

TÈCNiques I CONSERVACIÓ DE BÉNS IMMOBLES

2n curs – Grau en Història de l'Art – Grup A – Curs 2019-2020

Universitat de València

Prof. Carlos Enrique Navarro-Rico

MATERIAL D'ESTUDI PER A ÚS PERSONAL

Tema 5. La cultura romana

1. Qüestions bàsiques

- La cultura arquitectònica romana compta amb una gran riquesa en tècniques i programes constructius.
- En la seua base es troben les cultures etrusca i grega o hel·lènica.
 - De la cultura etrusca va prendre l'ús de l'arc.
 - De la cultura grega valorava molt l'arquitectura allindanada (**adintelada**), per la seua imatge d'ordre i severitat. Però sobretot, de l'arquitectura grega va prendre la columna com a element fonamental i ordinador del llenguatge arquitectònic.
 - No obstant això, la combinació d'arc i columna és pràcticament impossible des del punt de vista tectònic. Per això, la construcció romana utilitza la columna molt sovint adossada al mur, sense funció mecànica, aprofitant el seu valor estètic (Diapositiva 2).
 - Per altra banda, si les cultures hel·lèniques mantingueren una arquitectura per a l'art i l'ordre, i no sempre ajustada al criteri de funcionalitat, Roma es defineix per una arquitectura útil i funcional, ferma i duradora, però també bella i monumental.
- Uns dels motius de l'èxit de la romanització dels territoris que ocuparen els romans varen ser la urbanització (creació de ciutats) i la creació d'obres públiques i infraestructures, tant de caràcter urbà (fòrums, circs...) com d'enginyeria civil (aqüeductes, ponts, calçades, muralles...).
- El llenguatge i les tècniques arquitectòniques romanes emprades en les dites obres seran també instruments de romanització, ja que mantenen una unitat al llarg de tot el territori, encara que cada regió aportava particularitats constructives, materials o inclús formals.
- Aquesta unitat deriva d'una concepció de la construcció molt moderna, que la contempla quasi com una activitat relativa a l'enginyeria i industrialitzada. Les tècniques i els models s'estandarditzen i s'empren arreu de l'imperi materials i formes iguals o similars.
 - Un d'aquests materials que s'utilitza per tot l'Imperi i que és una de les bases principals de l'arquitectura romana és el formigó.
 - Molts elements constructius, com ara rajoles o algunes peces de pedra, es fabriquen de manera industrialitzada a llocs on abundaven els materials i els tallers, i des d'ells s'exportaven a tot l'Imperi per a construccions molt variades.

1.1. Fonts de coneixement de l'arquitectura romana

- Textos llatins
 - Molts escriptors deixaren constància de diferents tècniques, edificis, construccions, etc.
 - Són molt importants els textos de Vitruvi (80/70 aC – 15 aC), tractadista de l'arquitectura, i que va plasmar les formes de construcció habituals del moment.
- Epigrafia
 - A través d'inscripcions antigues
- Arqueologia
 - Analitzant les restes arqueològiques

2. Materials de construcció

Varien en funció de diversos factors:

- El tipus d'edifici, les seues dimensions i la seua situació.
- La disponibilitat econòmica.
- Les preferències personals i/o culturals dels clients.

2.1. Argila

L'argila s'utilitza fonamentalment cuita, per a la fabricació de rajoles.

En el nostre cas fem servir el mateix mot de "rajola" tant per al maó utilitzat en la construcció del mur ("ladrillo"), com per a les teules que es disposen a les teulades ("tejas").

