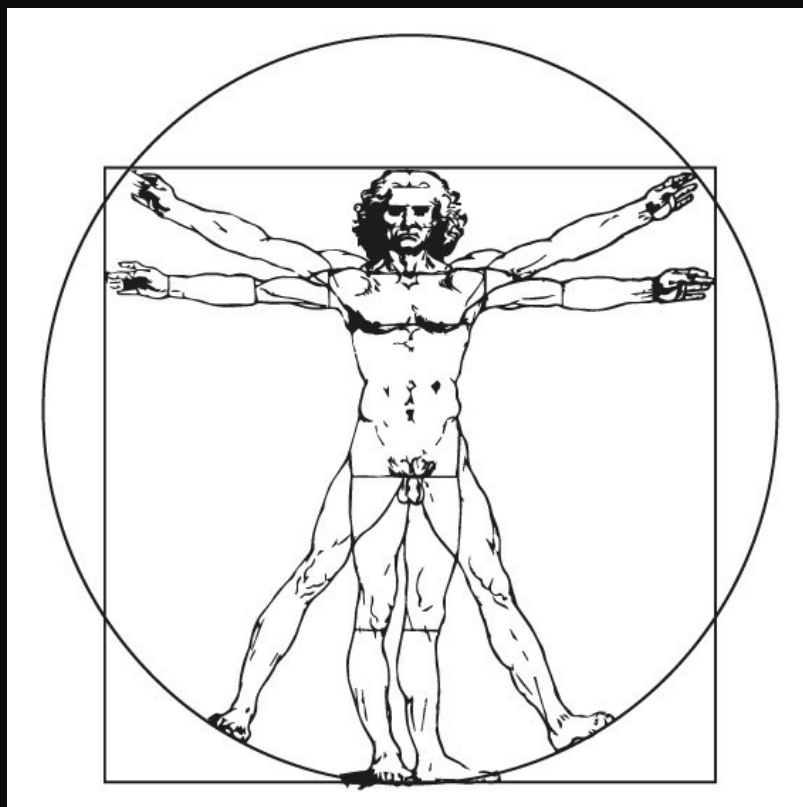




ENRIC DILMÉ
d'arquitecte



1

LA QUADRATURA DEL CERCLE¹

APROXIMACIÓ A LA METROLOGIA I LES PROPORCIONS EN L'ARQUITECTURA
MEDIEVAL CATALANA

¹ Treball del curs de doctorat: Arquitectura Gòtica Meridional, Història de la Construcció, Història de la Conservació, dirigida per Joan Domenge professor de Departament de Història de l'Art de la Universitat de Barcelona, Juny 2007.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

“...Conviene que el arquitecto esté versado en las Letras, para poder afirmar su memoria mediante libros. Debe saber dibujo, para mostrar más fácilmente, mediante modelos dibujados, la figura de la obra que desea realizar. Le será de gran ayuda la Geometría, que le adiestrará especialmente en el uso de la regla y el compás, con cuyo auxilio trazará mucho más fácilmente las plantas de los edificios, y sabrá mucho levantar a escuadra i a nivel los planos de ellos...”

Vitrúvio, Los diez libros de Arquitectura

(Llibre primer, capítol primer, pàgina 6 de la traducció de A. Blánquez, Barcelona, 1980)



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ

- 1.1 OBJECTIUS
- 1.2 LÍMITS ESPACIALS I TEMPORALS
- 1.3 METODOLOGIA

2 LES TRADICIONS OPERANTS

- 2.1 L'ARQUITECTE
- 2.2 LA BASE GEOMÈTRICA
- 2.3 LA BASE MÈTRICA

3. ANÀLISI PROPOSAT

- 3.1 LA TRIA DELS EXEMPLES
 - 3.1.1 ÈPOCA ALTMEDIEVAL
 - 3.1.1.1 SANT PERE RODES
 - 3.1.1.2 SANT VICENÇ DE CARDONA
 - 3.1.1.3 LA SEU VELLA DE LLEIDA
 - 3.1.2 ÈPOCA BAIXMEDIEVAL
 - 3.1.2.1 SANTA MARIA DEL MASR
 - 3.1.2.2 LA CATEDRAL DE MALLORCA

4. CONCLUSIONS

5. BIBLIOGRAFIA

6. GLOSARI



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

1 INTRODUCCIÓ

1.1 OBJECTIUS

Hom pot comprobar com sovint la recerca de la història de l'arquitectura sobre la base de la teoria d'estils deixa de banda l'anàlisi dels processos de concepció i de construcció dels edificis. Aquest fet ha portat a atzucacs o a errors d'interpretació que l'estudi mètric i constructiu de les obres ajuda a desfer. El treball que proposem vol centrar-se en la base metrològica de l'arquitectura catalana de l'edat mitjana a través dels estudis fets a alguns edificis i la seva transposició a d'altres encara no estudiats sota aquest prisma.

La bibliografia des del tombant del segle XX² vincula majoritàriament la singularitat del gòtic meridional (concepció espacial, austeritat i simplicitat) amb la persistència del món clàssic a través del romànic³. Algunes veus contemporànies⁴ entenen que l'herència de l'antiguitat, tot i donar-se en l'arquitectura gòtica meridional, no seria una excepció sinó un fet que l'homologa a l'europea. La base de la seva diferenciació estaria en la forma d'aplicació dels coneixements heretats i en la voluntat d'estil.

En tots els casos però hi ha un denominador comú: la continuïtat de les mesures i proporcions des de l'antiguitat fins a l'edat mitjana i, per tant, la transferència al gòtic des del romànic.

² En l'article de J. Domenge sobre "Santa Maria del Mar i la historiografia del gòtic meridional" (Barcelona Quaderns d'història, núm. 8, 2003) es recull l'opinió d'en Raymon Rey pel qual "...El sud va desenvolupar una estètica diferent, més vinculada al passat romànic i, en definitiva mediterrani..." (pàg. 187). Més endavant al fer referència a Èmile Mâle es comenta com per aquest autor "...els mestres cerquen, com els antics, la bellesa dels grans espais lliures i sacrifiquen l'amplada a l'alçada..." (pàg. 189). També es recull el parer d'en Joan Rubió i Bellver quan manifesta respecte a la Catedral de Mallorca "...En la Seu la deixa ancestral de les supervivències bizantines i romanes, a través dels estils llombards, ha feta reviure amb saba nova i poderosa, l'arquitectura de tres dimensions a la qual nos referirem un altre dia..." En el repàs que fa l'autor de l'article se cita al noucentisme pel qual "...el corrent noucentista, amb les seves evocacions mediterrànies i del món clàssic -potser més visibles en les arts gràfiques i plàstiques- legitima la reivindicació del gòtic meridional pel seu vincle amb el món clàssic..." (pàg. 192). Recull tanmateix l'opinió d'en Pierre Lavedan quan diu "...el professor de la Sorbona ho considera un tret mediterrani que es veu en l'arquitectura romànica provençal i a la casa mediterrània, que 'avec ses terrasses et un cube', diu..." (els subratllats són nostres).

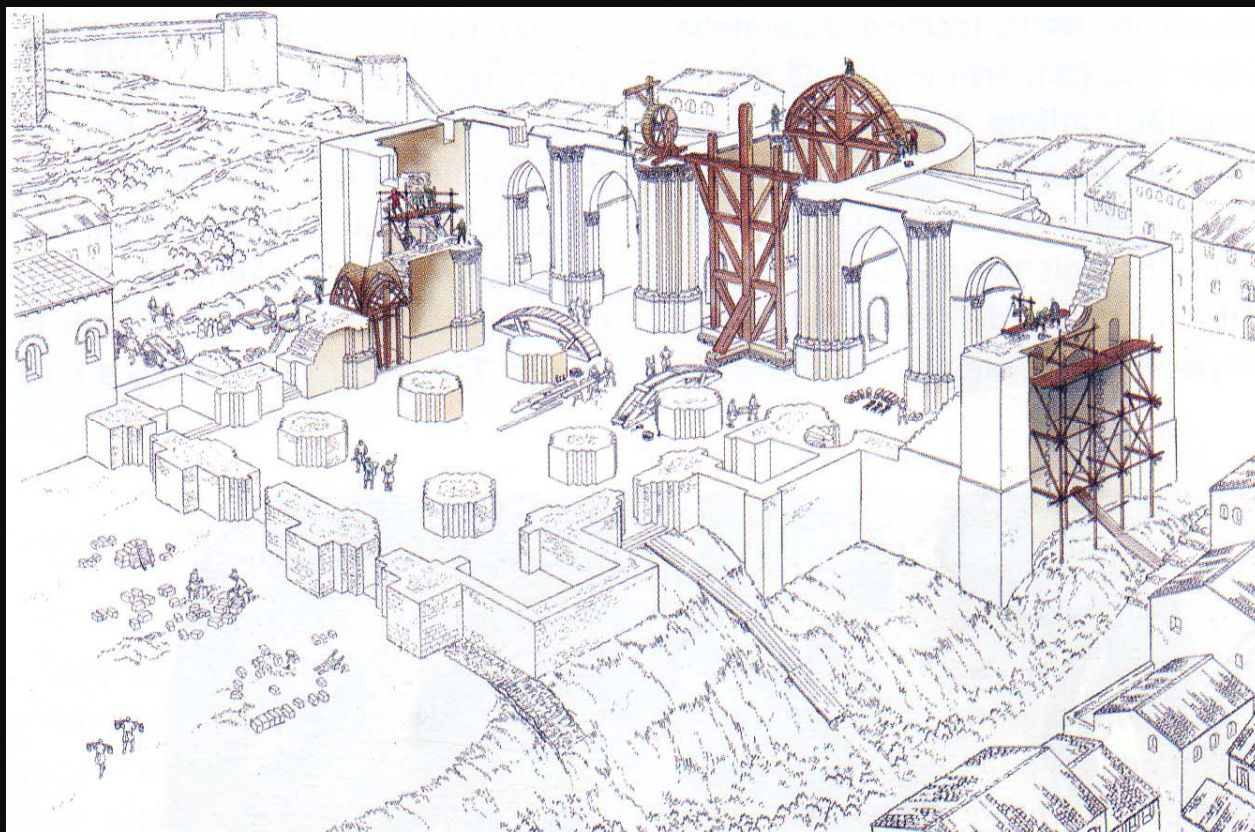
³ En l'esmentat article d'en J. Domenge es conclou dient "...D'altra banda, a partir de dades més concretes i coneixements més amplis, es valorarà millor l'abast que les experiències constructives arrelades a la tradició romana tingueren en l'arquitectura meridional de la Baixa Edat Mitjana. Potser així serà possible no sol fonamentar un discurs que relativitzi el caràcter antitètic perpetuat per la crítica de memòria vasariana entre l'arquitectura antiga i gòtica, sinó també argumentar millor en quin sentit i fins a quin punt la deixa clàssica marca l'arquitectura gòtica meridional i la singularitza respecte a les experiències nòrdiques..." (els subratllats són nostres).

