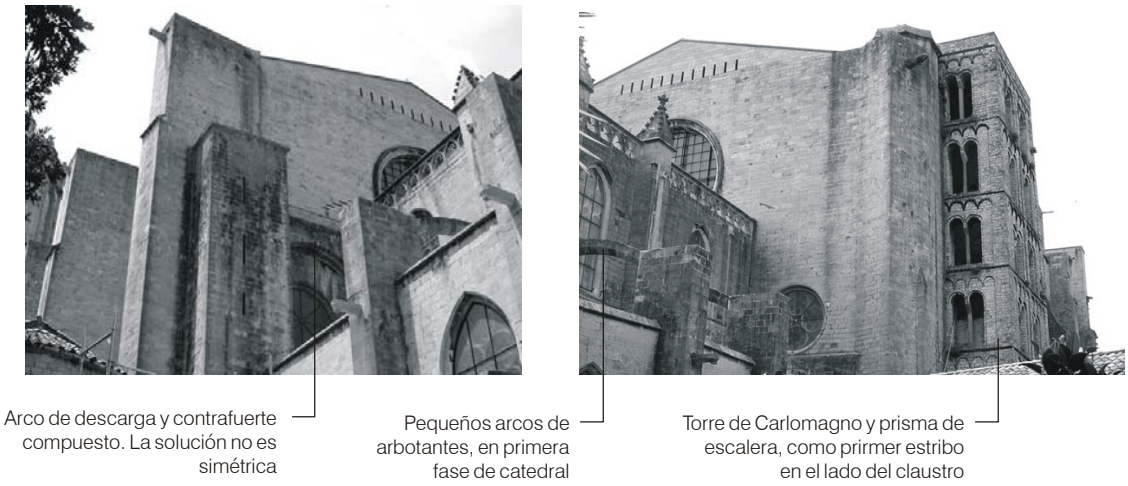
[5] FREIGANG J, *Jacques de Fauran*, *Les batisseurs des cathédrales gothiques*, p.Recht, Ed.Musées Strasbourg.

[6] BASSEGODA Joaquín, *La catedral de Girona*, Monoografías del COAC, 1889, vol 1, pag 50.



Fases de construcción, hasta primeras bóvedas de gran nave[7]

Hacia mediados de siglo, entre 1350 y 1360, en el tiempo en que debía empezar a replantearse el modelo a seguir, se conoce la actividad como maestro mayor de Pere Sacoma, a cuyo cargo también estarán obras como el campanario de la iglesia de Sant Feliu o el nuevo *Pont Major*.



Muro de transición desde el exterior

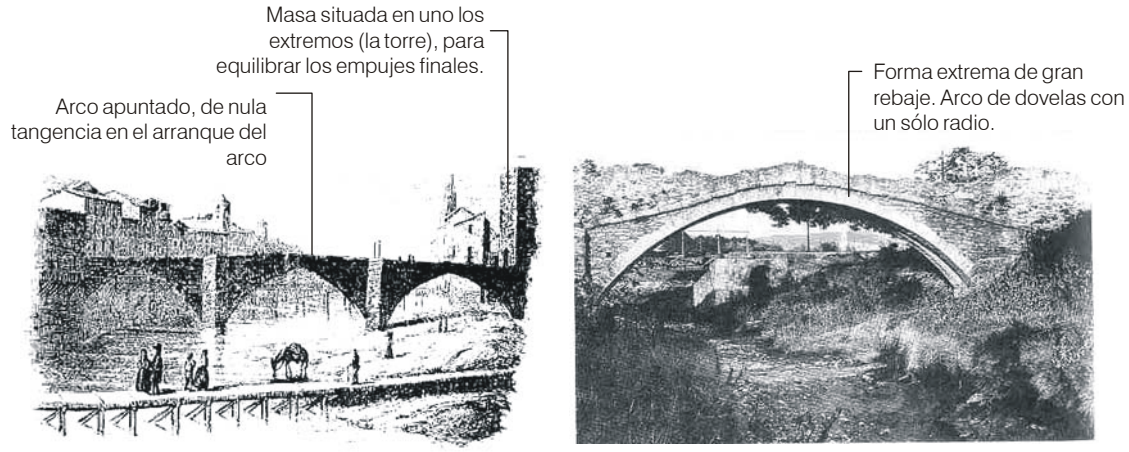
La posición de la Torre de Carlomagno y el espacio disponible en relación al Palacio del Obispo es determinante, tanto en sentido transversal (distancia libre para las tres naves) como en sentido longitudinal (posición de primer contrafuerte del tramo, que marcará el ritmo de la serie posterior.

[7] La forma de la antigua basílica se toman de los gráficos de la investigación del *proyecto Progress*, op cit.

8.5 LA INGENIERÍA *MENOR*

8.5.1 AVANCES URBANOS

Fuses interpreta que el gótico meridional se expresa tanto en obras públicas como en privadas; en tareas de urbanización (se crean ensanches, plazas y calles); y nuevas obras, en iglesias y conventos, que actúan como activadores de nuevos centros y barrios: "… *La expansión de la arquitectura gótica no significa solamente la construcción en este estilo de monumentos representativos, sino la concepción de la ciudad como un todo coherente donde, junto a las emergencias urbanas, se sitúan las tipologías de plazas y calles, de casas y palacios, los edificios conventuales y de servicio público. El magnífico conjunto de arquitectura gótica de la ciudad incluye conventos (Santo Domingo – el primer edificio donde se inicia el estilo- de la Mercè y del Carme), iglesias, fortificaciones y palacios y construcciones de equipamiento colectivo (fuente dels Lledoners, puente Major y de San Francisco, Pia Almoina y hospital de Santa Caterina)*… [8]". Podemos matizar a este respecto que es probable que la comunidad franciscana iniciara las obras de su convento antes que la de los dominicos, pues se documenta su presencia hacia 1232, en un asentamiento junto al río, fuera de la muralla, en los terrenos del Mercadal, donde se construiría un puente que tomará su nombre.



Puente de Framenors, que daba paso al Mercadal y Puente *del Dimoni* sobre el rio Güell[9]

Esta comunidad franciscana había conseguido conectar con las clases dirigentes (las reuniones del *Consell* de la ciudad se producen en el claustro su convento) y con el pueblo llano (gracias a las tareas de atención a los sacramentos) pues "… *siempre había algún hermano dispuesto a asistir cualquier enfermo en sus últimos momentos. Por ello, el pueblo menudo se identificaba con el ideal religioso preconizado por estas órdenes*…[10]". Esta capacidad comunicativa de los frailes menores permite recaudar fondos y emprender empresas constructivas de más envergadura con el paso de los años, llegando a su periodo de máxima actividad entre los años 1330 y 1340, cuando la catedral está en curso, se consagra también las iglesias de Santo Domingo y de la Mercé, y la de Santa Clara está en curso.

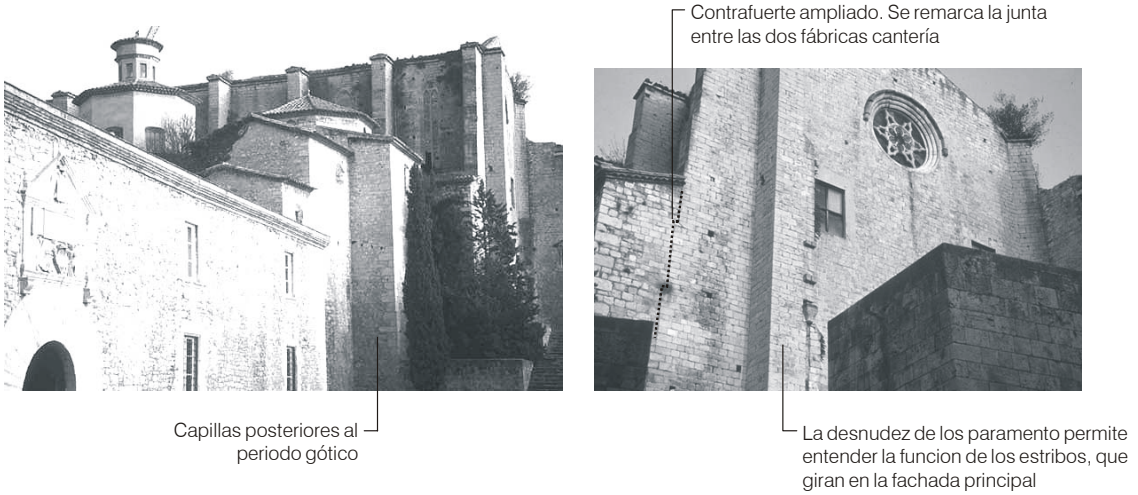
[8] FUSES Josep y otros, Guia d'arquitectura … op cit, pag 25.

[9] GUILLERÉ Christian, *Girona medieval*… op cit pag 19.

[10] GUILLERÉ Christian, *Girona medieval*… op cit pag 87.

8.5.2 LA IGLESIA DE LOS DOMINICOS

Cuando se funda a mediados del XIII el convento de Santo Domingo, han pasado varias décadas desde la constitución de la orden en Tolosa de Languedoc. Todas las ciudades notables de la época tendrán representación de los Predicadores y, si atender al mayor número de fieles era su objetivo, cada vez necesitarían mayores espacios en sus iglesias.



Santo Domingo. Fachadas exteriores

Siendo como era una ciudad emergente, cabe señalar en la ocupación de la comunidad dominica fue, en un primer momento, contenida. Un claustro daba acceso a los cuerpos principales del convento (la iglesia, el refectorio, el dormitorio y la sala capitular) y forma un primer recinto que progresivamente se amplia con un segundo claustro hacia el Sur y con nuevas capillas entre contrafuertes hacia el Norte.

La aparente contención de las primeras construcciones es significativa en comparación con las que por aquellos años se llevaban a cabo en otras ciudades. Basta recordar las complejas estructuras, resultado de fases superpuestas y en ocasiones antagónicas, que se producen en Tolosa de Languedoc y en Perpinyà (con una cota de clave del transepto de 24,50m), o la envergadura mucho más notable de las construcciones en Barcelona (Santa Caterina) o en Ciutat de Mallorca (en esta última, en base a la cartografía dibujada por Alomar[11] y a las dimensiones

[11] ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional en la Edad Media: las "Ordinacions" de Jaume II (1300) en el Reino de Mallorca*, GG, 1976, pag 103.

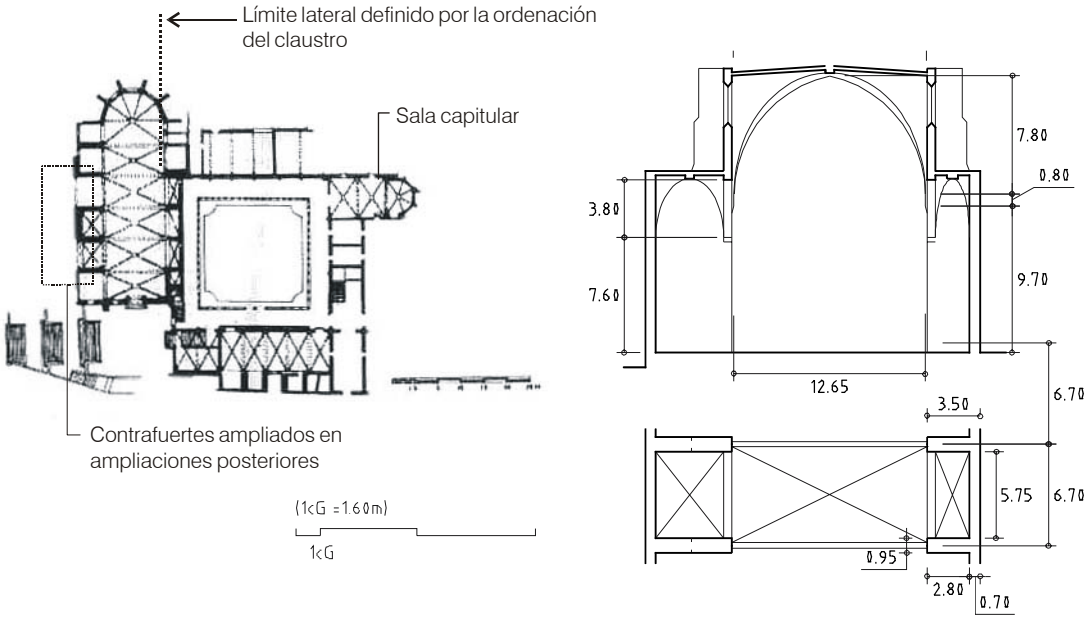
aportadas por los cronistas de la época[12]).

De los pocos datos que se conocen sobre la construcción de la iglesia dominica de Girona, cabe señalar la fecha de consagración, parcial o completa, en 1339.

8.5.3 LA FORMA DEL TRAMO BÁSICO

La planta de la iglesia sigue el esquema clásico de nave única, con cinco tramos rectangulares que culminan en un ábside heptagonal. En todo el perímetro, unos contrafuertes recogen los torales y, según la ortodoxia de las construcciones religiosas, el muro del ábside, enrasado por la parte interior de los contrafuertes, se retrasa en los tramos de la nave para formar capillas.