Les rajoles dels teulats, anomenades *tegulae* en llatí, es fabricaven segons mesures estandarditzades (45 x 60 cm). (Diapositiva 3)

Les rajoles per a la construcció tenien com a referència per a les seues mesures el peu romà, unitat de mesura que sumava quasi 30 centímetres. (Diapositiva 4)

- La rajola estàndard era la *pedalis* que comptava amb 30 cm per cada costat (30 x 30 cm)
- *Bipedalis* (60 x 60 cm)
- *Sesquipedalis*, peu i mig per costat (45 cm)
- *Bessalis*, la meitat que l'anterior (22 cm)

Les parts de la rajola s'anomenen així: taula o pla (la superfície), cantell (el llarg) i testa (el través). (Diapositiva 5)

Moltes d'aquestes rajoles (dels dos tipus) portaven un segell que indicava dades diverses, com ara el productor, o el lloc de procedència, o les dates de fabricació, o l'obra a la qual estava destinada si aquesta era molt important, etc. (Diapositiva 6)

2.2. Pedra

Els romans construïen les seues ciutats de manera planificada, i sovint un dels requisits que havia de complir el lloc on disposar la ciutat era la proximitat de recursos petris. Per això, gran part de les construccions romanes utilitzaven pedra de caràcter local. Però

també en moltes ocasions es recorria a la importació de pedra d'altres llocs de l'Imperi, o de Grècia, Àsia Menor o Egipte. Aquestes pedres s'importaven normalment per motius estètics i per això es feien servir per a columnes, revestiments murals o paviments. A partir del segle IV dC les construccions dels segles precedents serviran de pedrera per a noves construccions, reaprofitant-se els materials però destruint-se per a això molts edificis antics.

Quant a l'extracció de la pedra, el sistema és el mateix que a Grècia, predomina a les pedreres la talla frontal de la pedra, en vertical, i seguint les vetes del material per a fer-ho més fàcil.

- No obstant això, els romans innovaren extraient blocs petris de grans dimensions d'una peça, com ara arquitrans i columnes, de marbre i granit. Per exemple, les columnes del Panteó, d'una alçària de 12 metres i un pes de 56 tones. (Diapositiva 7)

La pedra es traslladava des de la pedrera amb carros, tirats amb la força d'animals de càrrega (bous i mules).

- Quan les peces eren grans, es col·locaven sobre trineus, també arrossegats per animals o per la gravetat en cas d'existir pendent. (Diapositiva 8)
- En lloc de trineus també podien utilitzar-se corrons ("rodillos"). (Diapositiva 9)
- En altres ocasions, es va aprofitar la forma de les columnes per arrossegar-les, convertint-les en un eix de rodament; d'igual manera, a l'introduir els extrems d'altres peces en rodes de fusta, podien convertir-se en un eix que rodava sobre si mateix. (Diapositiva 10)

2.3. Fusta

La fusta és un element fonamental en la construcció. En l'arquitectura romana, la trobem present com a material constructiu:

- en forma de bigues que suporten les cobertes.
- en les armadures de murs d'*opus craticium*.
- en les balconades o les llindes i bastiments de portes i finestres.

Però no només està present com a material constructiu, sinó que també és fonamental per a les feines constructives:

- transport (carros, trineus, etc.)
- màquines elevatòries (Diapositiva 11)
- cintres
- bastides ("andamijes"): són construccions efímeres i lleugeres destinades a suportar el pes dels obrers, de les eines i de materials no massa pesats (s'empren sobretot en obres de rajola, de tàpia... que no exigeixen grans pesos).
 - De cavallet: les més simples, no assoleixen una gran alçària, uns tres metres com a màxim. (Diapositiva 12)
 - De perxa ("de pértiga"): són les més habituals i funcionals. Són una construcció senzilla. Una o varies plataformes o taulats suportats per un marc (de perxes verticals, travesses horitzontals, tirants o traves ["riostras"] de reforç, tot de fusta) que va guanyant en altura, al costat del mur que va alçant-se. (Diapositiva 13)

- També trobem bastides de perxa encastades a la construcció, és a dir, amb els travessers (*almojayas*, aqueixes ‘bigues’ que suporten les plataformes) introduïts en uns forats o forats de bastida (“*mechinales*”) que s’obrin en el mur que està construint-se. (Diapositives 14 i 15)

2.4. Formigó: *Opus caementicium*

És fonamental per a l’arquitectura i l’enginyeria romanes i el seu èxit. Una bona formulació del mateix conferia a la fàbrica una solidesa igual o millor que la de la pedra.