⁴ Com ara J. Bracons en la introducció al dossier "La quadratura del gòtic. Catedrals Catalanes" de la revista L'Avenç núm. 289 (març 2004, pàgs. 22-23). En el mateix número V. Almuni, "La catedral de Tortosa, aproximació a la seva geometria i proporcions", pàg. 47-49.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

En la nostra recerca, hem trobat treballs que fan referència a la metrologia en edificis d'època romànica⁵ i altres que se centren en les proporcions gòtiques⁶. També n'hi ha que estudien les construccions "d'evolució" com la Seu Vella de Lleida⁷ o les de "resistència" com les de la Vall de Boí.



Recreació de la construcció de la Seu Vella de Lleida per M. Macià i J. Ll. Ribes (2004: 25)

⁵ Treballs d'en J. F. Esteban Lorente en algunes esglésies romàniques aragoneses (revista Artigrama núm. 13,14,15 i 20), d'en A. Villamajor sobre "les proporcions en el romànic andorrà" (Butlletí del comitè andorrà de ciències històriques núm. 3, 1991) o la tesi doctoral inèdita d'en Rafael Vila Rodríguez sobre "un sistema geomètric de composició en l'arquitectura romànica catalana dels segles X-XII" (UPC, 1985)

⁶ Com ara la tesi doctoral d'en José Carrasco Hortal sobre "L'estructura gòtica catalana: Sobre los conceptos de medida i espacio. El problema de la forma en la cubierta" (UPC, 2002). J. Bracons article sobre Santa Maria del Mar, "arquitectura ad quadratum", L'Avenç núm. 289 (març 2004, pàgs. 40-45).

⁷Agafem la definició que fa M. Macià i J.-L. Ribes en l'article "La Seu Vella de Lleida i la tradició clàssica mediterrània" (L'Avenç núm. 289, març 2004, pàgs. 24-31) on a través de recerques arqueològiques es constata que estem davant d'un projecte unitari on les cobertes ogivals ja formaven part de la concepció inicial en contra de la idea d'arquitectura de transició donat a obres com la Seu de Tarragona, Sant Cugat del Vallès o la Seu Vella de Lleida per autor com J. A. Adell i F. Español ("Breus notes propòsit de fenomen de les supervivències d'estil en les arquitectures pre-romànica i romànica i llur terminologia", IEC, 1985). En el mateix article es defineix com arquitectura de resistència obres com les esglésies de Taüll, Sant Climent o Santa Maria.



Volem estudiar la continuïtat del sistema de mesures, proporcions i geometria aplicada entre l'arquitectura romànica i gòtica catalana a través d'exemples temples significatius (ho centrem en aquesta tipologia perquè és la manifestació arquitectònica d'aquell període que conserva més i millors exemples). La tria es fa en funció de la cronologia dels edificis (per tal de cobrir el període històric en estudi) i de la bondat de la documentació planimètrica disponible.

1.2 LÍMITS ESPAIS I TEMPORALS

Centrar l'estudi de la transmissió del coneixement projectual a l'edat mitjana en els territoris catalans té l'avantatge d'analitzar edificis que pertanyen a corrents singulars dintre dels estils de l'època. A banda de l'esmentada originalitat del gòtic meridional cal recordar que l'arquitectura de l'època altmedieval (finals del segle X i fins al segle XI) a causa del distanciament amb els reialmes peninsulars, els contactes amb Itàlia i Alemanya, els llaços dels contes catalans amb el Papat i la influència de les idees cluniacenses van generar un art que per a J. Puig i Cadafalch constitueix "l'edat d'or de l'arquitectura catalana"⁸ (Puig i Cadafalch, Falguera, Godoy, 1930).

L'estudi intenta abastar el període de l'època medieval des de mitjans del segle X fins a finals del XV. Les límits serien l'acta de consagració de l'església de Sant Miquel de Cuixà, l'any 974, i la consulta per la continuïtat de la catedral de Girona, l'any 1416.

Pel que fa a la primera data recordem que és a partir de la segona meitat del segle X quan es donen les condicions per una renovació de l'arquitectura de l'antiguitat tardana i es desenvolupa una nova arquitectura monumental anomenat estil "nacional" o "propi" on la consagració de Sant Pere de Rodes, l'any 1022, marcaria el final aquest període (Adell, 1988). A partir del primer quart del segle XI apareix un tipus d'edifici lligat amb una nova concepció de la construcció que té l'origen en el nord d'Itàlia i que coneixem com a "arquitectura llombarda" o "primer art romànic" (Puig i Cadafalch, 1930). Respecte a la data de la consulta i aprovació de la continuació de la catedral de Girona amb una nau única s'escull per la rellevància de la discussió i per la resolució final que implicarà la culminació de les naus úniques a Catalunya.

⁸ Es conegut l'interès d'en Puig i Cadafalch per posar l'èmfasi en la continuïtat territorial de l'estil romànic des de les terres catalanes cap al centre d'Europa i la discontinuïtat cap a l'interior de la península Ibèrica (R. Grau, 2003).



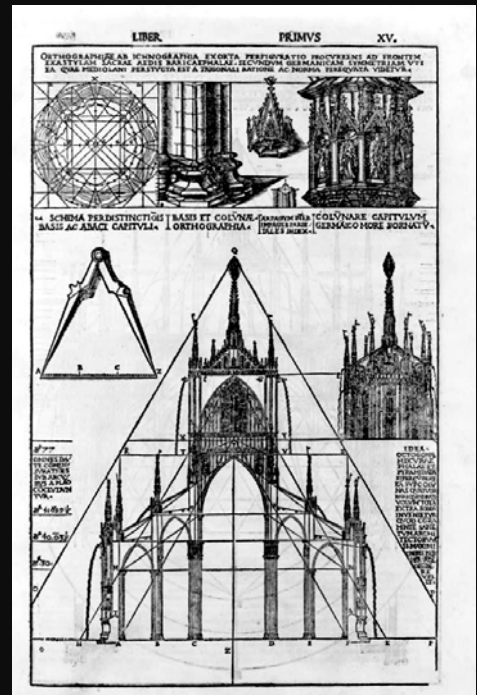
ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

1.3 METODOLOGIA

El treball s'enceta amb una aproximació bibliogràfica als processos de concepció i posta en obra de les construccions medievals. En aquest apartat en fa un repàs de “les tradicions operants” des de la base geomètrica a la metrològica passant per les persistències de coneixements heretats de l'antiguitat (molt especialment dels llibres de Vitruvi) així com de la tradició constructiva mediterrània. S'intenta a través d'aquesta recerca saber com els estudiosos concreten tant les bases projectuals de l'època altmedieval com de la baixmedieval.

La segona part és un exercici de comprovació de les indicacions apuntades per la bibliografia en exemples d'aquest període històric. Tot i no trobar informació topogràfica homogènia, l'exercici s'ha concentrat en la planta per entendre que és una projecció rellevant a l'hora de trobar les bases mètriques i proporcionals. Cal dir que les simulacions que desenvolupem sobre la planimetria és un intent de cercar relacions de proporció entre les parts de les plantes i no pas el traçat original.

Igual que J. Heyman amb el seu teorema de la seguretat afirma, respecte a l'estabilitat de la fàbrica, que si es pot trobar una posició qualsevol (que no té per què ser la real) para la línia d'empentes dintre de la secció de l'edifici és una prova definitiva de que l'estructura és estable nosaltres ens atrevim a afirmar que si trobem un traçat regulador és perquè l'edifici ha estat pensat absolutament des de les proporcions.



Traçat ad triangulum de Cesare Cesariano en *Studio sulle proporzioni e dettagli del Duomo di Milano*, in un'incisione dell'architetto Cesare Cesariano, tratta dal *De architectura* di Vitruvio, edizione del 1521 <https://commons.wikimedia.org>.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

2 LES TRADICIONS OPERANTS

2.1 L'ARQUITECTE

Sobre la forma de dissenyar i construir els edificis en l'època medieval sembla no existir una base documental continua que permeti resseguir els processos de producció i les pervivències projectuals des del segle X al segle XV. Així, mentre que en el món de l'arquitectura d'època baixmedieval es té un bon coneixement no passa el mateix amb l'època altmedieval (Adell, 1998).

No hi ha discussió entre els estudiosos del romànic a l'hora d'assegurar que existeix una idea global prèvia a la construcció d'un edifici⁹. Aquesta seguretat es torna hipòtesi quan es vol concretar els protagonistes d'aquest procés i les tasques que desenvolupaven. Es parla de tres figures principals: el promotor, el tracista o arquitecte i el constructor o mestre d'obra. Tanmateix, aquestes feines podien ser assumides per una mateixa persona¹⁰.

El promotor fixaria el concepte arquitectònic i fins i tot podia determinar les solucions formals (en aquesta època els monjos-arquitectes tenien una bona formació clàssica amb coneixements de matemàtiques i de Vitruvi)¹¹. El tracista imaginaria l'obra acabada i plantejaria la seva base treballant amb una documentació gràfica de l'estil del plànol de *Sankt Gallen*. El constructor per la seva banda traduiria el plànol conceptual a l'obra a través de la seva formació pràctica.

Aquesta dificultat per destriar la funció dels principals protagonistes en l'època romànica es va aclarint quan parlem del gòtic. Es dona per segur que l'arquitecte i el mestre d'obra eren la mateixa persona. La seva formació passava d'aprenent (de 5 a 7 anys) a oficial, i després d'un període de pràctica d'alguns anys en diferents obres, sovint lluny de casa, arribava a ser mestre d'obres¹² (N. Coldstram, 199).