Siendo la profundidad de las capillas desigual a ambos lados de la nave, interpretamos que la fábrica de los contrafuertes de amplia hacia el Norte para permitir capillas más profundas que dan paso a nuevos usos de capillas y altares menores.

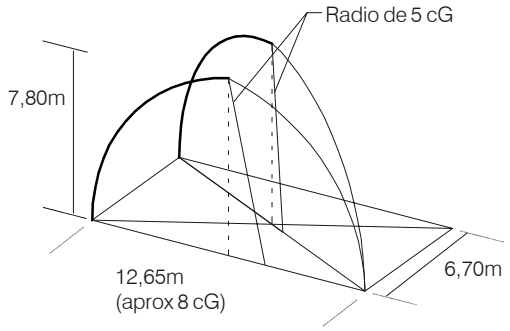


Dibujo de arcos en el tramo de Santo Domingo

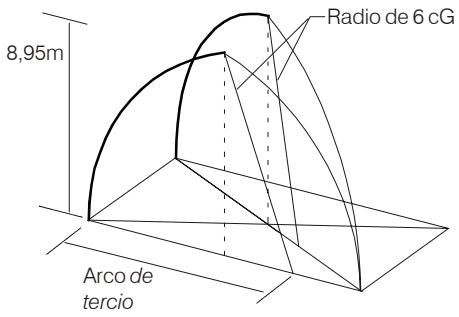
Métricamente, destacamos varios aspectos: el tramo tipo, que en planta se aproxima a la forma del doble triángulo equilátero, tiene unos nervios toral y diagonal cuyas luces (distancia libre) son cercanas a los valores de 8 y 9 canas de Girona[13] (uno de los patrones habituales de la época en tierras catalanas), con la particularidad de que ambos arcos mantienen la misma curvatura, con un radio de valor 5 canas. Dado que el diseño de las dovelas va a ser diferenciado, mantener los radios les permitirá compartir la cimbras. En este caso se antepone la voluntad de mantener el radio en un valor entero de canas ante la posible definición de modelos estandarizados de arcos (de *tercio* o de *quinto*…).

[12] ROSELLÓ Juan, El convento de Santo Domingo (sXIII-XIV), Bolletí de la Societat Arqueològica Lul.liana 41, 1985, pag 120; y ALOMAR Antoni, *Les restes de Sant domingo i de Nª Sra de la Victòria*, en Bolletí de la Societat Arqueològica Lul.liana 49, 1993, pag 389.

[13] Se puede entender la *cana de Girona* (1 cana = 1,60 m) como una variante de la *cana catalana*, divisible al igual que ésta en 8 palmos y 6 pies.



Tramo de Santo Domingo



variante de arco *de tercio*

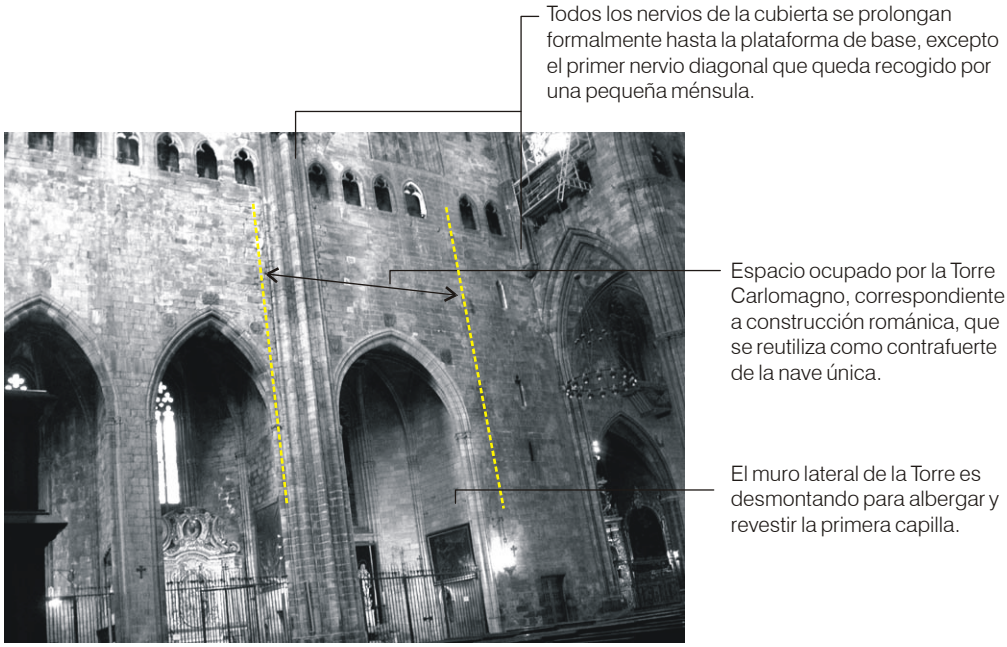
El arco de radio 5cG, de menor flecha que los arcos estandarizados, introduce una proporción de arco similar al del toral de la iglesia dominica de Perpinyà. ¿Intenta limitar de este modo la altura total del edificio? ¿Tiene esto que ver con el hecho de que la altura del arco de la capilla interfiera con la cota de arranque de los torales de la nave? Puede entenderse que las crisis de las décadas en que se ubica la obra condicionan el crecimiento en altura de una fábrica que reduce la altura de las bóvedas haciendo que éstas nazcan por debajo de la coronación de las capillas.

8.6 LA INGENIERÍA *MAYOR*

8.6.1 EL DEBATE SOBRE EL MODELO

Los Concilios de Girona son muestra de una práctica habitual en la época, en que las jornadas de viaje no eran impedimento para que un maestro de obras pudiera conocer *in situ* los resultados de otras obras[14].

En el caso de Girona, "…*El nuevo proyecto suscita interrogantes y debates. Las críticas expresadas ante el rey y el obispo se sitúan en el origen de la primera convocatoria de especialistas, en 1386*…[15]" Como indica Freigang, el motivo del concilio era discutir la propuesta que los maestros de la obra, en las décadas previas, estaban intentando llevar a cabo. Por tanto, debía haber un proyecto y unos primeros argumentos que defendían la modificación del proyecto primitivo: "…*Los expertos debían juzgar si era mejor reducir, por razones de seguridad, el proyecto de nave única a una disposición análoga al coro, o si la gran nave era técnicamente estable y realizable*…[16]".



Fragmento de fachada Norte de catedral, señalando la Torre de Carlomagno

Los maestros locales pretendían recuperar el modelo de una nave utilizando como nueva luz de las bóvedas la distancia libre entre los contrafuertes que se estaban preparando. Para ello, debían

---

[14] Almuni explica cómo en la catedral de Tortosa (cuya fecha de inicio coincide con la consagración de Girona) el maestro de obras realiza un viaje previo por todo el territorio meridional, llegando a Avinyò, en busca de modelos y experiencias en otras obras. ALMUNI Maria Victòria, *La construcción medieval de la catedral de Tortosa. Integración y originalidades respecto del modelo catalán*. Actas del Coloquio de la Carl Justi-Vereinigung de Gotinga, 1994. Ed Vervuert – iberoamericana, 1999. pags 143 a 158.

[15] FREIGANG Christian, *Solemnius, notabilius et proporcionabilius. Les expertises de la construction de lal cathédrale de Gérone. Réflexions sur le discours architectural au Moyen âge*, dentro de *Pierre, lumière, coleur. Etudes d'histoire de l'art du Moyen Age en l'honneur d'Anne Prache*, Paris, Presses universitaires de la Sorbonne, 1999, pag 387.

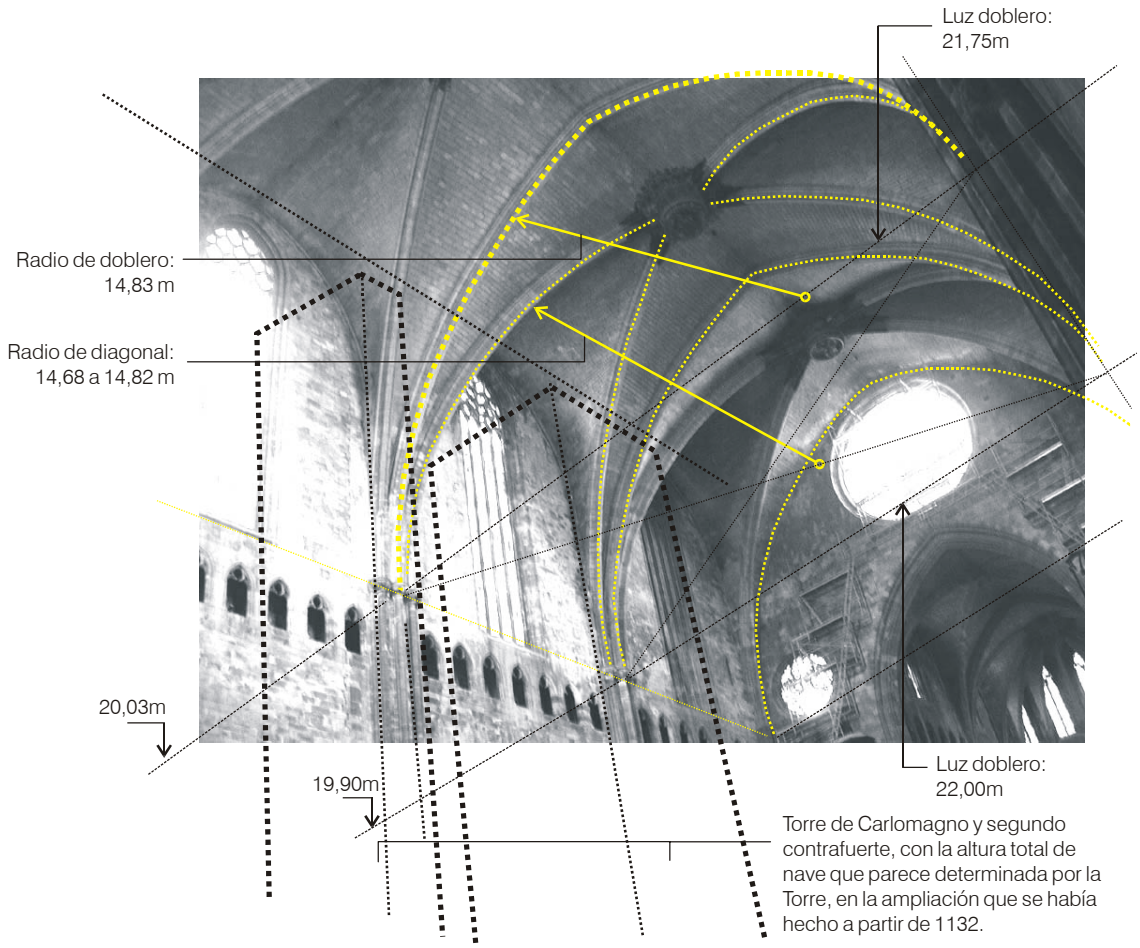
[16] FREIGANG Christian, *Solemnius, notabilius et proporcionabilius…* op cit, pag 387

alterar la dimensión longitudinal del tramo (ajustándose al límite establecido por la pared lateral de la Torre Carlomagno, ubicando en él dos capillas cuyas dimensiones ya habían experimentado en la cabecera), manteniendo la dimensión del último contrafuerte ejecutado en el modelo de tres naves (en el lado opuesto a la Torre citada).

En el primer concilio celebrado en 1386, cuatro maestros de Barcelona confrontan sus criterios con otros tantos de la propia ciudad. Las cuestiones a que debían dar respuesta los maestros eran la seguridad, la estabilidad estructural y la conveniencia estética de la nueva propuesta.

Debemos destacar en este punto que los maestros de Barcelona llamados a consulta no estaban atendiendo, en el momento en que son requeridos, ningún taller de envergadura en su ciudad. Tan sólo la lonja y edificios de viviendas. Encontramos a faltar, así, a un maestro de primer orden, como los que debían estar encargados de las obras de Santa María del Mar o la iglesia del Pí.

Es decir, un maestro que conociera los límites de la técnica constructiva aplicada en edificaciones religiosas, con todo el problema de diseño del soporte lateral (los contrafuerte) y los espacios que se producen entre ellos (las capillas), con luces máximas entre contrafuertes que podían ser referentes cercanos para Girona, pues Santa Caterina alcanzaba los 15 m y el Pí los 17 m. unos valores próximos a los que se alcanzarían años más tarde en la nave única de Girona.



Girona. Medidas en tramo tipo. Se indica posición de Torre de Carlomagno.

Destaquemos también que la discusión de los maestros de Girona provoca la llamada de otro experto, Bernat Roca, proveniente de la fábrica de la catedral de Barcelona, quien defiende el modelo que está llevando a cabo en su ciudad:"…*de ninguna manera puede permanecer (*la nave

única*) sin peligro; …tal y como está empezada*…[17]". Al mismo tiempo, Pere Sacoma parece convertido en el principal valedor del modelo de nave única y en 1389, tras decidirse la continuación con tres naves, la obra apenas progresa.