Es tracta d’un morter¹ constituït per cal, aigua i arena, que es barrejava amb un agregat de pedres de diverses mides, proporcions i característiques, i que una vegada endurit presentava una gran resistència. A més, a l’àrea del *Lazio* romà, descobriren que si afegien arena o cendra volcànica (*Puzzolana*, l’anomenaven ells), la mescla obtenia una resistència encara major. (Diapositiva 15)

Mira aquest vídeo, des del minut 5 fins al final (recorda que els vídeos també són material d’examen!): <https://www.youtube.com/watch?v=xQJa5mBjFG0>

El formigó romà podia fer-se servir dins de rases (“*zanjas*”) per a fonamentar edificis (Diapositiva 16), o dins d’encofrats de fusta per a donar-li forma, o com a reble (“*relleno*”) entre dos paraments fets de carreus, pedres o rajoles (Diapositiva 17).

És una tècnica ràpida i econòmica, i a més, mediambientalment sostenible. Hui en dia la indústria del ciment és la responsable d’un 5% de les emissions de CO₂ que estan darrere del canvi climàtic.

Llig aquest article: EL PAÍS. “Descubierto el ingrediente secreto que explica la fuerza del hormigón de la antigua Roma”. (Publicat el 4-7-2017) https://elpais.com/elpais/2017/07/03/ciencia/1499063196_879758.html

3. El mur: tipus de fàbrica i aparell

El primer pas en la construcció és el de la fonamentació.

Una característica que veiem en gran part de l’arquitectura romana és la fonamentació mitjançant sabates, és a dir, que la fonamentació augmenta la seua magnitud respecte al mur, es fa més ampla, per tal d’augmentar la superfície de contacte amb el terreny i reduir-ne la tensió. (Diapositiva 18)

Aquestes sabates es construïen amb grans carreus o pedres grans, unides amb morter de calç en les capes més profundes; o també podien construir-se amb formigó. La qüestió és que en les capes superiors del fonament, les més pròximes al mur que ja queda a la vista, havia d’emprar-se preferiblement la mateixa fàbrica o aparell que en el mur, per tal de donar-li estabilitat a aquest a través de la continuïtat amb la fonamentació.

¹ Morter: Mescla d’àrids (materials lítics molt menuts) que, treballada amb aigua, s’utilitza per a acoblar blocs, rajoles, etc.

Una vegada fets els fonaments, el mur continuava la seua construcció amb ~~bastides~~ bastides independents o encastades, com ja hem comentat.

3.1. Grans fàbriques: els carreus

Opus siliceum

Fàbriques de grans blocs de pedra amb diferents graus de talla. (Diapositiva 19)
Les pedres es careges (s'allisen en la seua cara externa) per a definir la verticalitat i estètica del mur, i també s'arreglen i tallen per tal que encaixen entre elles, organitzant-se així un mur de carreus rudes i irregulars, que després s'aparellen en sec, sense morter. Es feia servir per a muralles, fonamentacions o murs de contenció.

Opus quadratum

S'anomena així al conjunt de fàbriques de carreus esquadrats i més o menys regulars. Els carreus poden ser tots iguals o diferents entre ells, però normalment compartiran l'altura en totes les filades, o almenys en algunes d'elles (Diapositiva 20).

- Si tots els carreus són iguals i es disposen del llarg (amb el seu costat més llarg a la vista, "a soga"), parlem d'aparell isòdom (Diapositiva 21).
- Si els carreus no són tots iguals, sinó que trobem filades de diferent altura, però continuen disposant-se pel costat més llarg, parlem d'aparell pseudoisòdom (Diapositiva 22).
- És habitual trobar també l'aparell del llarg i del través ("a soga y tizón"). (Diapositiva 23)

3.2. Fàbriques mixtes

En aquestes fàbriques trobem la combinació de diverses mesures per als materials lítics emprats.