⁹ Al monastir de Sant Pere de Rodes el terreny de partida va se creat *ex-novo* amb importants treballs de desmunt i terraplenat fet que fa dir a J. A. Adell que el terreny es va "construir". Es per tant lògic que aquest important esforç de concreció d'una superfície de partida només tingués sentit si es té una idea de conjunt prèvia.

¹⁰ En aquest sentit podem parlar del monjo Esclua de Sant Martí de Canigó que era alhora promotor, tracista i constructor (Adell, 1998). Per la seva banda Raymond Oursel es fa resó d'aquesta dualitat quan parla del "...debatit problema dels homes d'església constructors i dels monjos en particular..." (1970: 43).

¹¹ Segons J. A. Ruiz de la Rosa es conserven no més de dinou codexs de Vitruvi entre el segle VIII i XII. Per la seva banda J.F. Estevan parla del llibre de Vitruvi com un text molt estudiat a l'edat mitjana fent referència als autors C. H. Kinsky, L. Cervera i C. Heitz, per recolzar la seva afirmació.

¹² Els investigadors alemanys defineix aquest període de la via del constructor com "*Wanderjahr*" quelcom similar al que avui denominaríem "*viatge d'estudis*".



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

Els arquitectes d'època baixmedieval no distingien l'art de traçar plànols de l'art de construir. El seu bagatge era eminentment pràctic i es basava en l'experiència acumulada en anys d'aprenentatge en contacte amb les obres on a la transmissió del saber i la tradició local es sumava l'estudi dels edificis existents o en construcció.¹³ Les eines bàsiques eren la regla i el compàs a partir dels quals arribaven a desenvolupar complexes solucions mitjançant senzills procediments. No és estrany doncs que aquest fonament geomètric es denominés també: geometria bàsica o de regla i compàs.



El rei i la vida del seu constructor segons "La vida dels Sants Albano i Amfibal" de Matthew Paris, reproduït per N. Coldstream (1991: 11). El mestre d'obra porta d'esquadra i el compàs i mostra al rei l'estat de l'obra.

¹³ En la seva esfera l'arquitecte no tenia que respondre davant de ningú i era el centre de tot el projecte. La consciència que tenia de si mateix com persona digna i estimable era evident en el segle XIII, època en que eren enterrats en elegants tombes dintre de les esglésies (Coldstream, 1991). La seva reputació podia ser tant gran com demostra el fet de que fossin cridats des de qualsevol lloc per saber el seu poder, com queda palès en les visures de Girona o Milà.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

L'esquadra era l'instrument que dominar en la iconografia dels segles XI al XIII (Villard d'Honnecourt el representa amb freqüència) mentre que el compàs ho fa en els segles XIII i XVI. En tot cas, les "tradicions operants" en l'arquitectura medieval es poden sintetitzar en tres: la gràfica, la numèrica i la geomètrica. La gràfica inclou dibuixos, plànols i maquetes com a mitjà de control formal; la numèrica i les seves combinacions des de la mètrica i la proporció com a quantitat i com abstracció i, per últim, la geomètrica amb la utilització de figures i les seves associacions per generar formes i poder-les construir (Ruiz de la Rosa, 1987 i 2005).

És evident que les tres "tradicions operants" són inseparables i que formen part d'un mateix procés de disseny. Pel que fa a la base numèrica i a la geomètrica la seva interrelació les fa indestruïbles. Podríem com a molt apuntar quan ha tingut més pes la mètrica i quan la geometria en el procés de disseny. J. A. Ruiz de la rosa recorda a R. Wittkower per sostenir que en els períodes clàssics (on s'inclou l'etapa carolíngia) així com en el Renaixement predomina la faceta numèrica mentre que l'edat mitjana es decanta per la geometria pitagòrica-platònica dels artesans.

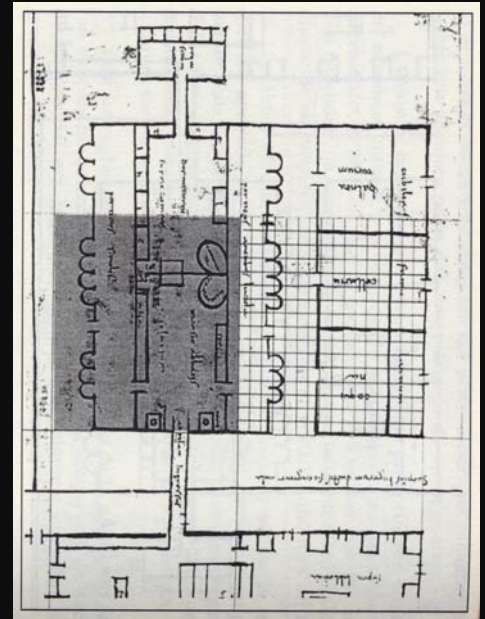
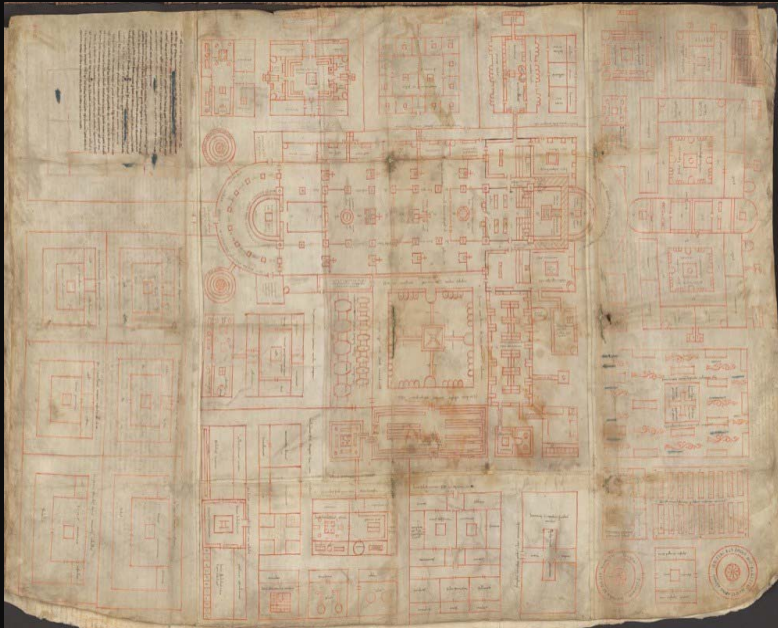
La base numèrica és la que regeix el traçat del plànol de *Sankt Gallen* (datat cap al 820-30) on perduren els mètodes clàssics de presentació (projecció ortogonal, cotes, convencions i especificacions escrites). Es tracta d'un esquema formal i funcional ordenat per una quadrícula de 40 i 2,5 peus carolingis realitzat a una escala rigorosa (1/192) que controla des dels edificis al mobiliari.¹⁴ Pot ben ser que aquesta base numèrica fos la referència conceptual dels edificis d'època altmedieval sobretot de l'arquitectura monacal. De fet, tal com hem comentat, la bibliografia ens mostra les abadies com centres de formació de monjos-arquitectes on aprenien les matemàtiques de l'antiguitat grega així com el tractat de Vitruvi¹⁵.

¹⁴ És interessant remarcar com aquest plànol és la traça més propera a un esbós arquitectònic que existent sobre suport tou anterior al segle XIII. De fet no és l'original sinó una còpia del segle XII d'un dibuix del segle IX fet cap l'any 821. Es tracta d'un plànol conceptual no pròpiament arquitectònic on no es marquen els gruixos de cap element constructiu.

¹⁵ Marco Luci Vitruvi Polió fou enginyer i arquitecte romà al servei de Juli Cèsar i d'Octavi Cèsar August que cap l'any 15 a. d. Escrigué el tractat dedicat al seu patró Cèsar August titulat *Deu llibres sobre la arquitectura*.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte



Plànol de Sant Gall (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Codex_Sangallensis_1092_recto.jpg). Detall del plànol de St. Gall de la trama de la casa de l'Abad. Trama geomètrica i modulació. Hipòtesi d'en Horn i Born reproduït per J.A. Ruiz de la Rosa (2002: 62).

Aquestes quadrícules parteixen d'una unitat mètrica (generalment el peu) que generen uns mòduls de proporcions que a banda de raons pràctiques (facilitar la translació a l'obra) tenien sentit simbòlic (d'arrel clàssica i bíblica). La formació monacal no s'estenia als gremis que es recolzaven en la geometria pràctica sense vel·leïtats erudites. La diferent formació entre els mons monacal i gremial, és a dir, una més “acadèmica” i una altra més “pràctica” podria explicar la disparitat d'opinions a l'hora d'avaluar el nivell cultural dels arquitectes. Així mentre n'hi ha que afirmen que eren quasi analfabets (Merino de Càceres, 2006) altres defensen que eren persones erudites que “...havien anat a les escoles, havien escoltat sermons, havien pogut assistir a las *disputationes de quolibet*, que tractaven de qüestions candents i s'havien convertit en esdeveniments socials molt semblants a les nostres òperes, els nostres concerts o les nostres lectures públiques...” (Panofosky, 1986).

En tot cas, sobre la persistència del món clàssic i de la tradició constructiva en l'arquitectura medieval sembla haver-hi unanimitat. Una altra cosa és la classe i grau d'aquestes inèrcies. Mentre n'hi ha que fan referència a la permanència dels conceptes vitruvians bàsics (ordinario, compositio, symmetría, dispositiu, eurytimia, decor...) altres cerquen l'aplicació estricta del tractat del conegut arquitecte romà (aquest punt és significatiu en el treball de J. F. Esteban). Una darrera opinió s'inclina més per posar l'accent en la tradició constructiva d'origen romà i mediterrani¹⁶.

¹⁶ A. Zaragoza diu: “...la storia mostra che le novità tecniche e formali elaborata nel nord della Francia arrivano al Mediterraneo nel XIII secolo, innestandosi sulla poderosa tradizione costruttiva locale...” (2006: 17).