La situación provoca la celebración de un segundo concilio que esta vez acierta en diversificar el origen de los maestros, todos ellos pertenecientes a las tierras meridionales: Tortosa, Tarragona, Barcelona, Manresa, Castelló d'Ampuries, Narbona y Perpinyà[18] .

¡Ahora sí que se trata de grandes maestros! Con capacidad para adaptarse a diversos promotores, con experiencia y juicio sobre temas complejos, como las opiniones al respecto de temas complejos. Son conocidas las sentencias de debate en la catedral de Milán "*Ars sine sciencia nihil est*" (La mera práctica no es nada sin un criterio que la fundamente), o "*Sciencia reddit opus pulchrum*" (El criterio dota de propiedad a la obra), que permiten entender cómo se daba consejo en estos concilios, aunque nos dejen sin conocer el auténtico alcance de los saberes de la época.

Los modelos que estos expertos están experimentando son diversos: triples naves hacia el Sur y espacios salón hacia el Norte, con algunos casos mixtos como el de Manresa. Todos, además, en una fase avanzada de su ejecución. Sin embargo, ninguna información ha quedado sobre las opiniones contrastadas en defensa de los respectivos modelos aparte de las referidas al cuestionario del Cabildo.

En la segunda reunión, la mayoría de los expertos vuelve a opinar que la triple nave es más conveniente: *"… las dimensiones exageradas de una nave única desfigurarían visualmente el coro que aparecería demasiado bajo, con la necesidad posterior de sobreelevarlo*…[19]", lo que no deja de ser cierto, a la vista del resultado. Los defensores de la nave única argumentan a su favor la simplificación en la iluminación del interior, permitiendo incorporar ventanales en el nuevo plano que se produciría con la cabecera, en un modo similar a como se había producido algunas décadas antes en la catedral de Mallorca.

A pesar de que éstos habían perdido la votación, unos meses más tarde el maestro de la obra, Guillem Bofill, vuelve a defender su idoneidad, con la célebre afirmación: "*será la disposición más solemne, más notable y más proporcionada en relación al coro*…". Así, a partir de 1417, se continúa la construcción con el modelo de una nave, a pesar de que tan sólo cinco de los doce expertos (los que provenían de la Cataluña Norte), habían emitido su voto favorable.

---

[17] YARZA Joaquín y otros, *Arte Medieval II, Románico y gótico*. Colección de fuentes y documentos para la historia del arte, GG, 1982, pag 312.

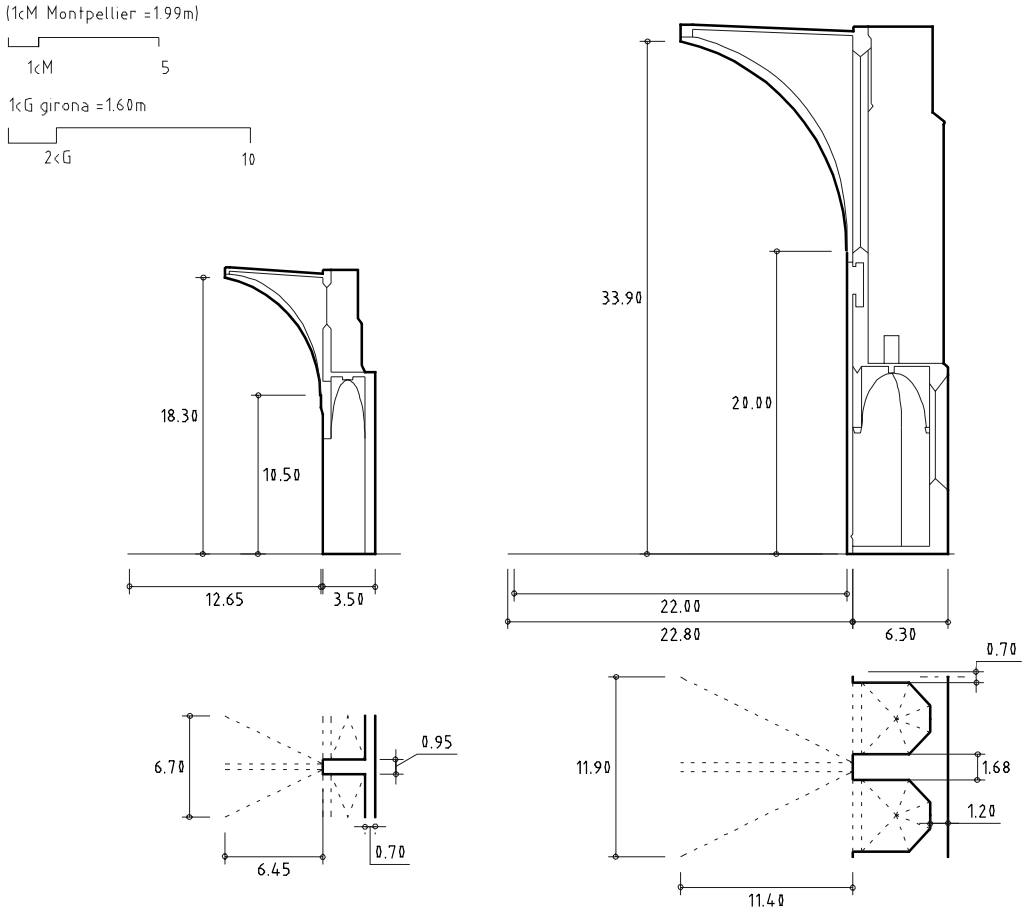
[18] Por lo que es posible que el maestro de Perpinyà tuviera conexión con la obra de la catedral de Mallorca.

[19] VILLANUEVA J, *Viaje literario a las iglesias de España*, XII, Madrid, 1850 pag 332.

8.7 MEDIDA DE LA SECCIÓN CONSTRUCTIVA

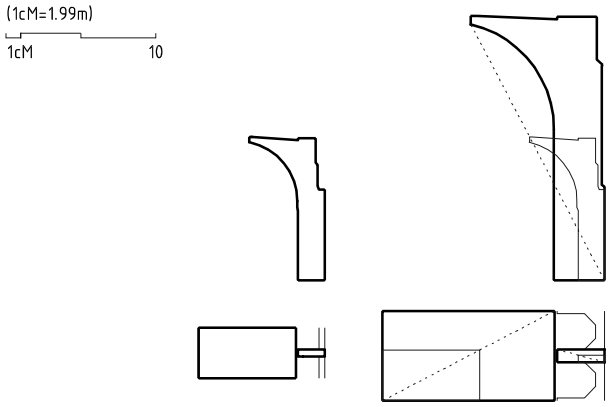
Sobre la elección del modelo de tres naves para la primera fase de la catedral, destacaremos dos aspectos: en primer lugar, que si la comparamos con la desarrollada en otras catedrales como Barcelona, Tortosa, Mallorca, Narbona o Perpinyà, nos damos cuenta de que la anchura global es la menor de todas éstas por lo que, si además se incorpora un diseño de pilar central de gran área y robustez, las luces de las naves quedan reducidas a 9,50m y 4,60, una medida impropia para la catedral de una gran población.

Como en la construcción dominica, el espacio interior de la nave se ajusta por varios patrones de la época. La *cana de Girona* establece una dimensión para el umbral total de la nave, y la *cana de Montpeller* limita la luz del arco en 11 canas. La diferencia entre ambas umbrales será de aproximadamente 2 palmos de *cana de Montpeller* a cada lado (la medida que abarcará la pilastra nervada adosada a la cara interior del contrafuerte).



Santo Domingo Catedral Girona

La forma de los arcos torales de la gran nave será, en proporción, similar a la de los dominicos. De nuevo, en éstos se evita el arco *de tercio* para usar un modelo que pueda definir una flecha mínima como la que proporciona el arco de *quinto*. Será el mismo recurso que utiliza el maestro Montagut en Manresa, (quien a su vez estaba utilizando la forma *de tercio* para el toral principal de Santa María del Mar, a más altura que Manresa pero con una reducción de luz notable).



Los radios de toral y de diagonales son similares en ambos casos, y su valor se define entre 9 canas de Girona y 7 1/2 canas de Montpeller. Las claves de los arcos toral y diagonal son muy similares (entre 33,90 y 34,05 m) lo que da a entender que el maestro de obras buscaba generar superficies regladas, la forma más sencilla de ajustar la forma curva de la bóveda a una altura desde el suelo hasta entonces no igualada, con excepción del caso de Mallorca.

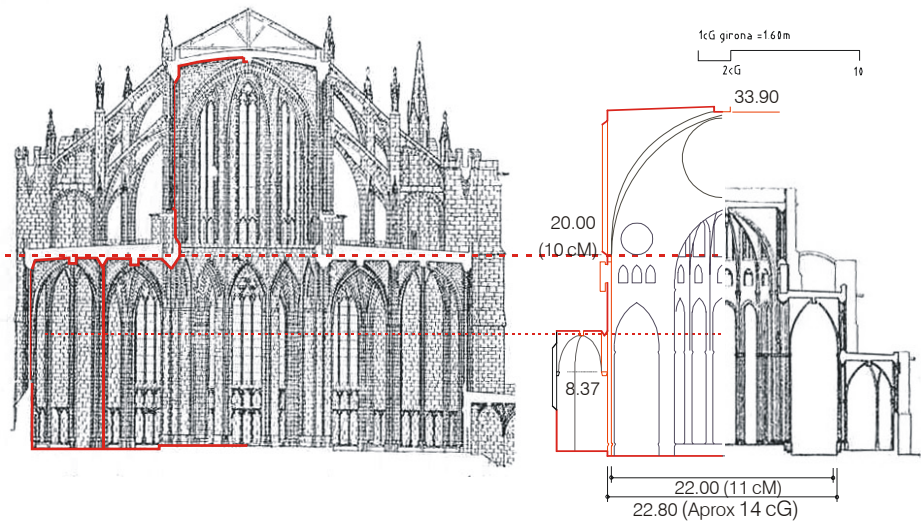
8.8 REFERENTES POSIBLES

8.8.1 NARBONA

Se ha nombrado anteriormente la presencia del maestro narbonense Jaume de Faveran en las primeras décadas de la obra de la catedral. De hecho, se establece una relación contractual a partir del año 1321, cuando la obra se había iniciado once años antes, y desconocemos cuándo se empieza a fraguar el proyecto. De la comparación de las secciones, Se destaca la notable diferencia de envergadura entre ambas obras así como la diferente proporción en las alturas de las naves, con la rotundidad de la catedral de Narbona cuando asigna una altura doble a la nave central, incorporando un nivel doble de arbontantes.

Se produce un diseño de triforio difícil de justificar formalmente pues entendemos su utilidad cuando la cubierta lateral se cubre con un plano inclinado de tejado y los ventanales pueden tener una dimensión suficiente para seguir iluminando la nave central.

Las diferencias expuestas parecen indicar que ambas obras tienen concepciones diferentes, de no ser por la incorporación del nivel del triforio, sólo entendible en el caso de Girona pues introduce un nivel de comunicación perimetral durante la construcción, por encima del plano de arranque de arcos y bóvedas, que iba pasando por el interior de las pilastras centrales.



Narbona y Girona

Se desconoce la aportación de Jaume de Faveran en la obra de la catedral pero es difícil de entender que un maestro que se compromete a asistir y atender como mínimo cada dos meses y mientras la obra lo necesitara, se convirtiera a su vez en maestro de la obra de la catedral de Perpinyà tan sólo tres años más tarde, en 1324[20], cesando su actividad en la fábrica de Girona sólo nueve años después de iniciarse, cuando es evidente que la obra va a continuar durante mucho tiempo.

¿Introduce Faveran el diseño del triforio en la sección de la primera catedral? Es posible que sí, aunque dudamos que hiciera una aportación ortodoxa, tanto para dicho modelo como para la

[20] Por lo que puede ser relacionado también con la obra de la catedral de Mallorca debido a la condición de doble capitalidad del Reino.

necesaria referencia formal que podía producir en el proyecto posterior de gran nave.

8.8.2 LA IGLESIA DOMINICA

Cuando algunos autores exponen la posible relación entre las obras de la iglesia dominica y la de la catedral de la ciudad[21], sin citar las fuentes o matizar dicho comentario, entendemos que se refieren al proyecto de la gran nave.

Siendo verosímil que pudiera estudiarse la traza de la construcción dominica, culminada y en uso en las décadas en que se discute el modo de continuar la obra, este trabajo ha expuesto correspondencias métricas en cuanto a proporción de los tramos en planta y en sección transversal.

Hay datos sobre la construcción de parte de los contrafuertes del primer tramo de la catedral entre 1360 y 1380, probablemente hasta cubrir las primeras capillas pero, ¿en qué momento es planteada la variación en el proyecto original? Cuando se consagra la cabecera en 1345, ¿incluía ésta el primer tramo de tres naves? Podría ser que en las últimas décadas de esta primera mitad del siglo, con Santo Domingo consagrado en 1339, ya se estuviera pensando en agrupar las tres naves.O bien un poco más adelante, cuando entre los años 1360 y 1380 el maestro Pere Sacoma se convierta en el principal valedor del proyecto de una nave.