A més d'aquests tipus d'*opus* o fàbriques, hi trobem una solució tècnica habitual, tant a les fàbriques mixtes com a les menudes: la utilització de carreus o carreuons als angles dels edificis, així com a les llindes de portes i finestres, per tal de fer més sòlida i estable la construcció.

Fàbrica de dames

Consisteix en alternar carreus més o menys esquadrats (però no massa acurats) amb rebles de maçoneria, provinents del desbastat de la talla dels mateixos carreus, i que es poden disposar en sec o amb morter. En realitat, els elements portants del mur són els carreus, que formen l'esquelet de l'estructura, de manera que podrien eliminar-se els rebles sense comprometre l'estabilitat de la construcció. (Diapositiva 24)

És una tècnica d'aprofitament de recursos, però no és massa utilitzada ni va tenir una llarga trajectòria cronològica (s. IV-II aC).

Opus africanum

S'anomena així perquè va ser molt utilitzada a Àfrica; de fet, té origen cartaginès. Està constituït per cadenes verticals de carreus, que alternen la seua disposició en horitzontal i en vertical; entre d'aquestes, s'alcen murs de maçoneria de diferent tipus i aparell. (Diapositiva 25)

Opus craticium

És l'estructura mixta més difosa i més utilitzada al llarg de la història, però també la que menys restes ha deixat d'època romana, per la naturalesa perible del seu element ordinador: la fusta.

Està constituïda per un entramat de fusta, els buits del qual s'omplen amb *opus incertum*. L'entramat es construeix sobre un sòcol de pedra o fàbrica que aïlla la fusta del terra i de la humitat. Els panys de fàbrica queden finalment enlluïts. (Diapositiva 26)

3.3. Fàbriques menudes

Apareixen quan es difon el *caementicium* i aquest es revesteix amb paraments de pedres, carreus o rajoles que donen lloc a diferents tipus de fàbriques. (Diapositiva 27)

Opus incertum

Pedres menudes i irregulars configuren els paraments exteriors d'un mur de *caementicium*. (Diapositiva 28)

Opus reticulatum

És una evolució de l'anterior, que comença a produir-se a finals del segle II aC. Primer es dona el *quasi reticulatum* i després el *reticulatum* pròpiament dit.

Les pedres que formen els paraments exteriors tenen una forma més regular, tendent al rectangle. Cap a l'exterior es veu un dels extrems quadrats del carreu, que es disposa no sobre un dels seus llits, sinó de manera inclinada, sobre una de les seues puntes. Estos carreus xicotets i així tallats estan units per morter i sovint combinaven diferents colors o textures per a fer un efecte més estètic i decoratiu. (Diapositiva 29)

Opus vittatum

Es tracta d'un aparell isòdom o pseudoisòdom però de carreus de dimensions reduïdes. (Diapositiva 30)

Opus mixtum

Es tracta de fàbriques on els paraments exteriors combinen maçoneria de pedra amb rajoles. (Diapositiva 30)

Opus spicatum

Aquest tipus d'aparell rep el seu nom pel fet de tindre forma d'espiga, també es coneix com a 'espina de peix'. Es realitza amb rajoles o pedres tallades, i té un ús generalment decoratiu i com a paviment. En murs de càrrega és una mica feble, però al Renaixement serà reprès per la seua utilitat. (Diapositiva 31)

Opus testaceum

Aparell exterior del mur tot de rajola. Serà l'aparell més habitual de l'arquitectura imperial romana. Al llarg dels segles, les variacions respondran a les dimensions o les formes de les rajoles, però no a l'aparença de l'aparell. (Diapositiva 32)

Es farà habitual la divisió de les rajoles quadrades grans (*bessales, bipedales, sesquipedales...*) en parts triangulars. Disposades al parament, semblaven rajoles senceres, però d'aquesta manera s'aconseguia l'estalvi de material. (Diapositiva 33) També es podien fer combinacions cromàtiques (amb diferents tipus d'argila o combinats amb pedres).