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

CODICES			
Ciudad	Biblioteca	Nomenclatura	Referencia
LONDRES	BRITISH	HARLEIANUS 2767	●
ROMA	VATICANA	REG. LAT. 1504	●
BRUSELAS	ROYALE	BRUXELLENSIS 9253	●
WOLFENBÜTTEL	HERZOG-AUGUST	GUDEANUS 132	●
PARIS	NATIONALE	PITHOEANUS, LAT. 10277	●
SELESTAT	MUNICIPAL	SCLETSTATENSIS	●
LONDRES	BRITISH	COTTONIANUS	●
LEEWARDEN	PROVINCIALE	FRANCKERANUS	●
LEIDEN	RIJKSUNIVERSITEIT	LEIDENSIS VOSS. 88	●
ESCORIAL	MONASTERIO	ESCORIALENSIS II, F. 79	●
PARIS	NATIONALE	PARIS, LAT. 7227	●
PARIS	NATIONALE	PARIS, LAT. 1236	●
LONDRES	BRITISH	HARLEIANUS 3809	●
LEIDEN	RIJKSUNIVERSITEIT	LEIDENSIS VOSS. 107	●
WOLFENBÜTTEL	HERZOG-AUGUST	GUDEANUS 69	●
BERLIN	STAATSBIBLIOTHEK	BERLIN 601	●
LONDON	BRITISH	ADD. 36818	●
ROMA	VATICANA	RES. LAT. 2079	●
ROMA	VATICANA	URS. LAT. 293	●

Còdexs de Vitruvi anterior al segle XII
segons Cervera reproduït per J. A. Ruiz
de la Rosa (1987: 235)

No hi ha dubte, però, que són bàsicament els coneixements geomètrics i numèrics els que estan en la base dels processos projectuals, replantejos i posta en obra dels edificis i que la tradició constructiva forma part del bagatge tècnic emprat per aixecar-los.

2.2 LA BASE GEOMÈTRICA

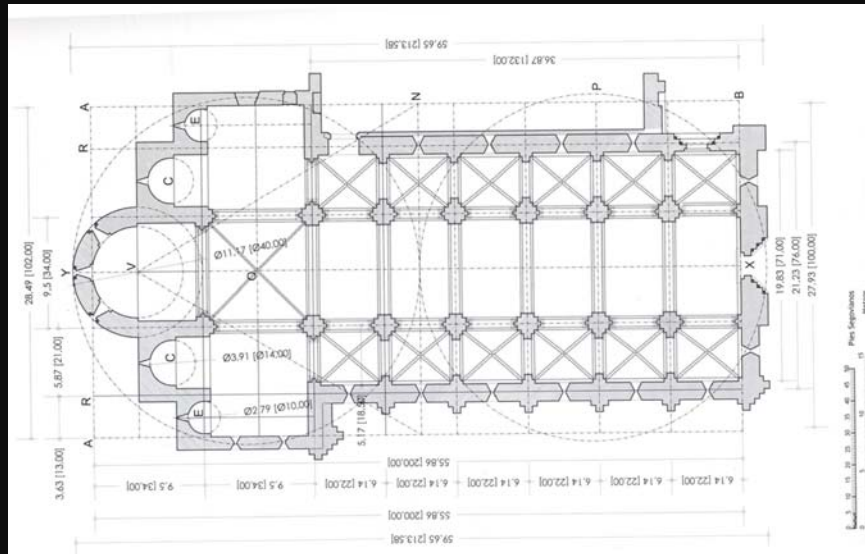
No ens pararem a comentar la tradició gràfica en quedar fora de l'àmbit del nostre treball. Només apuntarem com és lògic pensar que la complexitat de l'arquitectura medieval necessitava un control gràfic en tot el procés de disseny i execució. Per J. M. Merino de Càceres (2006) la base del projecte era, igual que ara, el plànol, utilitzant un sistema de representació que no difereixi massa de l'emprat avui en dia tant en projecció horitzontal com vertical. Per J. A. Ruiz de la Rosa (1987) els documents que representen l'arquitectura gòtica conservats (entre tres i quatre milers) cobreixen tots els passos d'un projecte des dels esbossos als detalls constructius.¹⁷

La utilització de figures geomètriques senzilles (quadrat, circumferència, triangles...) permetria mitjançant repeticions, sèries i abatiments generar traçats proporcionals que facilitaven no només el control formal de tot i cada una de les parts de l'edifici sinó que a través de simples processos de translació amb cordes i cadiretes replantejar l'obra.

¹⁷ J.A. Ruiz de la Rosa comenta com Bucher ha classificat aquest material atenent a les distintes etapes del disseny intentant demostrar que cada etapa de la concepció de una obra gòtica estava regida per dibuixos. Els classifica en set grans famílies dividides en: disseny teòric, apunts i notes, i altres elements i models.



ENRIC DILMÉ
de arquitecte



Metrologia de l'església del monestir de Santa Maria de Sacrameria, Segovia segons J. M. Merino (2006: 58)

Aquest procediment gràfic-geomètric permetia utilitzar nombres irracionals ($\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$) i per tant proporcions incommensurables sense fer servir l'àlgebra que és de difícil aplicació amb números romans¹⁸. Cal recordar que des de l'antiguitat els oficis i la geometria pràctica són indestriables. Serà amb la cultura científica grega que l'erudició se separa de l'àmbit professional podent-se parlar de dues geometries, una teòrica o científica i una altra pràctica o instrumental (Ruiz de la Rosa, 2005).

Els coneixements geomètrics del món clàssic es perden amb la descomposició de l'Imperi Romà i es recuperen a través de la cultura islàmica ja en època altmedieval. És lògic pensar que sempre va quedar un pòsit que connecta l'antiguitat tardana i l'alta edat mitjana amb Roma i el món clàssic. En aquest aspecte cal remarcar els estudis d'en J. F. Esteban Lorente sobre metrologia en les esglésies aragoneses i castellanques d'aquesta època. A través d'ells, aquest historiador opina que els principis que regeixen el control arquitectònic de les esglésies espanyoles de l'alta edat mitjana són: "...las enseñanzas de Vitruvio, las armonías musicales, la geometría del triangulo equilátero, los números simbólicos de contenido cristiano y una arquitectura antropomórfica..."(2005: 254).

Per tant, els oficis s'utilitzaven la geometria pràctica, la mesurable, que recull de forma asistemàtica els coneixements bàsics de la geometria euclidiana per resoldre el procés de projectar i construcció

¹⁸Només cal recordar com Rafael Vila Rodríguez en la seva tesi doctoral inèdita titulada "Sobre un sistema geomètric de composició en l'arquitectura romànica catalana, segles X-XII" de 1985 arriba a desenvolupar tot una teoria sobre la composició de l'època altmedieval a partir de la triple trama de línies que genera la sèrie geomètrica creixent i decreixent dels cercles de radi, funció de la unitat de mida (la cana dreta) pel factor de proporció $3/2$ i les seves sèries de quadrats inscrits i circumscrits, que determinen i situen punts significatius dels edificis.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

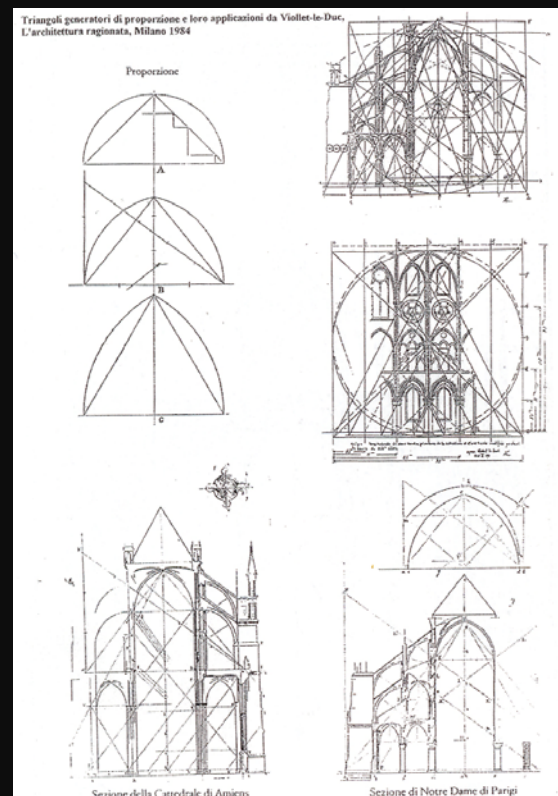
mitjançant regla i compàs establint-se un corpus estable sense massa alteracions fins al segle XV (Ruiz de la Rosa, 2005).

Els estudis parlen de relacions proporcionals entre les parts de la planta i entre aquesta i la secció. Per J. F. Esteban (2005) la modulació, el sistema de proporcions i el control geomètric de l'espai afecta l'interior i els detalls constructius mentre que les dimensions extremes del solar així com l'amplada de la nau central i el gruix del mur dependrien de la metrologia.

La famosa contraposició entre els termes “ars” i “scientia” que fa el mestre Mignot davant els mestres locals en les discussions sobre les alçades i proporcions de la Catedral de Milà (1399) equivaldria a confrontar l'habilitat dels oficis amb els coneixements d'arrel geomètrica.

Tot i que no es pot generalitzar n'hi ha que opinen que les relacions proporcionals semblen variar del romànic al gòtic (Merino de Càceres, 2006). En l'alta edat mitjana predominaria el quadrat i el seu cercle inscrit així com el triangle rectangle definit per la seves mitges diagonals de base igual a la seva alçada anomenat per G. Stornaloco a finals del segle XIV com a *ad Quadratum*. També és general la utilització de la *mida certa* i el rectangle *diagó*. La relacions bàsiques serien la *dupla* i la *sequiàltera*.

Per la seva banda en l'època baixmedieval es donaria més la *regola o sistema ad triangulum* basat en el triangle equilàter així com tots els triangles sobre els que es basen bona part de les proporcions egípcies. Serà corrent el rectangle *auró* i la secció *àurea*.



Triangles generadors de proporcions i la seva aplicació d'E. Viollet le Duc reproduït per C. Palestini (2000: 775).

2.3 LA BASE MÈTRICA

Per construir calen mides i en l'edat mitjana per passar del plànol a l'obra necessitaven una unitat bàsica. De fet abans de traslladar el disseny del plànol al terreny es començava per “construir” la superfície de sortida. Sobre aquesta amb cordes, cadenes i cadiretes es marquen les dimensions interiors de l'edifici a partir del qual i cap a l'exterior es construïen els murs.