Queremos destacar que en ambas obras se use una base métrica proporcionada, que conserva los radios de los arcos en los torales y diagonales respectivos, y que iguala las cotas de todos ellos para producir unas superficies regladas que culminen en líneas prácticamente horizontales.

Así, es verosímil pensar que Santo Domingo se use como maqueta que valida una proporción en planta y sección, y que se traduce ampliando las medidas para la gran nave de la catedral. Y como explicará Galileo años más tarde[22], si su cambio de escala (aún manteniendo la misma proporción) hubiera requerido un aumento de secciones resistentes en sus nervios, debe reconocerse que este principio estructural sólo habría sido necesario si la fábrica de piedra de la gran catedral trabajara al límite de su capacidad. Ahora sabemos que esta condición no se produce. Más bien, el margen de seguridad de la tensión real respecto de la tensión límite de la piedra es notable, por lo que podemos confirmar la buena práctica de los maestros de la época, que podían traducir esquemas de proporción a diferentes tamaños, adaptados a las canas que conocían. El problema determinante será el de la propia forma para garantizar la estabilidad, es decir, asignar una dimensión al contrafuerte adecuada para la geometría de la bóveda. En síntesis, el maestro deberá hacer frente al mismo problema de equilibrio en la construcción *contenida* de Santo Domingo y en el umbral *gigante* de la Catedral.

8.8.3 CASTELLÓ D'AMPURIES

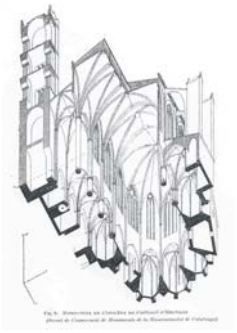
La catedral de Castelló d'Ampuries vuelve a ser una estructura del XIV (hacia 1381 se estaba terminando una de las capillas de la fachada principal) que establece tres ábsides (como la catedral de Perpinyà o de Mallorca), en base a un modelo que bien puede justificarse por la tradición cisterciense meridional (como en Fontfreda de Narbona). A partir del tercer tramo recupera el modelo

---

[21] FUSES Josep y otros, *Guía d'arquitectura …* op cit, pag 32.

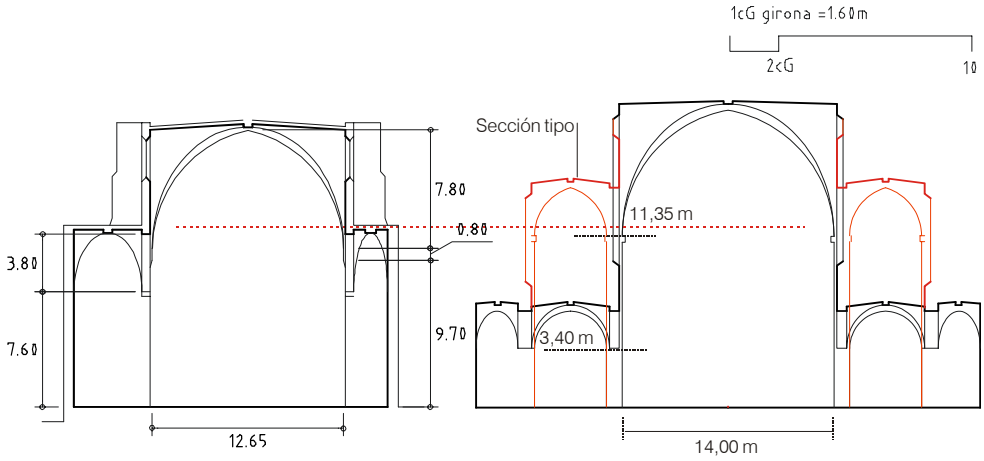
[22] HUERTA Santiago, *Mecánica de las bóvedas de la catedral de Girona*, en apuntes del Curso *Las grandes bóvedas hispánicas*, Madrid 1997, S. Tarragó (ed), CEDEX, 1998, pag 63; y HEYMAN Jacques, *La ciencia de las estructuras*, Instituto Juan de Herrera, ETSAM, 2001, pag 69.

de tres naves con un fuste de sección circular coronado por una pequeña línea de imposta de la que nacerán todas las nervaduras (recordando el diseño de Santa María del Mar).



Castelló d'Ampuries
Isometría archivos COAC

Interior de la nave Castello d Ampuries



La iglesia dominica de Girona y Castelló d'Ampuries

Al comparar las secciones de la iglesia dominica con la de la catedral, nos damos cuenta de que las dimensiones globales de la nave principal son muy parecidas, tanto en amplitud como en altura. También en esta catedral el peralte (flecha) del arco será reducida, con la intención de no levantar en exceso la estructura. El gran valor de la catedral de Castelló reside en que aunque las dimensiones sean contenidas, consigue una sensación de gran amplitud, debido al uso de pilares cilíndricos y a la altura de las naves laterales.

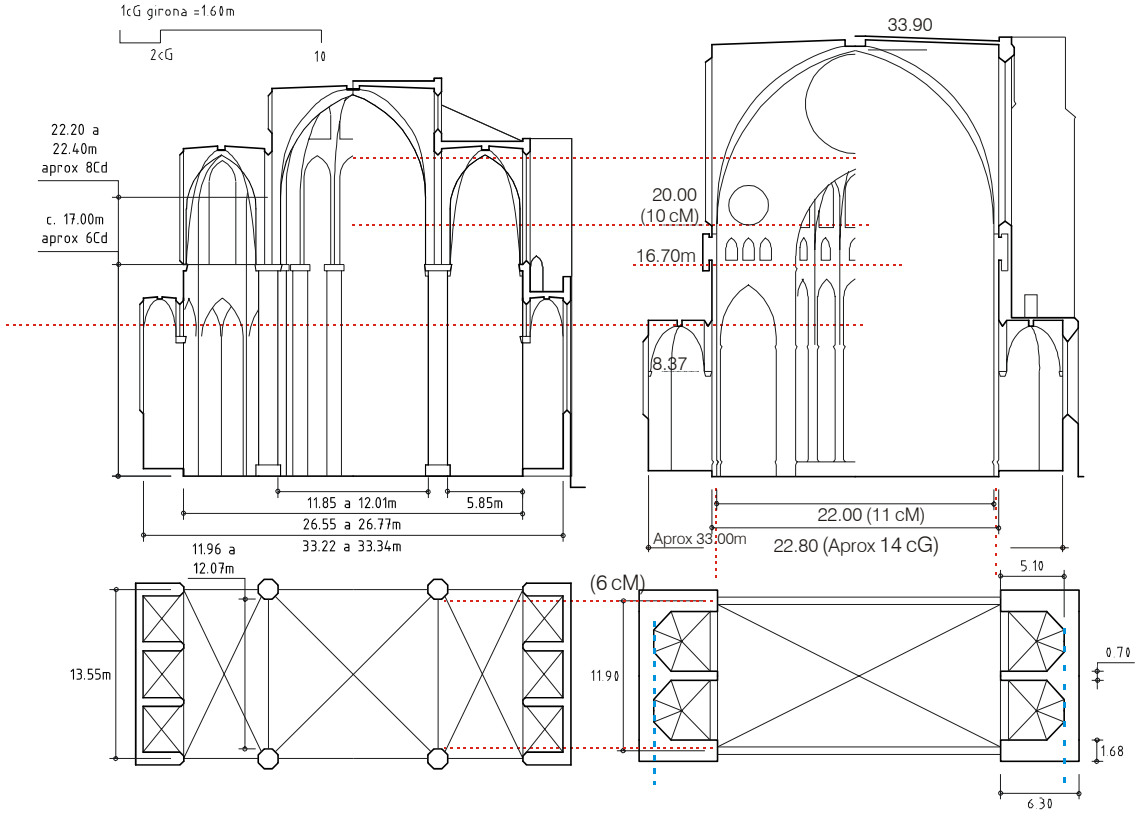
8.8.4 SANTA MARÍA DEL MAR

Dado que la obra de Santa María del Mar en Barcelona estaba en curso en el momento en que se plantean los cambios en el proyecto de Girona, y se estaba llevando a cabo con gran rapidez e intentando levantar la fábrica de modo uniforme, entendemos que la modernidad en los planteamientos de las tres naves de aquella pudiera servir de referencia para poner en discusión el modelo iniciado en Girona unos años antes. El diseño de las nervaduras y el modo en que éstas se entregan sobre fustes prismáticos sencillos, así como su separación y esbeltez, produce un espacio diferente a los obtenidos hasta entonces, con una dimensión de contrafuerte mucho menor cuando la amplitud global desde los fondos de capillas es prácticamente la misma, unos 33 m.

Los pequeños capiteles que permiten recoger las nervaduras de arcos de la nave central se sitúan a altura similar: unos 17m en Santa María del Mar y unos 16.70m en la primitiva nave de Girona. A dicha altura, en Girona las claves de los colaterales quedan superadas, y las curvaturas

de arcos torales principales se inician. Sin embargo, en Santa María del Mar los dos tipos de dobleros extenderán sus dovelas de arcos durante una fracción recta y sólo se inician las curvaturas de las diagonales laterales y de los formeros entre naves.

Al distanciar los soportes en sentido longitudinal de la nave y combinar un diseño de dovelas estriadas con unos fustes de pilares y contrafuertes de secciones sencillas poligonales, se consigue interrumpir la conexión formal entre las dos zonas y las bóvedas aparecen como flotantes.



Santa María del Mar y Girona

Así, en Santa María del Mar se produce una línea de imposta y capitel, a unos 17 metros del suelo (6 canas destres), que sirve para secuenciar el paño del muro perimetral señalando la base de los ventanales en la pared de la nave lateral y para producir en los pilares la transición del fuste octogonal hacia varias categorías de nervios.

8.9 CONCLUSIÓN

En síntesis, el momento crucial de la catedral de Girona se plantea cuando debe escogerse entre los dos modelos posibles: el iniciado mediante un espacio de tres naves excesivamente estrechas, y el resuelto mediante un espacio con una sola nave de dimensión mayor que las conocidas hasta entonces: San Jaume de Tolosa de Languedoc alcanzaba más de 17m de luz y 19 m entre paredes laterales, pero su posición respecto del suelo era muy inferior, a menos de 9m; y entre las contemporáneas, la iglesia del Pí de Barcelona y la catedral de Manresa pertenecen al umbral entre los 16 y 17 metros, arrancando la curvatura de sus nervios a 15 y 17m, respectivamente.

La triple nave iba a resultar poco acorde con la tradición meridional de espacios diáfanos y amplios, poco iluminada por la presencia del triforio por encima del nivel de arranque de los

torales y con unas formas y alturas muy contenidas que no resultarían adecuadas para acoger dentro de sí a toda su población.

El final del proceso de discusión consiste en que el cabildo, contradiciendo las conclusiones de la votación final de los expertos, decide continuar con el modelo de una nave. Y según Villanueva, *"… elegidos los maestros, éstos debían hacer y pintar un "patro" de la continuación de la obra mediante la cual ésta debía ser continuada, dejando constancia mediante documento público…* [23]"

Las opciones de modificación estaban limitadas. La nueva luz debía abarcar las tres anteriores, pues de otro modo debería haberse producido un tramo irregular de tránsito (como en Perpinyà a principios del XV). La base de los contrafuertes estaba limitada por la propia torre de Carlomagno y por el antiguo claustro, así como por el palacio episcopal. Y en sentido longitudinal, la esquina de la Torre de Carlomagno iba a señalar la medida de los tramos.

Sobre la posición definitiva de los arcos torales y arranques de la bóveda, pretendemos aportar una posibilidad que bien pudiera haber hecho reflexionar a los maestros: con un límite inferior situado en unas 5 canas de Montpeller (allí donde estaban terminando las bóvedas de las capillas), se podía trazar un arco toral salvando la forma de los tres existentes, anulando el triforio perimetral.

La tradición constructiva meridional *hubiera permitido* esta solución de proximidad de la gran bóveda al suelo y de macla de tres aberturas frontales (correspondientes a tres ábsides o bien a uno central con deambulatorio) en el espacio de la nueva bóveda, pues lo había llevado a cabo en el Mediodía francés con todas las estructuras de cubrición posibles: naves únicas terminadas con bóvedas de cañón (abadía cisterciense de Sylvanès) y con arcos diafragma (Sant Vicenç de Carcasona o la propia nave raymondina). En estos modelos, el toral de la nave única cubre un espacio de gran envergadura (unos 14,80m en Sylvanès[24] y 20,25m en San Vicenç[25]). La antigua iglesia abacial de Gaillac, en el camino entre Tolosa y Albi, puede ser otra referencia válida pues adosa a una cabecera primitiva formada por un ábside y deambulatorio (tradicional de las iglesias de la región en el siglo XII) una gran nave cuyos límites laterales y de altura se ajustan a los preexistentes.