La rajola tallada o aplantillada, en les dites formes triangulars o en formes redones o en altres, podia fer-se servir per construir motlures, columnes i inclús capitells, deixant-se a la vista o enlluïnt-se i donant-li aparença de marbre. (Diapositiva 34)

- Atenció!: A més de l'ús de la rajola en murs de *testaceum* amb reble de *caementicium*, trobem també l'ús de la rajola com a material únic per a la construcció d'envans ("*tabiques*"): és l'*opus latericium* (encara que sovint es confon amb l'*opus testaceum* i es fan servir ambdós conceptes per a la fàbrica de rajola i *caementicium*).

4. Sistemes de coberta

4.1. L'arc de mig punt

És una tècnica amb precedents etruscos i grecs, però els romans en generalitzen l'ús a partir del segle II aC. Els etruscos el construïen superposant rosques successives de dovelles radials, amb una arquivolta que dissimulava les irregularitats del trobament de les dovelles de la rosca amb els carreus del mur. Però els romans, en virtut de la perfecció que havien assolit en el tallat de la pedra, no necessitaven dissimular cap imperfecció i integraren l'arquivolta com un element decoratiu, tallant-la en les mateixes dovelles, que per tant eren molt més grans. De fet, arribaren a tallar-les 'en llança', fent-les coincidir amb les filades de carreus. A més, tindran per costum destacar la dovella central, fent-la més gran que la resta o amb algun tipus de decoració. (Diapositiva 35)

És la mateixa gravetat la que assegura la solidaritat entre totes les peces de l'arc, anomenades dovelles; és a dir, l'atracció de les dovelles cap a terra genera, una vegada totes unides, un esforç de compressió entre totes elles que distribueix les forces de manera que n'assegura l'estabilitat. Perquè això resulte així, les dovelles han d'estar recolzades en les seues veïnes mitjançant un perfil en falca o cunya que n'evite la seua caiguda. La clau central és una peça fonamental, perquè sense ella l'estructura s'enfonsaria; no obstant això, podem trobar-hi (en altres moments històrics) arcs de dovelles parells i que, per tant, no tenen una dovella central.

Tectònicament, l'arc aconsegueix traslladar les forces de les càrregues fins als estreps i murs que el suporten (A i B en la diapositiva 36), però genera unes fortes empentes horitzontals (q) i obliqües (Q i R) en els ronyons i en els estreps, cap a l'exterior de l'arc, que han de transmetre's al mur, i per això aquest ha de tenir un volum i estabilitat suficients. (Diapositives 36 i 37)

TREBALL PERSONAL²:

² És un treball propi, per al teu estudi. No és un treball d'avaluació apart, sinó que forma part del temari.

1. Busca en la xarxa, identifica i redacta les definicions d'aquests conceptes sobre l'arc: dovella, clau, extradós, intradós, arquivolta, salmer, imposta, brancal, estrep, llum.
2. Mira aquests vídeos i extrau idees i apunts (recorda que els vídeos també són material d'examen!):

<https://www.youtube.com/watch?v=ccJSXkaZHCO>
<https://www.youtube.com/watch?v=s0miHisTnGI>

Els arcs de descàrrega

Al tenir l'arc l'avantatge de desplaçar lateralment les càrregues que rep, poden donar-se-li altres aplicacions que no són només el cobriment d'un buit. Així, pot actuar també amb una funció de 'descàrrega' o de redistribució de forces en un mur. En aquestes ocasions apareix quasi sempre cegat. (Diapositiva 38)

- Per exemple, és habitual trobar arcs damunt de llindes rectes, cosa que evita el seu col·lapse per rebre massa pes.
- També és habitual trobar arcs en els murs de diferents construccions, actuen així com a tensors o traves ("*tensores*" o "*riostras*") de la seua estructura interna, transmetent les pressions i les empentes als punts forts d'aquesta. Un dels grans exemples d'açò és el **Panteó** (del qual parlarem).