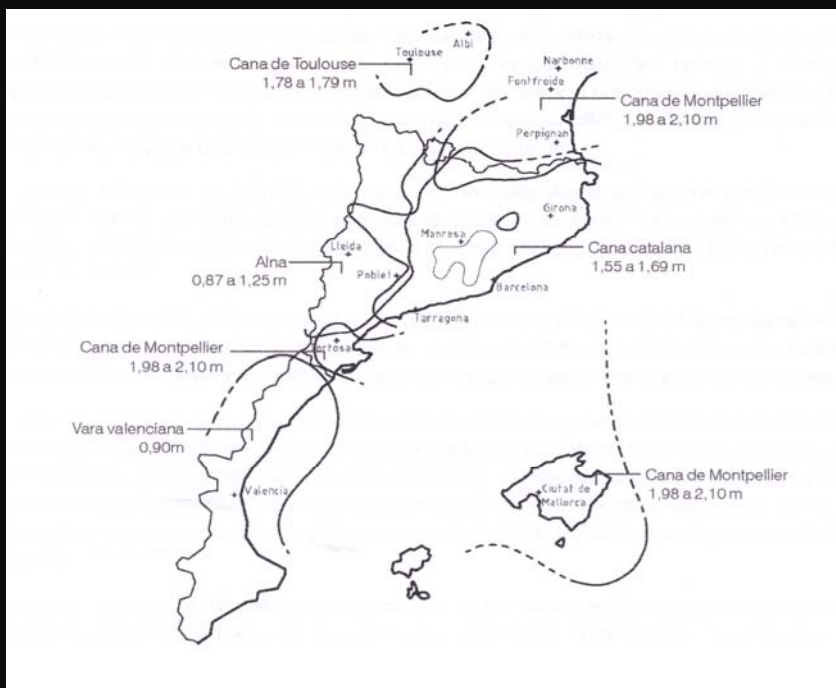
ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

Tenir indicacions sobre aquesta unitat patró és important per entendre correctament la relació numèrica a partir de la qual es defineix l'edifici. Els estudis que parteixen de mesures en sistema mètric decimal troben les relacions entre les parts però no donen pistes sobre la lògica geomètrica de l'edifici. L'anàlisi compositiu és per tant més difícil sense una unitat bàsica.

Desgraciadament no és fàcil tenir una idea clara del sistema metrològic medieval. La dispersió provocada pel canvi de noms sense modificar el contingut i la incompetència a l'hora de renovar estris sense fer-los iguals als anteriors augmenta la dificultat (Alsina, Feliu, Marquet, 1990). És segur que les mesures del segle X són radicalment diferents de les del segle XII mentre que en el segle XI conviuen noves i velles (Feliu, 2001). És conegut que les mides tenen un origen antropològic que parteix del peu i del pam. Per G. Feliu cal tenir presents a més del peu romà, el carolingi, 1/8 superior, i dos peus catalans: el d'un pam i mig de cana i el d'1/6 de cana que és el més clàssic.

Peu romà	29,376 cm
Peu carolingi	33,048 cm
Peu català de pam i mig de cana	29,156 cm
Peu català de 1/6 de cana	25,930 cm

15



Mapa simplificat de la distribució territorial de les principals canes per J. Carrasco



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

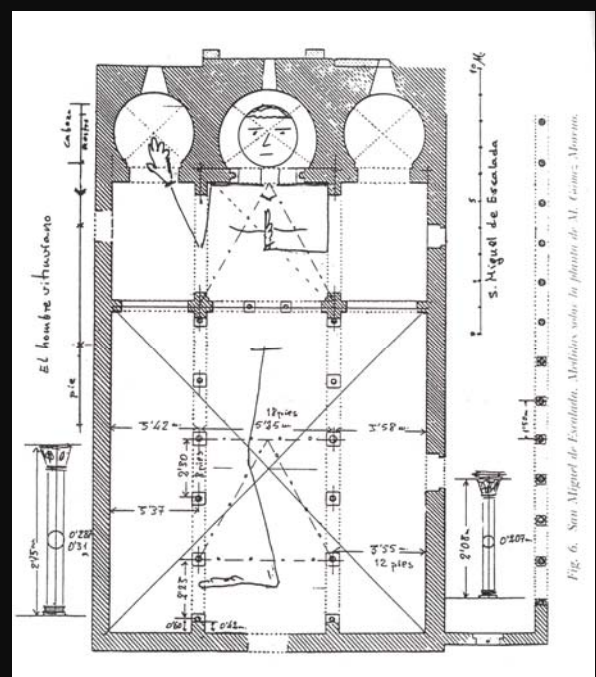
Feliu assegura que : "...De pams catalans en coneixem diversos, però que es poden dividir en dos grups: els que equivalen o s'atansen a 1/8 de cana (pam c), que a Barcelona fa 0,194375 m, i els que equivalen a 1/12 destre (pam d) que fa 22 a 25 m. Aquest clàssic és el *dextre minor* que apareix en els documents al segle XI. El *dextre minor* anterior era de 10 pams... Sense dubte el *destre* és una unitat sobrevinguda, que s'adapta amb dificultats a les mides anteriors; a pesar d'això és gairebé l'única mida no antropològica utilitzada. En el cas de Barcelona no hi ha acord sobre la longitud del *destre*, que segons els autors oscila entre 2,79 i 2,83 m... 2,818 m sembla la longitud més segura per a la *destre*..." (2001: 140-141).

En aquells casos on s'ha conegut la unitat de mesura i s'aplica a l'anàlisi de l'edifici es descobreix que els mestres medievals treballen amb quantitats relacionades a la centena. Podent-se donar les mateixes dimensions amb mides patró diferents. Com a exemple tenim els 200*400 peus castellans per les catedrals de Segòvia i Salamanca i els 200*400 peus capitolis per la de Toledo que corresponen a 55,72*111,44 m per les dues primeres i 59,15*120,64 m per la segona.

La utilització de nombres per definir les mides generals dels edificis així com per repetir mòduls que defineixin i controlin l'espai interior té una segona lectura que va indestríblement lligada a l'àlgebra com és el simbolisme dels mateixos. Que la base geomètrica i numèrica basada en ritmes era entès com una font de bellesa tant pel món clàssic com pel medieval és una dada acceptada; més discutit és el possible rerefons simbòlic que és un aspecte controvertit.

J. A. Ruiz de la Rosa entén que el sistema de control a través de relacions numèriques és secundari i les creu més lligades a la pràctica de l'ofici que a l'expressió de significats aritmològics. Per a ell no hi cap tractat, acta o ordenança que recolzi teories místiques o esotèriques. Com a molt creu que els mestres d'obra podien saber que tal o quan nombre podia ser considerat perfecte o citat amb freqüència en la Bíblia sense major transcendència.

No seria de la mateixa opinió J. A. Esteban Lorente que a través dels estudis que fa sobre metrologia d'esglésies romàniques cerca nombres simbòlics com ara el ternari, quaternari, quinari, senari, septenari, etc...



Sant Miquel d'Escalada. Mides sobre la planta de M. Gómez Moreno, segons J. F. Esteban (2005, pàg. 247)



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

Pel que fa al dimensionat dels elements estructurals es creu que responia a regles empíriques sense base científica. Se sosté que els mestres gòtics ignoren les lleis mecàniques i es basaven més en l'exercici professional (Ruiz de la Rosa, 1987). Sabien, tanmateix, que la resistència de la pedra era important en la configuració estructural de l'edifici, així ho palesa els mestres locals en les discussions per la continuació de la Catedral de Girona o Lorenz Lechler al redactar l'any 1516 el seu manuscrit.

3. ANÀLISIS PROPOSAT

3.1 LA TRIA DELS EXEMPLES

La possibilitat de comprovar les bases mètriques sobre exemples concrets depèn de la disponibilitat de planimetria fiable. El nostre interès es centrava en obtenir com a mínim la planta i una secció transversal a partir d'aixecaments topogràfics recents. Pel nostre treball es va creure suficient la recerca en el fons planimètric de l'Àrea de Planificació i Acció Territorial de la Direcció General del Patrimoni Cultural del Departament de Cultura i Mitjans de comunicació de la Generalitat de Catalunya. La primera llista estava formada per Santa Maria de Terrassa, la Catedral de la Seu d'Urgell, Sant Pere de Rodes, Sant Vicenç de Cardona, Santa Maria i Sant Climent de Taüll, La Seu Vella de Lleida, i les catedrals de Barcelona, Girona i Tarragona. A mesura que se'ns descartaven edificis per la inexistència d'aixecaments o per la poca fiabilitat que presentaven es va obrir un segon front de recerca a través de la càtedra de construcció de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona per l'obtenció de la planimetria de la Catedral de Palma de Mallorca així com amb l'Àrea d'Inventari i Conservació del Ministeri Portaveu, de Cultura i Ensenyament Superior del Govern d'Andorra per la Catedral d'Albi. Finalment hem aconseguit informació de Santa Maria de Terrassa, Sant Pere de Rodes, Sant Vicenç de Cardona, Santa Maria i Sant Climent de Taüll, la Seu Vella de Lleida, Santa Maria del Mar i la Catedral de Mallorca. Amb aquest material ens ha semblat interessant, partint de la importància de l'edifici i la datació, escollir Sant Pere de Rodes, Sant Vicenç de Cardona i la Seu Vella com a exemples d'època baixmedieval, Santa Maria del Mar i la Catedral de Mallorca com a exemples d'època altmedieval. La Seu Vella de Lleida per la seva singularitat constructiva podria servir com a edifici de connexió entre ambdues èpoques.

El treball en gabinet amb la planimetria dels edificis escollits va revelar desajustos entre les mesures i proporcions indicades en els estudis metrològics i els aixecaments revisats. Per exemple el traçat sobre la planta de la Seu Vella de Lleida no ens dona una proporció dupla com en l'estudi de M. Macià i J. Ll. Ribes. Això ens ha portat a dubtar de la informació obtinguda i a fer alguna comprovació de camp. És el cas de Santa Maria del Mar van constatar que la planimetria era correcta a través de mesures *in situ* amb distanciómetre làser fet que ens ha portat a saber que no



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

es dona una secció *ad quadratum* perfecta ni una dimensió exterior de 100 peus de 33 cm. Efectivament, si la secció interior fa 33,33 m d'amplada per 31,00 m d'alçada la façana ha de ser, d'entrada, major als referents 100 peus mentre que si a l'amplada de l'església se sumen els gruixos dels murs la diferència entre amplada i alçada es desvia de la forma quadrada.