Además, el hecho de ajustar la coronación de los arcos a una proporción total cercana al cuadrado (situando pues los arranques de torales a media altura), tampoco hubiera sido discutido por la tradición constructiva: Sant Vicenç de Carcasona, la nave raymondina, o la iglesia de Mirepoix (ésta última, terminada en el siglo XV, alcanza una cota de clave de 18,50 para una luz excepcional de 20,50m situando el arranque de los arcos a tan sólo 6,90 del suelo).

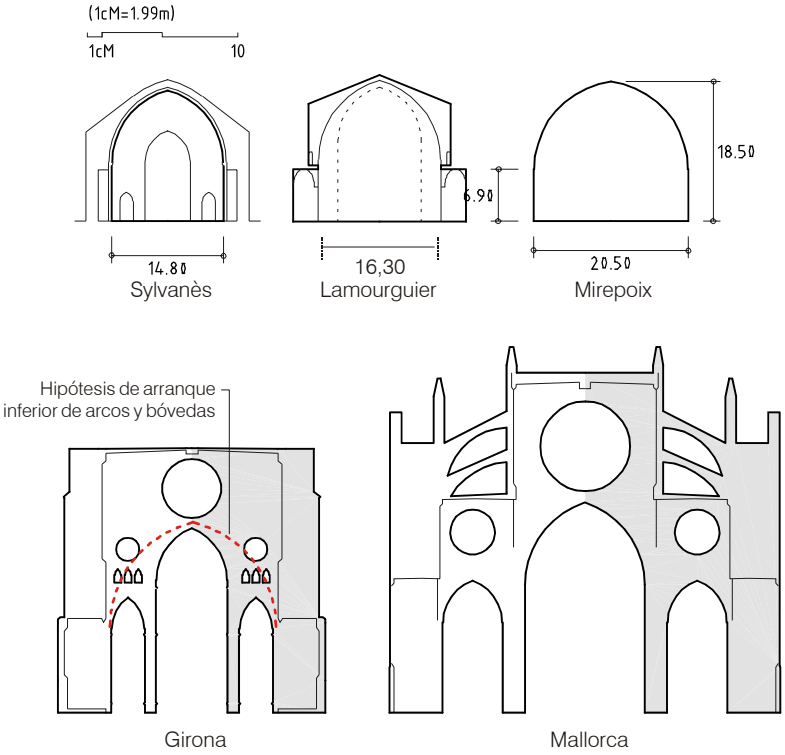
¿Por qué razón el maestro de la obra o el Cabildo de la catedral no plantearon una forma igual de amplia pero mucho más contenida en la altura interior, más segura y sencilla de construir, que podía tener sus referencias formales en la tradición cisterciense y en las primeras iglesias del XIII del Mediodía francés, con un montaje de bóvedas similar al que se estaría preparando, en construcción o en proyecto, en la ciudad de Mirepoix?

---

[23] VILLANUEVA J, *Viaje literario a las iglesias de España*, XII, Madrid, 1850, pag 327. citado por FREIGANG, pag 388.

[24] REY Raymond, *L'art gothique du Midi de la France,* H.Laurens, Editeur, Paris, 1934, pag 49, incluye escala gráfica.

[25] Dato aportado por ERLANDE-BRANDENBURG Alain, *Du Moyen …* op cit, pag 365.



Estructuras en el mediodía francés y en la corona catalano-aragonesa.

¿Qué hubiera ocurrido si alguno de los expertos lo hubiera planteado, como alternativa, al primer proyecto que Sacoma y el resto de los maestros locales estaban preparando? ¿Tomó el maestro de la obra el modelo dominico a modo de maqueta de trabajo, para aplicar una forma proporcionada y experimentada? Quedan, pues, estos temas abiertos para la discusión.

Queda por investigar si la cubierta de la antigua basílica románica supuso un impedimento para el trazado de esta posible bóveda a un nivel inferior, aunque la hipótesis del *Projecto Progress* parece indicar una altura máxima del espacio primitivo central cercano al actual deambulatorio y, si esto fuera así, la opción de bóveda rebajada hubiera sido factible.

Creemos, en conclusión, que la razón principal por la que dicho esquema de crecimiento no fue nunca planteado o que, si algún maestro la expuso, fue desechado de inmediato se refiere al carácter del espacio de las naves que los maestros de la corona catalano-aragonesa estaban desarrollando durante el XIV: proponen el diseño de estructuras aparentemente simples en su conclusión pero que en realidad responden a la solución de un problema singular y límite (Manresa, Mar y Mallorca).

Además, se debió considerar que la prolongación de la *cinta* de triforio desde el ábside antiguo iba a aportar un recurso formal de continuidad en la nueva nave y un paso de construcción en todo el proceso. Y a partir de este nivel, en la base de los arcos pequeños del ábside se montarían los andamios para arrancar los nuevos arcos. Eso sí, con una forma de *arco de quinto* en lugar del *tercio*, para ajustar sensiblemente, al menos aquí, la coronación del arco.

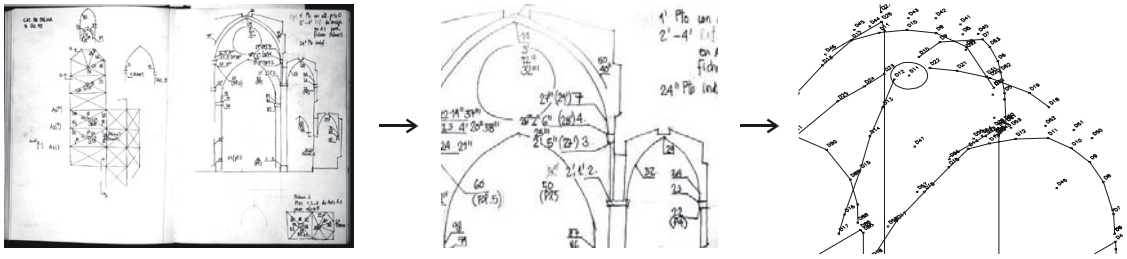
Quedaba por solucionar el muro de cierre del contorno exterior de la forma de la cubierta antigua hasta encajarla con el perfil inferior del nuevo toral, por lo que el maestro de Girona debió acudir a la solución de Mallorca, aligerando el gran peso de la pared mediante la situación de rosetones proporcionados para cada uno de los torales. De otro modo, el plano del arco no hubiera resultado estable.

9. CONCLUSIÓN

9.1 PRELIMINAR

Al inicio del trabajo se realizó un amplio trabajo de recogida de datos, alcanzando territorios del Mediodía francés (desde Avinyò hasta Moissac, desde Rouergue hasta Commingues y Perpinyà) y de la corona catalano-aragonesa (junto con el Reino de Mallorca y una pequeña incursión en el de Valencia).

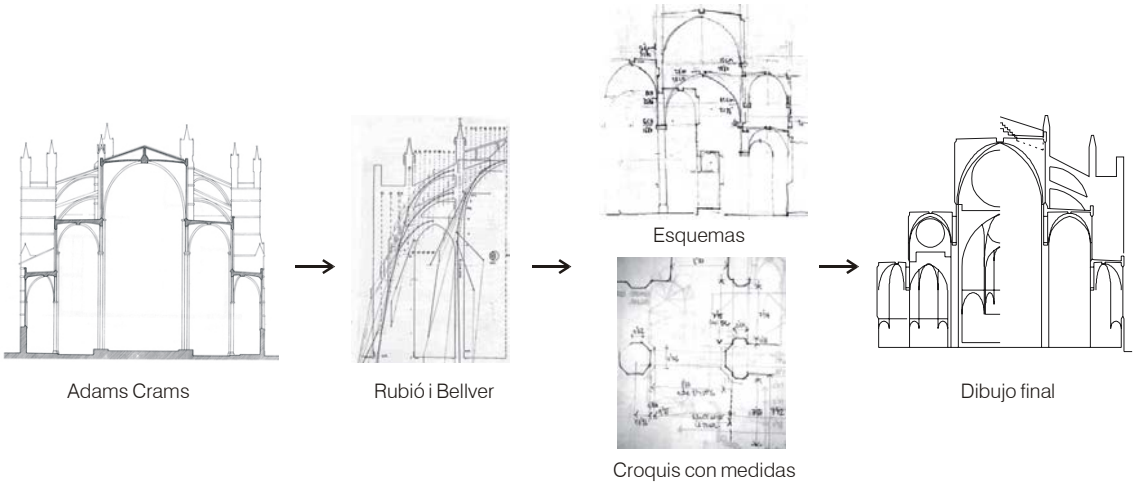
Nos parecía, y ahora podemos confirmarlo, que si el estudio iba a referirse al gótico meridional o catalán, el trabajo de campo sólo llegaría a buen término si en un primero momento los límites eran ampliados lo más posible, con el peligro de dispersión que ello suponía, pero con el convencimiento de que una abertura de miras podía aportar más criterio, precisión y justicia en la interpretación final, pudiendo ganar en objetividad si se procedía de lo general a lo concreto, y no a la inversa, reduciendo el ámbito de trabajo en una segunda etapa.



cuaderno — Detalle de lecturas taquimétricas — Detalle de los punto en *espacio modelo* 3D

Algunos temas quedan tan sólo apuntados y croquizados (pueden verse en el anexo), abiertos a posteriores trabajos: catedrales como Lleida o Valencia, fachadas porticadas en Cordes, cartujas como Saint-Saveur en Aveyron o Val Benediction en Villenueve-lez-Avignon, abadías como Saint-Pons de Thomieres o San Cugat del Vallès, conjuntos complejos como el Palacio de los Papas en Avignon (claustros y capillas) o el Palacio Condal de Barcelona (saló del Tinell y la capilla de Santa Agueda), iglesias tardías como Mirepoix o iglesias menores como Santa María de Cervera.

Incluso algunas incursiones en la relación entre esta arquitectura y la arquitectura posterior (con los casos específicos de la arquitectura modernista – Doménech i Muntaner, A. Gaudí, o figuras señeras de la arquitectura moderna como Le Corbusier, J. L. Sert, Louis I. Kahn, y un largo etcétera), cuya principal enseñanza fue hacer de la necesidad virtud, reconocer con modestia los límites del estudio, y centrar el trabajo.



Adams Crams — Rubió i Bellver — Esquemas — Croquis con medidas — Dibujo final

El anexo gráfico muestra las diversas categorías gráficas, que se complementan recíprocamente en un proceso de hibridación, cuyo sentido viene aportado por la búsqueda de operatividad –de toma de datos, de su análisis y de su comunicación. Desde pequeños croquis de estudio donde se toman medidas en base métrica o de canas de la época, a croquis que deben ser muy rápidos pues se realizan a la misma velocidad que el teodolito láser va tomando las medidas de los puntos de los arcos. Finalmente, se incluyen dibujos de análisis, de interpretación de las estructuras y de propuestas formales.

Uno de los aspectos que creemos valioso en el trabajo consiste precisamente en el método. Se van creando las categorías gráficas según la necesidad de cada tiempo del trabajo. Se escogen formatos de papel cómodos y transportables (los cuadernos), donde se superponen las secuencias cronólogicas y conceptuales del trabajo.

Y se traducen los esquemas iniciales a otros en base digital. Del croquis a mano alzada se pasa a sistemas gráficos precisos en pantalla, en la cual los dibujos de pocos vectores valorados se combinan con imágenes, gráficos escaneados, textos…, donde la naturaleza *mixta y transitoria* de la representación arquitectónica se hace presente en su propio discurrir. *Se hace camino al andar…* y me permito, por una sola vez, no citar la fuente.

Además, la investigación se ha centrado en los últimos años en que todos, docentes y profesionales que trabajamos acompañados de soportes gráficos, hemos observado la progresión de nuevas pautas de expresión, matizando las que hasta entonces se producían y debiendo decantar las esenciales.

En el caso de este trabajo se puede decir que, a nivel conceptual, la literatura se complementa y enlaza con pequeños *metafiles* (meta-archivos) gráficos, indisociables del discurso, a semejanza de aquellos textos con que nuestros pequeños aprenden a leer sus primeras frases y en los que intercalan imágenes simbólicas asociadas, que dan sentido al enunciado. No en vano dejó dicho H.G. Gadamer que la cultura es palabra compartida y, de ella, la auténtica "*es palabra que enuncia*".

La amplitud geográfica (que podría ser interpretada, en un modo distendido, como una pretensión de reunificar culturalmente los antiguos territorios de la Corona catalano-aragonesa) es pasada por diversos tamices. Las medidas de la estructura son interpretadas según el contexto social de la obra, visualizadas en clave constructiva, analizadas en esquemas de equilibrio de la estructura… Se realiza un trabajo para ser analizado, en la profundidad que nos ha sido posible, desde diversas disciplinas que deberán complementarse con otras para poder acceder y entender la complejidad de las obras.

Son evidentes algunos aspectos no tratados previamente, como la aproximación a las obras mediante las medidas en que fueron concebidas y construidas, ya que, como se afirma, es obvio que *el metro* no existía en la Edad Media. El uso de una cinta métrica con las medidas en *canas* y *destres* (y sus *pams*, *dits* y *línies,*) superpuestas nos permitió y permite constatar *in situ* las medidas más relevantes, que coinciden con las que aportan información sobre los procesos de construcción, pasando entonces a estudios pormenorizados de cada obra.