3.1.1.1 SANT PERE RODES

El conjunt monàstic de Sant Pere de Rodes respon a un projecte construït sobre les estructures arrasades d'una cel·la del segle IX de la qual només es conserva el basament de l'absis de l'església (incorporant a la cripta de la nova església) i l'edifici tardoromà que forma l'ala de llevant del claustre (Adell, 1988). El terreny sobre el qual s'alça el monestir es va preparar prèviament amb importants treballs de desmunt i terraplenats, fet que indica l'existència d'una concepció global del monestir.

La construcció de l'església passa per dues etapes: La primera se centra en la capçalera que queda enllestida abans de l'any 1000. Es tracta d'una capçalera de tres absis semicirculars (amb deambulatori el central) aixoplugades per una única coberta de dos vessants que feia impossible l'obertura de finestres a la nau central. La segona etapa conclou el temple amb un cos basilical de tres naus voltades (de mig canó la central i de quart de canó les laterals) i el seu corresponen creure. Aquesta fase ocupa les dues primeres dècades del segle XI. La consagració es realitza l'any 1022 (Olaguer-Feliu, 2004). L'estructura de l'absis central de l'església de Sant Pere de Rodes s'ha interpretat com una girola en el sentit estricte del terme, però la seva concepció original era el d'un espai vinculat al cor monàstic i als sistemes d'accessos a les *criptae superiores et inferiores*, que hi són perfectament definides (Adell, 1988).



<http://patrimoni.gencat.cat>

La planimetria obtinguda està realitzada per l'empresa Enasstec i l'Àrea de Planificació i Acció Territorial de la Generalitat. L'aproximació que hem fet amb aquest document ens permet encaixar un quadrat de 10*10 peus catalans (peu català 1/6 cana = 25,93 cm) en el perímetre interior descrit pel transsepte i la nau. La meitat d'aquest quadrat (5*5 peus) és la mida del costat d'una sèrie de



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

tres quadrats centrats en l'eix longitudinal (dos per la nau i el transsepte, és a dir proporció dupla, i un tercer per la capçalera). No hem estat capaços de trobar una relació d'aquests polígons amb l'amplada dels trams.

3.1.1.2 SANT VICENÇ DE CARDONA

El castell de Cardona pertanyia al vescomte de Bremond que decideix l'any 1019 construir sobre l'antiga església un nou temple que es consagra l'any 1040. Aquesta església ("la més bella i elegant de totes" en paraules del professor Chueca Goitia, 2000: 67) tanca per F. de Olaguer-Feliu (2004) el període del "primer romànic" a Catalunya.

Es tracta d'una església de planta basilical de tres naus i tres absis semicirculars, alçant-se el central a major altura segons tipologia italiana. Els seus pilars compostos plenament desenvolupats i les cobertes ens porten novament a connexions itàliques, ja que el conjunt de voltes de canó i d'aresta tenen antecedents en la basílica llombarda d'Aliate. A l'exterior les referències transalpines continuen ja que són visibles arcuacions, bandes i galeries llombardes (Ibidem, 2004).

La planimetria estudiada ha estat feta per l'arquitecte X. Guitart i Tarrés. El treball sobre la planta es permet trobar dos quadrats de 6 peus catalans (relació dupla) que defineixen el cos central (nau i transsepte). L'abatiment d'aquest, $\sqrt{2}$, marca l'arrancada de l'absis central. Una sèrie de quatre quadrats de 3 canes centrats en l'eix longitudinal marquen l'amplada de la nau i dels quatre trams. Les naus laterals tenen l'amplada de la meitat de la nau: 1,5 canes.



www.turismo-prerromanico.com



www.romanicocatalan.com



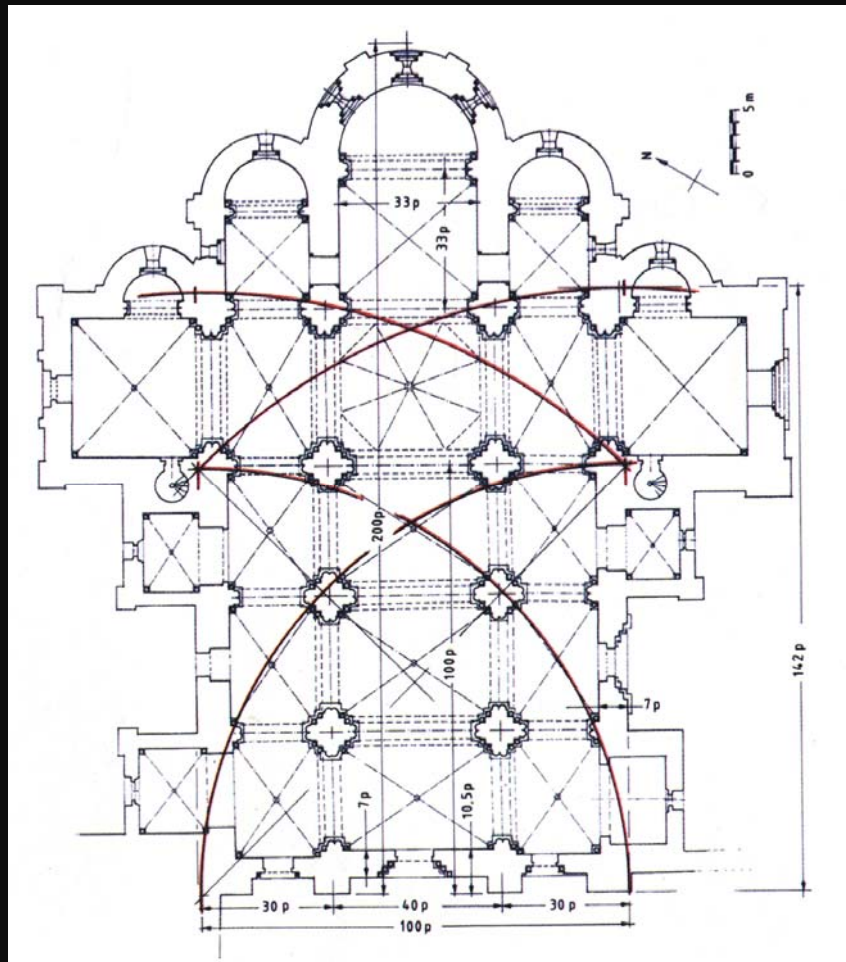
ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

3.1.1.3 LA SEU VELLA DE LLEIDA

La seu Vella de Lleida és un edifici concebut a finals del segle XII amb la intenció, ja des de l'inici, de cobrir les naus amb voltes ogivals fet que ha portat molts problemes d'interpretació. La primera pedra es posa el dia 22 de juliol de 1203 i se sap que està acabada l'any 1278. Es tracta d'un edifici de planta basilical regular i simètrica, amb creuer marcat, capçalera molt desenvolupada i cimbori-llanterna damunt la tramada central del creuer.

L'estudi metrològic de M. Macià i de J. Ll. Ribes (2004) identifica el peu de 33,33 cm com el paràmetre dimensional unitari emprat en l'obra. A partir d'ell relacionen la geometria de la planta amb les mesures extremes. Sostenen que l'organització de la planta de la nau s'organitza de forma *ad quadratum* de 100 *100 peus; la relació entre la llargada total i l'amplada de les naus és dupla (100*200 peus); la distància dels peus de les naus fins al mur est del creuer, 142 peus, és el resultat (aproximat) de multiplicar l'amplada de les naus, 100 peus, per l'arrel quadrada de 2, la qual cosa significa que l'arquitecte va determinar la

posició del mur de llevant del creuer per abatiment de la diagonal del quadrat de la nau. Per últim la vintena part d'aquestes dimensions generals bàsiques: 100,142, 200 peus dona 5, 7 i 10, és a dir, els tres primers números de la sèrie matemàtica de raó arrel de 2, que també trobem en la catedral d'Ely.



Planta de la Seu Vella de Lleida segons modulació de M. Macià i J.Ll. Ribes (2004: 24).



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

Pel que fa als alçats la nau major mesura pràcticament el mateix que la seva amplada, forma *ad quadratum*, i l'alçada fins a les claus respecte a la llum té pràcticament el valor de l'arrel quadrada de 3. Respecte a l'amplada de les naus la mida de les laterals està en relació sesquiàltera amb la central. La resta d'espais s'articulen també en forma de quadrats i rectangles de proporcions harmòniques, és a dir, segons $\sqrt{2}$; $\sqrt{3}$; 1,3 o 1,5. Pels referits historiadors la Seu Vella és l'últim exponent important del romànic caracteritzat per la sobrietat i voluntat innovadora i unes proporcions d'arrel clàssiques.

Després de l'exhaustiu exercici que hem comentat sobre les proporcions de la Seu Vella de Lleida poc podem afegir. En tot cas, sí que podem veure com quelcom projectat i construir segons una metrologia admet altres trames proporcionalment vàlides. Per tant, hem fet el senzill exercici de cercar-ne una partint de la planimetria de l'arquitecte E. Solsona. Tal com es pot comprovar sobre la planta tres rectangles consecutius delimiten l'espai interior. Dos el cos central i un la capçalera.



Borisb17 / Getty images/iStockphoto

www.romanicoaragones.com

3.1.2 ÈPOCA BAIXMEDIEVAL

3.1.2.1 SANTA MARIA DEL MAR

Santa Maria del Mar és una església de tres naus sense transsepte subdividides en quatre trams, de planta quadrada al central i rectangular les laterals. Aquestes circumden el presbiteri dotant-lo d'un deambulatori. El perímetre exterior està envoltat de capelles i a la capçalera poligonal es trobarem set. La primera pedra va ser posada l'any 1329 i l'any 1383 és col·locava la clau de l'últim tram i es donava per acabada l'obra.

Per l'historiador J. Bracons la unitat patró per Santa Maria del Mar seria el peu de 33 cm, submúltiple de 1,98 m ($33 \text{ cm} \times 6 = 198 \text{ cm}$) que és el valor de la cana de Montpeller. L'amplada del temple voltaria els 100 peus com a Girona, Albi i la Seu Vella de Lleida (construïda un segle abans). Bracons ens recorda com G. de Angelis d'Ossat a l'estudiar les proporcions de les



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

esglésies franciscanes d'Itàlia observà la tendència a ajustar les dimensions de parts significatives dels edificis al voltant de la centena per, segons opinava, inspiració clàssica i paleocristiana, ja que des del temps de la Grècia arcaica són relativament freqüents els exemples d'*hecatompedon* (temples d'una llargada de cents peus). Per Bracons l'arquitecte de Santa Maria, un cop definit l'eix longitudinal de l'edifici (en aquest cas mirant a llevant com era costum), determina el centre del temple, és a dir l'altar major, i la seva vertical. A partir d'aquí es delimita el perímetre exterior traçant un semicercle de 100 peus de diàmetre que fixada l'amplada de l'església. Un segon semicercle de 80 peus delimita el perímetre interior i finalment un cercle concèntric de 40 peus delimita la posició dels pilars que han d'encerclar el presbiteri.

L'historiador indica com una tangent al darrer cercle assenyala la línia on correspon alçar els dos primers pilars de la nau i com un quadrat de 40*40 peus circumscrit a aquest cercle dona la forma dels trams de la nau central. La llargada d'aquesta la determinen 4 trams de 40*40 peus aproximadament que l'estudiós entén no arbitrària sinó que obeeix a un criteri de simetria i proporcionalitat entre llargada, amplada i alçada. La secció respon a una composició *ad quadratum* de 100 peus de costat. Bracons observa com el cercle inscrit defineix la majoria de punts singulars de la secció i que una graella basada en el nombre 10 i els seus divisors 2 i 5 compona l'alçat.¹⁹ Així la profunditat de les capelles laterals correspon a una dècima part dels costats (10 peus). La seva alçada (concretament la de l'arc que hi dona accés) és equivalent a quatre mòduls (40 peus) que són també els que fa l'amplada de la nau central. Les naus laterals tenen una amplada de 2 mòduls i una alçada de 8. Descriu també com la línia d'impostes es situa a mitja alçada (50 peus).

A aquest profun estudi metrològic l'hem trobat desajustos al fer comprovacions mètriques *in situ* com ja hem comentades més amunt. Tanmateix mirarem de trobar-ne una trama alterativa. La planimetria de base pel nostre exercici torna a ser l'elaborada per l'Àrea de Planificació i Acció Territorial de la Generalitat. En la planta d'aquest aixecament hem pogut traçar una sèrie de tres quadrats de 100 peus de 33,33 cm de costat en la definició de mides i punts singulars. La proporció dupla defineix l'amplada total del temple. La seva meitat l'amplada de la nau central i la quarta part l'amplada de les laterals. El tercer quadrat delimitaria el presbiteri. En aquest cas més que en cap d'altre es pot comprovar com la quadrícula de 25*25 peus, els cercles inscrits i les diagonals es talles en punts singulars.

¹⁹ J. Bracons recorda com Vitruvi parla del 10 com a nombre perfecte per les proporcions dels temples. Plató entén que el 10 té una gran rellevància al coincidir amb el nombre de dits de les mans.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte



www.patrimonigentcat.cat i www.catalunya.com

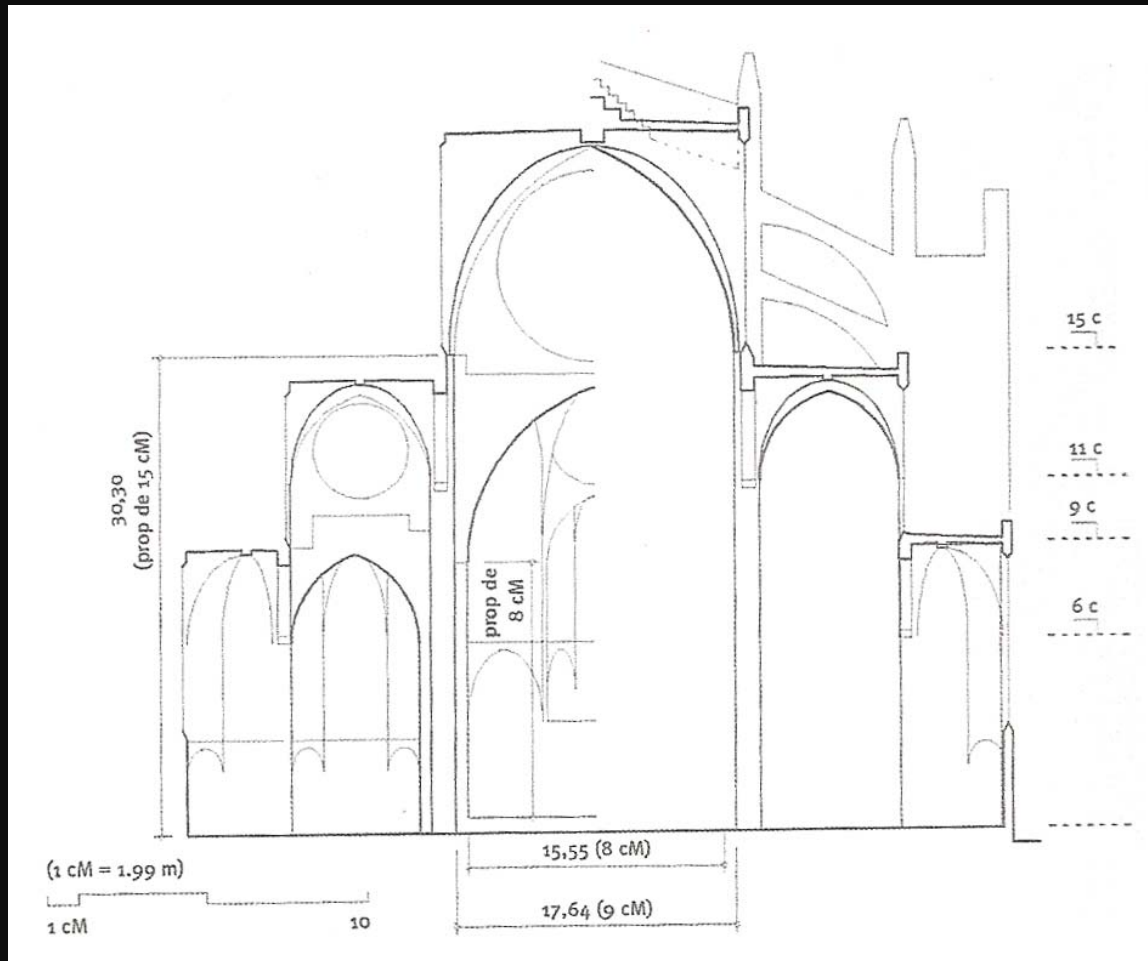
3.1.2.2 LA CATEDRAL DE MALLORCA

La Catedral de Mallorca se'ns presenta amb un ordre creixent de volums. De la capella funerària de la Trinitat ("cap nou" començat sobre els anys 1306-11 i acabat poc abans de l'any 1330) es passa a l'absis central i d'aquest a les tres naus per, finalment, fer el salt a la nau única amb un canvi de projecte que introdueix l'amplitud i transparència lateral pròpia de les obres del gòtic meridional.

J. Carrasco entén que la cana de Montpeller (propera als 2 m) és la que s'utilitza per caracteritzar els espais de nau única del gòtic meridional entre els quals estaria la Catedral de Mallorca. Recorda a més que Jaume I va néixer i viure a Montpelier i per tant és versemblant pensar que va portar aquesta mida amb ell.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte



Secció transversal de la Catedral de Mallorca, segons J. Carrasco (2004: 36). La cana de Montpellier cM = 0 1,99 m.

Segons aquest arquitecte la llum de l'absis central és la més gran (8 canes de Montpellier : 16 m) que s'ha trobat en una solució estructural d'una sola nau que és recolzada en un mur lateral de gruix continu sense ressalts. Identifica, respecte a les alçades, la mateixa base mètrica per definir els nivells principals, a les arrencades dels arcs: 6 canes (arcs de les capelles), 11 canes (arcs de les naus laterals) i 15 canes (arcs de la nau central). Tanmateix opina que la forma equilibrada de l'absis (8*8 canes fins a l'arc) s'amplifica en la posterior nau central fins gairebé assolir el doble d'alçada (9*15 canes).

La planimetria que hem emprat en aquest cas ha estat realitzada per E. Taltavull. Sobre aquesta base les nostres aproximacions han trobat que un doble quadrat determina l'espai interior del cos de tres naus. De nou la meitat del costat d'aquest quadrat central amb l'eix longitudinal marcaria la



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

nau central i la quarta part de les laterals. L'abatiment del quadrat de costat la meitat de l'amplada del temple dóna el gruix de les capelles.



www.arkiplus.com i www.diaribalear.es



4. CONCLUSIONS

- Hem trobat força bibliografia relacionada amb temes de proporcions i metrologia en l'àmbit de l'arquitectura. No abunda però la que estudia casos concrets sobre planimetria de nova elaboració.
- Ha estat sorprenent la desigual i insuficient informació topogràfica que existeix (almenys en centres oficials) dels edificis catalans de l'època. Sovint és antiga, incompleta o poc fiable. Sobre aquesta base és difícil apropar-nos amb certesa als temes de proporcions i metrologia.
- També és complex cercar la mida patró en els edificis de l'edat mitjana. El garbuix del sistema de mesures de l'època ho fa força difícil.
- El disseny medieval partia d'una base geomètrica i per tant el projecte podia fer-se a través de qualsevol sistema de mesura fet que feia intranscendent que es compartís una mateixa base entre constructors diferents.
- La utilització de trames geomètriques en les esglésies estudiades és reconeixible sense massa dificultat. Més complicat és descobrir diferències rellevants entre les construccions d'època altmedieval i les d'època baixmedieval.
- Hom pot trobar relacions proporcionals senzilles que coincideixen amb punt significatiu de la construcció en la planta dels edificis. La repetició i abatiments de quadrats amb relació dupla, tripla o $\sqrt{2}$ es descobreixen sense massa esforç a l'igual que el sistema *ad quadratum*.
- L'exercici de cercar el quocient entre les mides en sistema mètric decimal i les unitats patró apuntades per la bibliografia donen nombres sencers sovint en base 10. Les mides extremes dels temples s'apropen sovint a múltiples de 100.
- Manllevant la teoria de la seguretat de J. Heyman, al nostre entendre, si som capaços de descobrir una trama proporcional en el traçat de la planta, podem assegurar que l'edifici està pensat sobre relacions geomètriques (això no vol dir que la trama traçada per nosaltres sigui la utilitzada pels arquitectes).
- La geometria està estretament relacionada amb els nombres per la qual cosa és fàcil traslladar significats simbòlics o esotèrics al traçat d'aquests edificis. Una altra cosa és la transcendència que realment va tenir a l'hora de pensar en la forma de l'edifici.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

5. BIBLIOGRAFIA

ADELL, J.-A., "Visió de Síntesi restauracions i noves troballes" en AADD, Catalunya Romànica, Volum XXVII, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1998, pàgs. 5-35.