El desarrollo de la tesis ha adquirido en ocasiones el carácter de un acta notarial, que permite precisar sobre lo existente para extraer conclusiones que informasen sobre los sistemas constructivos, entendidos como procesos abiertos. En este sentido es común la afirmación de que no existen pruebas documentales sobre quién o cómo construyó estas obras. Pero, pocas pruebas documentales son más rotundas, desde el punto de vista arquitectónico, como la obra

concluida y en pie. Tan sólo sucede que no sabemos leer o explicar lo que tenemos ante nuestros ojos.

La concreción del estudio final se refiere a unos modelos representativos de los momentos históricos. Dentro del territorio del Mediodía francés, el área entre Toulouse y Albi muestra unos espacios a la vez primitivos y complejos del primer periodo de experiencias; el Cister de las abadías de Fontfreda, Poblet y Santes Creus deja constancia de todo su potencial creativo y compositivo a través de los cuerpos secundarios; finalmente, los grandes modelos de Mallorca, Perpignyà, Santa María del Mar, Manresa y Girona se explican en base a experiencias menores de los mendicantes que debieron ilustrar a los maestros de las obras.

El trabajo ha pretendido ser respetuoso con las fechas y datos de las obras, a sabiendas de que adolecerá de una investigación complementaria sobre fuentes esenciales como son los libros de cuentas, registros notariales sobre transacciones comerciales o movilidad de las personas…, por lo que queda abierto a otras investigaciones en curso. Cuando el trabajo incorpora un esquema de fechas o una propuesta de intervención, la pretensión es la de apuntar una posibilidad de conexión entre territorios u obras.

En síntesis, se podría concluir que el trabajo busca, como intención esencial, aportar nuevas líneas de acercamiento a la cultura gótica meridional, mediante útiles propios de la formación del arquitecto, a un tiempo gráficos y constructivos, y desde la interpretación cuidadosa y respetuosa de las obras existentes.

9.2 LAS ESTRUCTURAS DEL *ESPACIO SALÓN*

Se ha destacado en el trabajo el modo en que los monjes cistercienses son capaces de usar y combinar los espacios en los cuerpos menores del monasterio. Dominan la medida, el trazado y la técnica de las formas de arcos diafragma. Los dormitorios evolucionan técnicamente desde los cañones de bóveda apuntada (Fontfreda) hasta unos diafragmas que soportan una cubierta de madera muy próxima del suelo (Santes Creus), y una solución más esbelta (Poblet).

Los monjes investigan diversas medidas de arcos para ajustar su flecha en relación con las nuevas formas diagonales. Una estructura de sala capitular con luces desiguales (Fontfreda) se regulariza (Santes Creus) y procede de nuevo a estilizar sus formas estructurales (Poblet), adaptando el modelo a la representatividad del espacio que evoluciona.

El dominio de la técnica permite montar unas estructuras sobre otras, dimensionando arcos de descarga para repartir las cargas de muros que, en ocasiones, no se prolongan hasta el suelo (dormitorio sobre la sala capitular en Poblet), recogen soportes de arcos diafragmas sobre claves de arcos formeros (bodega de Poblet), o investigan modelos formales singulares (antiguo refectorio de Santes Creus).

El análisis de los funiculares de fuerzas sirve, en el caso de los dormitorios de Santes Creus y Poblet, para identificar las condiciones límites que se producen en el primero de los casos con su carácter experimental y primitivo, superado posteriormente en el segundo.

En el caso de las órdenes mendicantes, los reglamentos internos interpretan que un espacio pobre y humilde requiere de unas medidas contenidas, unos muros desnudos de ornamento y con los resaltes mínimos para recoger unos diafragmas de piedra o directamente un envigado de madera. En los primeros años se tratarán sencillas estructuras en línea con las que los cistercienses habían venido experimentando desde las últimas décadas del XIII y que además tenía gran tradición constructiva en la cultura popular.

Las restricciones indicadas, unos 30 pies de altura en las iglesias, producen unas estructuras cercanas al plano de base, cuyos soportes no se separan en exceso ya que necesitan de un grado de peralte mínimo para garantizar la estabilidad de la forma. Superar ésta y las demás restricciones provocaría sanciones, en la mayoría de los casos, habiendo algunas excepciones mostradas (Santa Margalida de Mallorca y Santa Caterina de Barcelona ¿?)

Mapa de las principales estructuras analizadas

Coincide con los primeros tiempos mendicantes la necesidad de personalizar los pequeños interiores incorporando nuevos espacios entre los contrafuertes. Las construcciones debían ser ejecutadas en breve periodo de tiempo. A ser posible unos pocos meses. Y el modo que se inventó para financiar las obras consistía en privatizar parte de ella para usos funerarios, albergando capillas y pequeños altares privados. Las ciudades quedarán sembradas de pequeñas estructuras cubiertas con madera, dispersas en zonas despobladas dentro o fuera del recinto amurallado, en torno a las cuales crecerán los nuevos barrios.

Desde los primeros años, el uso de la bóveda nervada era relegado al espacio sacro anexo al muro de la cabecera. Cuando en la segunda mitad del XIII se empieza a extender dicho uso a toda la nave, la percepción del espacio interior cambia.

Los contrafuertes deben ser ampliados y las bóvedas exigieron que el muro lateral creciese, pues las claves de formeros y dobleros se igualan. Progresivamente, aquellas estructuras de bóvedas que los cistercienses habían experimentado en una o varias naves paralelas se van adaptando mediante pequeñas luces, hasta que la ocupación interior deba ser aumentada y las estructuras cambien de escala.

9.3 COMPLEJIDAD DE LOS MODELOS

A semejanza de cómo un geólogo analiza y describe los estratos de un corte de terreno, las fábricas catedralicias muestran procesos complejos y en capas. Como sucesivas veladuras en una acuarela, cada capa impregna y altera el pigmento depositado en la pasada anterior hasta alcanzar la riqueza cromática final. Nuestra obligación consiste en desvelar cierto número de estas capas, las que nuestra formación y distancia temporal nos permitan.

En alguno de los modelos se ha explicado cómo estructuras previas (torres, mezquitas o basílicas) permanecieron durante parte del proceso. Incluso éstas pueden entenderse como partícipes, pues ayudarán a establecer límites laterales, plataformas de encofrado y de sustentación de nuevas andamios, talleres a cubierto, espacios sacros provisionales.

El gótico catalán y meridional se ha caracterizado y expuesto hasta el momento sobrevalorando las formas sencillas, amplias, los paramentos desnudos y sin ornamento, y el esquema constructivo sin fracturas. Sin embargo, esta aparente pureza o integridad formal no puede entenderse sino como destilada por unos enfrentamientos entre maneras de plantear los espacios góticos, en una sóla estructura o en varias, con diferentes modos de concluirla en la cabecera, con modos diversos de interpretar los escalonados de las cubiertas.

La integridad formal sólo aparece manifiesta en aquellas obras que han podido ser resueltas en un periodo relativamente corto de tiempo. Obras menores como las mendicantes de nueva planta y obras mayores realizadas en vida de pocos maestros, como Santa María del Mar, justo hacia las cuales el trabajo fue orientado en los primeros años de investigación.

Por el contrario, cuando el proceso de la obra se dilata en el tiempo, aparecen discontinuidades en las medidas de los tramos (Albi), cambios en las alturas (Mallorca o Girona), nervaduras interrumpidas (Lombez) o deformadas pues no tienen solución formal (algunas nervios de la palmera en los *Jacobins*)… multitud de fábricas proponen cambios, discuten los modelos, retoman procesos interrumpidos.

La iglesia dominica de Toulouse muestra un espacio aparentemente sencillo que en realidad es resultado de fases constructivas solapadas y antagónicas. Sus contrafuertes son diseñados para un modelo a cubrir mediante una sóla luz, que después fue deshechado para volver al modelo de dos naves, igualando sus anchuras y alcanzando la altura prevista por los contrafuertes ya construidos … ajustes todos ellos indicadores de que, en ocasiones, varias soluciones son posibles cuando las circunstancias se alteran.

En Mallorca, la gran profundidad de la Capilla Real (el ábside central) es una de las razones para desestimar un proyecto unitario planteado con tres ábsides que sin embargo parece establecer al mismo tiempo el arquitecto del rey de Mallorca en Perpinyà. Se ha apuntado cómo el maestro gótico deja constancia de aparentes discordancias métricas al analizar el orden de crecimiento proveniente de la Capilla Real con el de la gran nave. Junto con Girona, Mallorca muestra planteamientos opuestos dentro de las propias fábricas. El muro recrecido sobre los torales manifiesta abiertamente esta tensión. En Girona tres naves concluyen en un solo espacio, como

ocurrirá finalmente en Perpinyà. La interpretación de las medidas y el análisis de la estructura pretenden *cuantificar* estos momentos de cambio.

De modo más radical y anterior en el tiempo, en la catedral de Toulouse coexisten dos modelos trazados a muy poca diferencia de tiempo, dentro del mismo siglo XIII. El segundo de ellos, con una triple nave de cabecera radial, niega la relación con el primitivo, cuyo destino final de ser eliminado nunca sería llevado a cabo, por fortuna.

El muro personaliza el elenco de posibilidades entre la cultura de la penumbra que debe ajustar las condiciones de luz interior y regular los contrastes (dormitorios cistercienses), y una cultura donde se evitan las áreas sin luz, que regula los contrastes y diseña aberturas de tamaño mínimo para no transgredir una percepción interior racional (Santa María del Mar o Pedralbes).

El cambio de arcos diafragma a bóveda nervada permite concentrar unas cargas que liberan parcialmente al muro pero que mantendrá una proporción de masa importante para el trabado del conjunto.

El muro, recogido por arcos formeros, ampliará el espacio interior hacia los laterales con las capillas, en una unidad (Mallorca), doble (Girona) o triple (Santa María del Mar).

Al regular la posición de pared de fondo de las capillas, se modifica la percepción del espacio desde la visión más convencional de las capillas bajas cuyo formero recoge una pared con ventanal, a un modelo que retrasa el muro en toda su altura para dignificar un espacio más sacro (los *Cordeliers*), para en la opción más extrema extender el anterior a toda la nave, con lo que los contrafuertes se expresan contundentes hacia el interior (Albi)

Hallamos espacios que no intimidan (Mirepoix) y que a su vez buscan elevarse (Mallorca), convertidos en cajas de resonancia acústica para las necesidades de predicación (*Jacobins*).

Las obras mendicantes pueden entenderse, en definitiva, como maquetas de trabajo, a una escala respetable (que en las últimas experiencias se aproxima a la definitiva) para las grandes obras catedralicias**.** Es decir se investigan estructuras que abren nuevas posibilidades, y con ello se deja el paso abierto a nuevas formas.

Se conocen los nombres de pocos maestros arquitectos. Y sorprende la aparente movilidad que tenían a pesar de las duras condiciones de transporte. Se conocen datos sobre pocas reuniones de expertos (Girona o Milán) o pocos viajes de estudio (Tortosa), pero éstos debían ser frecuentes y las fuentes de documentación, es decir, los propios talleres, debían estar bien relacionados.

En el caso de Mallorca, ciertos cambios en la métrica estructural parecen justificar obras dirigidas por diferentes maestros, quedando sólo apuntadas las primeras conclusiones. La escasa cronología y el resultado de la investigación confirma la influencia de la obra de Montagut en Mallorca y deja como posible cierta participación directa, siendo más probable la de Ponç Descoll en Mallorca, Perpinyà y Albi.

Está documentada la participación de maestros que atienden a grandes fábricas catedralícias en obras civiles como los puentes (Jaume Fabre o Berenguer de Montagut), por lo que una línea de investigación futura consistiría en comparar, en el caso de Manresa, las fábricas del Puente Nuevo con la de la propia catedral.

9.4 MEDIDA Y FORMA

Las cualidades del gótico catalán se derivan de la manera singular en que se trabaja la *mida* para regular un volumen de luz y unas masas equilibradas, donde la sobriedad de la materia constructiva, tratada con rigor, ofrece unos espacios íntegros.

El estudio de las formas estructurales ha permitido reflexionar sobre los sistemas de representación (cuaderno de Villard), sobre la traslación de los códigos gráficos a la obra (*geometría fabrorum*), sobre la permanencia de unidades de medida propias de la época.

La forma de las dovelas tiende a estandarizarse para mejorar el proceso de dibujo de monteas reducidas al mínimo número, el proceso de desbastado o tallado desde la propia cantera y el de construcción de cimbras auxiliares.

Si la cúpula había requerido en culturas anteriores radios diversos para las sucesivas hiladas, a partir de este momento la bóveda producen sencillas superficies regladas, donde sus cimbras van resiguiendo los niveles de los arcos y diagonales, con capacidad para adaptarse a condiciones de deformación y peralte.