ALSINA, C.; TRILLAS, E., *Lecciones de algebra i geometría, Curso para estudiantes de Arquitectura*, 1ª ed., Barcelona, Gustavo Gili, 1984 (3ª ed., 1987)

ALSINA, C.; FELIU, G.; MARQUET L., *Pesos, Mides i Mesures dels Països Catalans*. Ed. Curiel, Barcelona, 1990.

BRACONS, J., "Santa Maria del Mar, Arquitectura ad quadratum", L'Avenç, nº 289, març 2004, pàgs. 24-31

CARRASCO, J., "*La catedral de Mallorca*". L'Avenç, nº 289, març 2004, pàgs. 32-39.

CARRASCO, J., *La estructura gòtica catalana: Sobre los conceptos de medida y espacio. El problema de la forma en la cubierta*, Tesi doctoral inèdita presentada en l'Escola Técnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Barcelona, 2002.

COLDSTREAM, N., *Artesanos medievales, Constructores y escultores*, 1ª ed. British Museum Press, 1991, ediciones Akal, Madrid 1998.

DOMENGE, J., "Santa Maria del Mar i la historiografia del gòtic meridional", Barcelona Quaderns d'Història, nº 8, 2003, pàgs. 179-200.

ESTEBAN, J. F., "La metrologia en Santa María de Alarcón (hacia el año 1000)", Artigrama, nº 13, 1998, pàgs. 242-261.

ESTEBAN, J. F., "La metrologia de la Catedral de Jaca: 1", Artigrama, nº 13, 1999, pàgs. 223-241.

ESTEBAN, J. F., "La metrologia de la Catedral de Jaca: 2", Artigrama, nº 15, 2000, pàgs. 230-258.

ESTEBAN, J. F., "La metrologia y sus consecuencias en las esglesias de la alta edad media española. I: San Juan de Baños, Santa Lucía del Trampal, San Pedro de la Nave, Santa María de Melque, San Miquel de Escala y Sant Cebrián de Mazote", Artigrama, nº 20, 2000, pàgs. 215-254.

FELIU, G., "Algunes consideracions sobre la metrologia altmedieval catalana", Acta historia et archaeologia Medievalia, Homenatge al Dr. Riu i Riu, nº 22 volum 2, Barcelona 2001, pàgs. 121-150.

HEYMAN, J., *La ciencia de las estructuras*, Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, Madrid, 2001.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

MACIÀ, M.; RIBES, J.LL., "La Seu Vella de Lleida i la tradició clàssica mediterrànea", L'Avenç, n° 289, març 2004, pàgs. 24-31

MERINO DE CACERES, J. L., "Planimetría i metrología en las catedrales Españolas", en AADD, Tratado de rehabilitació, Tom 2 Metodologia de la restauració, Ed. Munilla-Lería, Madrid, 1999.

MERINO DE CACERES, J. L., "Raguños, trazas y monteas en la arquitectura medieval" en AADD, El lengua de la arquitectura romànica, a cura de J. de Hoz, L. Maldonado , F. Vela, Mairea Libros, Madrid, 2006, pgàs. 51-70.

OLAGUER-FELIÚ, Fernado de, *El arte romànic español*. Ed. Encuentro, Madrid, 2003

OURSEL, R., *La arquitectura románica*, 1ª ed. St. Legér Vauban, 1970. Traducció de Victoria Bastos i Carlos R. Labora, Ed. Encuentro, Madrid 1987.

PALESTINI, C., "Las investigaciones sobre las proporciones para el control formal de la arquitectura" en AADD, Actas del Tercer Congreso Nacional de la Historia de la Construcción, Sevilla, 26-28 d'octubre de 2000, a cura de A. Graciani, S. Huerta, E. Rabassa, M. A. Rabales, Volum II, Madrid, 2000, pàgs. 772-78.

PANOFSKY, E., *Arquitectura gótica y pensamiento escolástico*. Traducció de Julia Varela i Fernando Alvarez-Uría, E. la Piqueta, Madrid, 1986.

PUIG i CADAVALCH.; J., FALGUERA, A.; GODOY, S., *L'arquitectura romànica a Catalunya*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1909-1918, edició facsímil 2001

RUIZ DE LA ROSA, J. A., *Traza y Simetría de la Arquitectura. En la Antigüedad y el Medievo*, Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1987.

RUIZ DE LA ROSA, J. A., "El arquitecto en la Edad Media" en AADD, la tècnica de la arquitectura medieval, a cura de A. Gracini, Publicacions de la Universidad de Sevilla, Sevilla, 2002, pgàs. 151-174.

RUIZ DE LA ROSA, J. A., "Fuentes para el estudio de la geometría fabrorum. Análisis de documentos", en AADD, Actas del Cuarto Cogreso Nacional de la Historia de la Construcción, Volum II, Cádiz, 27-29 de enero de 2005, a cura de S. Huerta, Madrid, 2005, pags.1001-1007.

VITRUVI, M. L., Los diez libros de arquitectura. Traducció directa del llatí, pròleg i notes de A.Blázquez, Ed. Iberica, Barcelona, 1980.



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

VILA, R., Sobre un sistema geomètric de composició en l'arquitectura romànica catalana, segles X-XII, Tesi doctoral inèdita presentada en l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Barcelona, 1985.

VILAMAYOR, A., "Les proporcions en el romànic andorrà", en AADD, Butlletí del comitè andorrà de ciències històriques, nº 3, Andorra la Vella, 1991.

ZARAGOZÁ, A., "Construire alla maniera degli antiche romani con stile gotico: architetture del gotico mediterraneo", en AADD, Matteo Carnilivari, Pere Compte, 1506-2006 due maestri del gotico Mediterraneo, Ed. Caracol, Palerm, 2006.

6. GLOSARI

AD QUADRATUM

El sistema *ad quadratum* està basat en el quadrat i el doble quadrat, així com en les diagonals d'ambdós, de valor $\sqrt{2}$ i $\sqrt{5}$, essent aquest últim valor la base per l'obtenció gràfica del número Φ o número d'or. El sistema *ad triangulum* també conegut com *more germanicum* o *secundum germanicam symetriam*, es basa en la utilització com fonament compositiu del triangle, bàsicament l'equilàter, amb el seu mòdul $\sqrt{3}$, però també el "perfecte" i l'"egipci". Coneixem l'enunciat d'ambdós sistemes gràcies a les actes de la reunió d'arquitectes celebrada a Milà en 1398 amb motiu del debat sobre la idoneïtat del tipus de "simetria" que s'havia d'utilitzar en la realització de la segona campanya constructiva de la catedral. (Merino de Càceres, 2006).

MESURA CERTA

La que s'estableix en funció de la diagonal del quadrat; el seu valor es basa en el costat del quadrat i de la $\sqrt{2}$. (Ibidem, 2006)

NÚMERO D'OR

S'estableix segons la secció àurea. Se li denomina amb la lletra grega Φ (phi) i compleix la següent relació $\Phi^2=1+\Phi$, essent el seu valor: $\Phi=1/2(1+\sqrt{5})=1,6180339...$ (Ibidem, 2006)

PROPORCIÓ ÀUREA

La del rectangle àuric. (Ibidem, 2006)

PROPORCIÓ DUPLA

La de dos valors que estan en la relació de 2 a 1 = 2. (Ibidem, 2006)

PROPORCIÓ SESQUIÀLTERA

La de dos valors que estan en la relació 3 a 2=1,5. (Ibidem, 2006)



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

PROPORCIONS CONMENSURABLES, RACIONALS O ESTÀTIQUES

Donat un rectangle de costats a i b i proporció $p(a,b) = \text{Màx}(a,b)/\text{Mín}(a,b)$ es diu que dita proporció és conmensurable, estàtica o racional quan $p(a,b) \in \mathbb{Q}^+$, és a dir, $p(a,b) = m/n$, éssent m i n naturals positius. (Alsina-Trillas, 1987)

PROPORCIONS INCONMENSURABLES, IRRACIONALS O DINÀMIQUES

La proporció $p(a,b) = \text{Màx}(a,b)/\text{Mín}(a,b)$ d'un rectangle de costats a i b s'anomena inconmensurable, irracional o dinàmica quan $p(a,b) \in \mathbb{R}^+ / \mathbb{Q}^+$, és a dir, $p(a,b)$ és un número irracional positiu. Per raons històriques, només s'han considerat d'interès geomètric i arquitectònic aquelles proporcions entre números construïbles amb regla i compàs. (Ibidem, 1987)

RECTANGLE AURI

El que els seus costats es valoren segona la secció àurea; els seus valors són proporcionals a 1 i a Φ . (Ibidem, 2006)

RECTANGLE AURÓ

Constitueix la coneguda "secció àurea", obtingut per abatiment de la diagonal del rectangle resultant de dividir en dos el quadrat. (Ibidem, 2006)

RECTANGLE DIAGÓ

S'obté d'acord amb la "mesura certa", és a dir: abaten la diagonal del quadrat que passa a continuar el costat major del rectangle. (Ibidem, 2006)

RELACIONS ESTÀTIQUES

Son les obtingudes amb números sencers que es difonen en els tractats del període, convertint-se en una veritable pràctica constructiva. (C. Palestini, 2000)

SECCIÓ ÀUREA

En geometria s'entén per secció àurea d'un segment aquella part que és mida proporcional entre el segment sencer i la part restant, és a dir: el segment és a la seva part major com la part major és a la menor. (Ibidem, 2006)

SIMETRIA

D'acord amb Plató, Vitruvi i els arquitectes del Renaixement, "simetria" significa "commensurabilitat entre tots els elements d'un conjunt i entre cadascun d'ells i el total dels mateixos. (Ibidem, 2006)



ENRIC DILMÉ
d'arquitecte

TRIANGLE EGIPCI

Rectangle isòsceles en el què la base i l'alçada es valoren segons la secció àurea: base segons Φ i alçada segons 1. És el triangle que es troba en la secció meridional de la gran piràmide de Kéops. En l'Edat Mitjana es denominava "triangle egipci" al isòsceles de base 8 i alçada 5, establint la relació 1'6. (Ibidem, 2006).