Hemos leído el modo en que la estructura se ajusta a partir del plano donde arrancan los arcos. En él se sitúan ménsulas empotradas en muros (dormitorios cisterienses), llegan las semicolumnas adosadas a pilastras (catedrales del Tarn), se sitúan los capiteles reutilizados (nave raymondina) o concluyen los fustes prismáticos octogonales (Mallorca, Santa María del Mar o Manresa) o cilíndricos (Castelló d'Ampuries).

Este nivel básico definirá tantos modelos como espacios nervados dispongan las catedrales. La complejidad de los espacios de capillas, colateral y nave central requerirá de una relación métrica sencilla entre ellas que, como se observa, puede ser ajustada mediante unidades de la época como la cana de Montpeller (Mallorca y Perpinyà) y la cana destre (Barcelona y Manresa), siendo además sus divisiones (palmos o pies) en secciones constructivas (se han mostrado los procesos en San Francisco de Mallorca, Santo Domingo de Perpinyà y Albi). De aquí que las cualidades del sistema de medida/ construcción utilizado (cómo es el número de múltiplos y divisores del sistema de medida y el tamaño de los materiales utilizados) aporten una racionalidad específica.

No se ha entrado en matices historiográficos, como es la contraposición de las formas renacentistas y góticas, puesto que a nadie se le escapa el hecho de que algunas obras estudiadas son coetáneas de los logros del *Quattrocento*. Es decir, que partir de la noción de estilo para acudir después a las obras era, por lo menos, arriesgado, y aún más lo es la adscripción de valores, entrando entonces en el terreno del mercado de las ideas.

Esta experiencia nos ha mostrado que el contacto directo con la obra construida siempre aporta lecciones insospechadas, algunas de ellas quedan expresadas; otras sería prolijo relatarlas, pero seguirán operando desde la inquietud. Y, curiosamente, después de muchos años de viajes, anotaciones y disputas, entendemos mejor ahora, no sólo las obras del gótico meridional, sino las cotidianas de la arquitectura catalana de hoy. Quizás sea cierto, después de todo, que "*la originalidad es retornar al origen*".

10. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ALSINA ,FELIU i MARQUET, *Pesos, Mides i Mesures dels Països Catalans*. Ed.Curial, Barcelona, 1990.

BECHMANN Roland, *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIII s. et sa communication*. Paris,1993.

CAHIER DE FANJEAUX n.9, *Le naissance et l'essor de l'architecture gothique méridionnel*. Éd. Privat, Toulouse, 1974.

DURLIAT Marcel, *L'art dans le Royaume de Majorque*. Éd. Privat, Toulouse. Trad. por Ed. Moll, Palma, 1989.

HEYMAN Jacques, *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*, CEHOPU, 1999

LAVEDAN Pierre, *L'Architecture gothique religieuse en Catalogne, Valence et Baléars*. Ed. H. Laurens, Paris, 1935.

MAINSTONE Rowland, *Structural theory and design before 1742*, Architectural Review, abril 1968.

RUIZ DE LA ROSA José Antonio, *Traza y Simetria de la Arquitectura. En la Antigüedad y el Medievo.* Publicacions de la Universitat de Sevilla, 1987.

BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA

10.1 INTRODUCCIÓN

ACKERMAN James S, *Ars sine scientia nihil est, Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan*, The Art Bulletin, XXXI, 1949, 2, pag 84-111.

ERLANDE-BRANDENBURG Alain, *Du Moyen Age à la Renaissance. IVe siècle-début XVIe siècle*, publ. Mengès, caisse nationale des monuments historiques et des sites, Paris, 1995..

ERLANDE-BRANDENBURG Alain ,*La cathédrale*, Fayard, Paris, 1989.

LAMBERT Élie, *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècles*. Trad. en Cátedra, Madrid, 1977.

LAMPEREZ Y ROMEA, *Historia de la Arquitectura cristiana española en la Edad Media según un estudio de los elementos y los monumentos,* t.III, 2ªedic. Madrid, 1930.

PAUL, Vivian, *The beginnings of gothic architecture in Languedoc*. Art Bulletin, març 1988.

REY Raymond, *L'art gothique du Midi de la France,* H.Laurens, Editeur, Paris, 1934.

10.2 CONTEXTO URBANÍSTICO

ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional en la Edad Media: las "Ordinacions" de Jaume II (1300) en el Reino de Mallorca*, GG, 1976.

DUBY Georges, *Histoire de la France urbaine*, tome 2 , *La ville médiévale des Carolingiens à la Renaissance*. Le Seuil, 1980.

GUIDONI, Enrico, *La città europea. Formazione e significato dal IV all'XI secolo*. Electa editrice, 1987.

FANELLI, *Città antica in Toscana*. Sansoni editore, 1982.

LACARRA J.M. *El desarrollo urbano de las ciudades de Navarra y Aragón en la Edad Media.* Revista *Pirineos* n.15-16, Zaragoza, 1950.

LAURET, MALEBRANCHE, SERAPHIN, *Bastides. Villes nouvelles du Moyen-age*. Ed. Milan. Toulouse.

MORRIS, *History of urban form. Before the industrial revolution*. G.G.,1984.

TARRADELL M i d'altres, *Evolució urbana de Catalunya.* Edicions de la Magana. Inst.Mun.d'Hist.Ajunt. Barcelona.

10.3 CONTEXTO FILOSOFICO

BOUDON Philippe, *Sur l'espace architectural*, Dunod, Paris, 1971.

LLINARES Armand, *Raymond Lulle, philosophie de l'action,* publicació de Press Univ. de France, Paris, 1968.

RUBIO i LLULL A, *Ramon Llull i el concepte d'Art a l'Edat Mitjana,* Col. P.Cristiana, Barcelona, 1934.

RUIZ SIMON, Josep Mª, *L'Art de Ramón Llull i la teoria escolástica de la ciència*. Quaderns Crema, Assaig, 1999.

YATES Frances, *The Art of Memory*, Rout and Kegan P.Ltd, Londres, 1966.

10.4 MEDIDAS

ALOMAR Gabriel, *Urbanismo regional en la Edad Media: les Ordinacions de Jaime II (1300) en el Reino de Mallorca,* edit. GG, Barcelona, 1976.

BRANNER R, *Villard de Honnecourt, Archimedes and Chartres*, Journal of the Society of Architectural Historians, vol. 19, 1960.

CAZANOVE y otros. Compoix et cadastres du Tarn. *Étude et catalogue, accompagnés d'un tableau des anciennes mesures agraires*. Conseil General du Tarn. Archives départamentales, 1992.

FRANKL Paul, *The secret of the mediaeval masons. An explanation of Stornaloco's Formula*. The Art Bulletin, 1945.

TARRAGÓ Salvador, *Ensayo de medición de los espacios abovedados*, curso Las grandes bóvedas hispanas, CEHOPU, 1998.

CAHIER DE BOSCODON n.4, *L'art des bâtisseurs romans. La géométrie et les Maîtres de l'Oeuvre. La Construction: les métiers et les outils*, 1989.

WOLFF, *Commerces et Marchands de Toulouse. Vers 1350-1450. Note su les Poids et Mesures*. Paris, Librairie Plon.

ZAGRODZKI, Tadeus. *L'influence de la tradition antique de l'etendue sur le trace des plans des villes crees au moyen age*. Mélanges Crozes.

10.5 GEOMETRIA

BARNES Carl, *Le probleme Villard de Honnecourt,* colección *Les batisseurs des cathedrals gothiques*, dirigida per Roland RECHT, publicada pels Musees de la Ville de Strasbourg, 1989

BECHMANN Roland, *Les racines des cathédrales*. Ed. Payot, Paris, 1981

BESSAC Jean-Claude, *Une application géométrique intéressante: le tracé des pinacles du retable de la chapelle Notre-Dame-de-Bethléem dans l'ancienne cathédrale de Narbonne*. Actes del 2ºCol. de Història de l'art meridional. Palais des Archêveques. Nov-dec. 1990. Narbonne, 1992.

BUCHER François, *Architector. The lodge Books ans Sketchbooks of Medieval Architects*, N York, Abaris, 1979.

ERLANDE-BRANDENBURG A., PERNOUD R., GIMPEL J., BECHMANN R, *Carnet de Villard de Honnecourt, XIIIe siècle, Paris, 1986.*

FERNANDEZ SALAS José, *Geometría y función estructural en cantería. La cantería y la estereotomía de la piedra en el aprendizaje del arte de construir y otras consideraciones.* Actas del 1er Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 1996. Ed CEHOPU.

MÜLLER Werner, *Le dessin technique à l'époque gothique,* dins *Les batisseurs des cathédrales gothiques,* publicació dirigida per RECHT Roland. Ed. Les Musees de la Ville de Strasbourg.1989

PAUL Vivian, *Les épures de la chapelle N-D-de-Bethléem à la cathédrale de Narbonne*. Actes del segon Col.d'Història de l'Art Meridional. Narbonne, 1992; *The beginnings of gothic architecture in Languedoc*. Art Bulletin, 1988.

RABASA DIAZ Enrique, *Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI*. Actas del 1er Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 1996. Ed CEHOPU.

10.6 CONSTRUCCIÓN

AUBERT Marcel, *Les plus anciennes croisées d'ogives. Leur role dans la construction*, París, Picard, 1934

AUBERT Marcel, *La construction au Moyen Age*, Bulletin Monumental, CXVIII, 1960; CXIX, 1961.

BASSEGODA I NONELL Joan, *Construcción de bóvedas góticas catalanas*, BSAL, XLV, 1989, pag 133-147.

BECK Patrice y otros, *L'innovation technique au Moyen Age,* Actas de VI Congrès International d'Archéologie médiévale, Dijon 1996. Edicions Errance, Paris, 1998.

BERGÓS Joan, *Materials i elements de construcció: estudi experimental*. Barcelona, Bosch, 1953.

BESENVAL, *Technologie de la voute dans l'orient ancien*, ed. Recherche sur les civilisations. CNRS, Paris, 1984.

DERAND F, *L'architecture des voutes*. Paris, 1643.

DU COLOMBIER Pierre, *Les chantiers des cathédrales, ouvriers-architectes-sculpteurs*, Paris, Picard, 1975.

ERLANDE-BRANDENBURG Alain, Catálogo de la exposición *Les bâtisseurs des cathédrales gothiques*, Strasbourg, 1989.

FITCHEN John, *the construction of gothic cathedrals*, University of Chicago Press 1961.

GARAU Isabel, *El pont de Suria: un ejemplo de construucción medieval* (1420-1421), Conselleria de Cultura, Mallorca, 1990.

GIMPEL Jean, *Les bâtisseurs de cathédrales*, Paris : Seuil, 1985.

GUIMO Albert, *El marès a Mallorca: pedra arenisca i calcàrea,* TFC, EU Politècnica de Catalunya, 1994.

INYESTA, OLIVER, *L'habitatge popular de Mallorca*. Serra d'Or, n.366, 1990; SASTRE MOLL J *Canteros, picapedreros y escultores en la Seo de Mallorca y su proceso constructivo,* Boletín de la Societat Arqueològica Luliana, 77-79, Palma, 1993.

MAGRO MORO Julian y MARIN SANCHEZ Rafael, *La construcción en la baja Edad Media*, Universidad Politécnica de Valencia. Colección: libro docente, 1999.

RABASA Enrique, *Forma y Construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Ed. Akal, 2000

ROSSELLO M. Isabel, *El marès a través de la arquitectura popular i vilatana del pla de Mallorca,* TFC, EU Politècnica de Catalunya,1988.

THOMPSON D'Arcy, *On growth and Form*. Cambridge Univ. Press, 1961. Trad. castellà ed. Blume, 1980.

10.7 ESTRUCTURA

ACLAND James, *Medieval structure: the gothic vault,* Toronto University Press, 1972.

BENVENUTO Edouardo, *An introduction to the History of structural mechanics*. Ed Verlag, New York, 1981

BLONDEL *Cours d'architecture*. París, 1698.

CASSINELLO PLAZA M Josefa, *Bóvedas góticas españolas. Influencia de la configuración constructiva actual en su estabilidad*. Actas del 1er Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 1996. Ed CEHOPU.

GARCÍA Leoncio, *Fundamentos físicos de la construcción medieval: arcos y puentes*, dentro de *La técnica de la arquitectura medieval*, publicación de la Universidad de Sevilla.

HEYMAN Jacques, *Historia y restauración de estructuras de fábrica,* Colección de Ensayos. Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, 1995.

HEYMAN Jacques, *La ciencia de las estructuras*, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, 2001.

HUERTA Santiago, *Mecánica de las bóvedas de la catedral de Girona*, en apuntes del Curso *Las grandes bóvedas hispánicas* llevado a cabo en Madrid 1997, S. Tarragó (ed), CEDEX, 1998, pag 53-65.

HUERTA Santiago, *Mechanics of masonry vaults: the equilibrium approach*, publicado en *Actas del Congreso Historical Construction 2001. Possibilities of numerical and experimental techniques.* 3er Seminario Internacional, Guimaraes, Un Minho, nov 2001

LEONTOVICH Valerian, *Pórticos y arcos. Soluciones condensadas para el análisis estructural*. Ed Continental, Mexico, 1961.

LOPEZ MANZANARES Gema, *Proyecto y cálculo de cimbras en el siglo XVIII*. Actas del 1er Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 1996. Ed CEHOPU.

RUBIÓ I BELLVER J, *Conferencia acerca de los conceptos orgánicos, mecánicos y constructivos de la catedral de Mallorca*, Anuario dde la Asociación de Arquitectos de Cataluña 1912, pag 87-140.

SWIDA W, *Estática de arcos y bóvedas. Teoría del arco simple*. ETS Karlshuhe. Editorial Dossat, Madrid, 1963.

10.8 ARQUITECTURA CISTERCIENSE

BAGNERIS, Francçois i d'altres, *Anciennes abbayes en Midi-Pyrénées*. Addocc M-P. 1991.

LAMBERT Elie, *L'art gothique en Espagne aux XIIe et XIIIe siècle,* Paris, 1931.

DALMASES Núria, JOSE i PITARCH Antoni, L'época del Cister, s XIII. Història de l'art català. Vol II, ed 62, Barcelona, 1985.

DURLIAT Marcel, *L'art ancien dans le Département du Tarn*, dins Congrès Archéologique de France, 140e session, 1982, *Albigeois.* Paris, 1985.

LAMBERT Élie, *Abbayes et cathédrales du Sud-Ouest, Edit. Privat, Toulouse, 1958.*

MARTINEZ Ignacio, "*La arquitectura cisterciense en Aragón, 1150-1350*". Tesis doctoral dirigida por el Dr. Gonzalo Borrás, Institución Fernando el Católico (CSIC). Diputación Provincial de Zaragoza, 1998.

PAUL Vivian, *The abbey church of Valmagne* en *Mélanges Anselme Dimier*. 1982

BIGET Jean-Louis, PRADALIER Henri, PRADALIER-SCHLUMBERGER Michelle, *L'art cistercien dans le Midi toulousain*, en.*Les cisterciens de Languedoc (s.XIII-XIV)*, cahiers de Fanjeaux n.21, Privat, Toulouse, 1986.

GALINIER Jean-François, *L'abbaye de Fontfroide en Languedoc dans son contexte historique et artistique*, tesi doctoral sota la direcció de DURLIAT Marcel, Univ. Toulouse Le Mirail, 1975.

DURAND Geneviève *L'eglise de l'abbaye cistercienne de Siylvanes*. Centre d'Archeologie medievale du Languedoc. Toulouse, 1982.

BIGET J.L.,.PRADALIER H, PRADALIER_SCHLUMBERGER M*. L'art cistercien dans le midi toulousain*. Cahier de Fanjeaux n.21, Toulouse, 1986.

10.9 ARQUITECTURA MENDICANTE

CARBONELL-LAMOTHE Ivette, *Recherches sur la construction du couvent des Cordeliers de Toulouse,* dins *Toulouse et sa region,* dirigit per Pierre de Fermat. Actes du XXI Congrés d'études regionals. Maig, 1995. C. Nat. Rech. Scient. Toulouse, 1966.

DURLIAT Marcel, *Le role des ordres mendiants dans la création de l'architecture gothique méridionale,* en *La naissance et l'essor du gothique méridional au XIIIe siècle*, Cahier de Fanjeaux 9, de. Privat, Fanjeaux, 1974.

LAMBERT Elie, *L'église et le couvent des Jacobins de Toulouse et l'architecture dominicaine en France,* Bulletin Monumental CIV, 141-186.

LE GOFF y otros, *Les mendiants en pays d'Oc au XIIIe siecle*, Cahier de Fanjeaus VIII, 1973.

MEERSSEMAN G*, L'Architecture dominicaine au XIIIe siècle, législation et pratique*, AFP XVI, 1946.

MONTAGNES Bernard, *Architecture dominicaine en Provence*. Ed. du CNRS. Paris, 1979.

MONTAGNES Bernard, *L'attitude des Prècheurs à l'égard des oeuvres d'art*, Cahier de Fanjeaux 9, 1974. Toulouse, 1974.

PRIN Maurice, *L'église des jacobins de Toulouse: les étapes de la construction*, dins Cahier de Fanjeaux 9. Toulouse, 1974.

PRIN Maurice, *L'église des Jacobins de Toulouse: les étapes de la construction, La naissance et l'essor du gothique méridional au XIIIe siècle.* Cahier de Fanjeaux 9. Toulouse, 1974.

PRIN Maurice, *Les Jacobins,* dentro de Congrès Toulousain et Comminges, Congrès Archeologique Français, Paris, 2002.

SUNDT Richard, *The Jacobin Church of Toulouse and the Origin of its Double-Nave plan,* Art Bulletin June 1989, vol.LXXI n.2, pag. 187-202.

STYM-POPPER Sylvain, *L'ancien couvent des Jacobins de Toulouse*, les Monuments Historiques de la France, XIV, 2, 1968

VICAIRE M, *Le financement des Jacobins de Toulouse: condicions spirituelles et sociales des constructions (1229-ca.1340 La naissance et l'essor du gothique méridional au XIIIe siècle.* Cahier de Fanjeaux, IX. Toulouse, 1974.

ZARAGOZÁ CATALÁN Arturo, *Naves de arcos diafragma y techumbre de madera en la arquitectura civil valenciana*. Actas del 1er Congreso Nacional de Historia de la Construcción, 1996. Ed CEHOPU

10.10 GOTICO CATALÁN

ALMUNI Maria Victòria, *La construcción medieval de la catedral de Tortosa. Integración y originalidades respecto del modelo catalán*. Actas del Coloquio de la Carl Justi-Vereinigung de Gotinga, 1994. Ed Vervuert – iberoamericana, 1999

ALONSO GARCÍA Gabriel, *Los maestros de la Seu Vella de Lleida y sus colaboradores*, Lleida, Instituto de Estudios Ilerdenses, CSIC, 1976.

BERGÓS Joan, *La catedral vella de Lleida* (col. St.Jordi, n.14), Barcelona, 1928.

BANGO TORVISO Isidro, *La catedral de Lleida. De la actualización de una vieja tipología templaria, conservadurismos y manierismos de su fábrica.* Universidad Autònoma de Madrid.

CIRICI Alexander, GUIMI Jordi, *L'art gòtic català. L'arquitectura als segles XIII i XIV.* Capítol I: *El s. XIII: gòtic monàstic.* Edicions 62. Barcelona, 1974.

DE DALMASES Núria i JOSÉ i PITARCH Antoni, *Historia de l'art català, II- l'època del cister, s.XIII*, Barcelona, 1985.

FUGUET SANS J, *Contribució a l'estudi dels origens del gòtic meridional: influència de l'arquitectura popular en les construccions templeres i cistercenques catalanes*, Miscel.lània en homenatge a Joan Ainaud de Lasarte, I, Publicacions de l'Abadia de Monserrat, Barcelona, 1998, pag 225-236.

PLADEVALL Antoni, BRACONS Josep, FREIXAS Pere y otros, *L'art gòtic a Catalunya*. *Arquitectura*. 3 vols. Enciclopedia Catalana, Barcelona, 2002.

PUIG I CADAFALCH: *El problema de la transformació de la catedral del Nord importada a Catalunya*. Extret de *Miscellania Prat de la Riva*, B. 1927.

SARRET i ARBOS Joaquim*, Història de Manresa*, Monumenta Historica Civitatis Minorisae. Manresa 1925.

SUREDA Joan, BARRAL Xavier, LIAÑO Emma, *Las Baleares* y *Cataluña 1,*colección *La España Gótica* Ediciones Encuentro, 1984.

TORT I MITJANS Francesc, *Santa Maria del Mar, catedral de la Ribera*, edit. Fund.Uriach, 1990.

YARZA Joaquín y otros, *Arte Medieval II, Románico y gótico*. Colección de fuentes y documentos para la historia del arte, GG, 1982.

Girona

FREIGANG Christian, *Solemnius, notabilius et proporcionabilius. Les expertises de la construction de lal cathédrale de Gérone. Réflexions sur le discours architectural au Moyen âge*, dentro de *Pierre, lumière, coleur. Etudes d'histoire de l'art du Moyen Age en l'honneur d'Anne Prache*, Paris, Presses universitaires de la Sorbonne, 1999.

FREIXAS Pere y otros, *Proyecto Progress*: *La catedral de Girona. Redescobrir la seu romànica*. Publ del Ajuntament de Girona, 2000.

FREIXAS Pere, *L'art gòtic a Girona, s XIV-XVI*, monografias de l'Institut d'Estudis Gironins, n.9, 1983.

GUILLERÉ Christian, *Girona medieval. L'etapa d'apogeu. 1285-1360*. Quaderns d'historia de Girona, diputació de Girona, 1991.

SERRA i RAFOLS E, *La nau de la Seu de Girona*, Miscel.lània Puig i Cadafalch, I, Barcelona, Institut d'Estudis Catalans, 1947-1951

Mallorca

ADAMS CRAM Ralph, *The cathedral of Palma de Mallorca. An architectural study*, Cambridge, Massachusetts: the Mediaeval Academy of America, 1932 (reeditada en Nueva York, kraus Reprint, 1971).

ALOMAR Gabriel, *La capilla de la Trinidad, panteón de los reyes de la casa de Mallorca*, Cuadernos de Arquitectura, 1949, 10, pag 453-458.

ALOMAR Gabriel, *Guillem Sagrera y la arquitectura gótica del XV*, Barcelona, Blume, 1970.

CARBONELL-LAMOTHE Ivette, *Architectes languedociens et majorquins au début du XIVe siècle*, Majorque, Languedoc et Roussillón de l'Antiquité a nos jours, Palma, SAL, 1982, pag 61-76.

DOMENGE Joan, L'obra *de la Seu. El procés de cnstrucció de la catedral de Mallorca en el tres-cents*. Palma, Institut d'Estudis Baleàrics, 1997.

DOMENGE Joan, *La catedral de Mallorca*, dentro de *La arquitectura gótica en España*, Actas del Coloquio de la Carl Justi-Vereinigung y del Seminario de Historia del Arte de la Universidad de Göttingen, feb 1994.

LAVEDAN Pierre: *Palma de Majorque et les Iles Baléares*. Ed. H. Laurens, Paris, 1936.

10.11MEDIODÍA FRANCÉS

BONDE Sheila, *Fortress-churches of Languedoc. Architecture, Religion and Conflict in the High Middle Ages.* Cambridge University Press, New York, 1994.

DURLIAT Marcel, *L'architecture gothique méridionale au XIIIème siècle*. École antique de Nîmes, Bulletin Annual, VIII-IX, 1973-74.

FREIGANG J, *Le chantier de Narbonne* i *Jacques de Fauran*, en *Les batisseurs des cathédrales gothiques*, publ. Roland Recht, Ed.Musées de la Ville De Strasbourg.

HATCH Barbara *L'eglise a nef unique du XII siecle dans le Departement des Pyrenees Orientales*. Tesi doctoral, Universitat Toulouse-Le Mirail. 1990.

Albi

BIGET Jean-Louis, *La cathédrale Sainte-Cecile d'Albi, L'Architecture*, dins Congrès Arch.n.140, Albigeois. Op. Cit. Pag. 20; AURIOL Ch. *La cathédrale d'Albi,* dins Congrès Arch…92e session, Toulouse, 1929.

PRADALIER Henri, *Le Palais de la Berbie*, dins Congrès Arch… Albigeois. Op. Cit. Pag. 122; LAGGER chan, *Le chateau des évêques d'Albi,* dins Congrès Arch… 92e session, Toulouse, 1929.

LARAN Jean, *La cathédrale d'Albi*. Edit. Privat, Toulouse.

PRADALIER Henri, *Le Palais de la Berbie,* dins Congrès Archéologique de France n.140, *L'Albigeois,* Paris, 1985.

Toulouse

CAZES Daniel, CARBONELL-LAMOTHE Yvette, PRADALIER-SCHLUMBERGER Henri, *Recherches sur la cathédrale de Toulouse,* Mémoires de la Société Archéologique du Midi de la France, t.XLIII, 1979-80.

DROCOURT Daniel, *Le voutement de la nef raymondine de la cathédrale de Toulouse*, *dins La naissance et l'essor du gothique méridional au XIIIe siècle*. Cahier de Fanjeaux n.9. Toulouse, 1974.

DURLIAT Marcel, *Reconversion et maturation. S.XIII*, pag. 119- 180, dins de *Histoire de Toulouse*. Toulouse, 1988.

CARBONELL-LAMOTHE, Ivette en *Rercherches sur la construction de couvent des Cordeliers de Toulouse*, dins *Toulouse et sa region*. Actes du XXI Congrés d'études regionnels, maig, 1965. C.N.R.S, Toulouse, 1966.

Creditos fotográficos. Todas las imágenes son realizadas por el autor, a no ser que se especifique lo contrario.

Créditos gráficos (planimetrías, fotomontajes, etc): todas los gráficos han sido realizados por el autor. Cuando se toma alguna base gráfica de soporte (un plano histórico que se redibuja y completa…), en general se especifica a pie de página. El resto, son resultado de las mediciones realizadas.