Les cintres

Tant per a la construcció d'un arc com d'una volta, són necessàries les cintres ("*cimbras*"): suports robustos de fusta amb el perfil de la corba que vaja a construir-se. Aquestes cintres podien recolzar-se sobre el terra mitjançant pals, si no eren grans estructures (Diapositiva 39); o directament sobre l'estructura constructiva: sobre cornises disposades en la línia d'imposta o en peces ixents dels brancals o de l'intradós, per exemple (Diapositiva 40). Això últim feia possible un major estalvi de fusta i l'alliberament de l'espai inferior, que quedava lliure de bastides.

Mira aquest vídeo i extrau idees i apunts (recorda que els vídeos també són material d'examen!):

<https://www.youtube.com/watch?v=Sou0vOfM8xQ>

Fixa't particularment en el que ocorre a partir del minut 1, quan es retiren els elements constructius que envolten l'arc, especialment de la zona dels ronyons.

4.2. La volta de canó

Les voltes de pedra

Les voltes de pedra es plantegen com una successió d'arcs independents, apropats o adossats un al costat de l'altre. (Diapositiva 41)

Les voltes de formigó

El formigó, a més del morter, compta amb materials agregats. Si per a fonaments o murs aqueixos materials eren pedres de pes i consistència considerables, quan s'utilitzava per a cobrir espais, podien utilitzar-se pedres de menys pes, més poroses i lleugeres, com

ara pedra tova o pedra pumicita (“*pedra pómez*”), o inclús materials ceràmics (restes de rajola o d’àmfores, per exemple).

Voltes de formigó i pedra

Amb el desenvolupament del formigó, apareix un tipus de volta que també utilitza la pedra: consisteix en la construcció de la volta partint d’arcs faixons de carreus o dovelles tallades i disposades de manera que entre ells es podien introduir lloses de pedra que, recolzades sobre les dovelles, tancaven la volta. En aquest tipus de volta només es necessitaven cintres per als arcs faixons, perquè les lloses quedaven assentades sobre ells. L’extradós es reblia amb formigó. El problema era que la distància entre arcs faixons no podia ser massa gran, perquè les lloses no podien ser tampoc massa llargues: per una banda, era difícil trobar lloses d’aquestes mesures; per altra, com més grans, més fàcil haguera estat que col·lapsaren pel pes del formigó mentre aquest s’enduria (perquè una vegada endurit, el formigó concreta el seu pes amb la resta de l’estructura). (Diapositiva 42)

Voltes de formigó i rajola (importants!)

Però les voltes de formigó més enginyoses i revolucionàries són les construïdes a partir d’arcs de rajola disposada a rosca.

- El formigó és un material de construcció fluid, que necessita solidificar-se. Per això, es necessiten motlles i estructures que li donen la forma desitjada. Si per a la construcció de murs es necessitaven encofrats i/o paraments exteriors, en el cas de les voltes serien necessàries cintres que actuaren com a motlles.
- No obstant això, l’ús exclusiu de cintres no era el mitjà més idoni per a construir les voltes de formigó, perquè en ser de fusta, les cintres no tenen la rigidesa absoluta que necessita el formigó per a solidificar sense cap tipus d’esquerda o fragmentació.
- Per tot açò, els romans idearen incorporar una armadura interna de rajola que vertebrara la massa de formigó i suportara en part el seu pes, mentre solidificava i posteriorment, de manera permanent. Aquesta armadura no és només una estructura que serveix d’ajut per a construir la volta, sinó que per a l’arquitecte romà formava part indissoluble d’ella.
- Les voltes de formigó sovint es buidaven i es decoraven amb cassetons, i sempre rebien un enlluït que ocultava el material constructiu.

- Rajola a rosca

Aquesta armadura interna es componia d’arcs de rajola disposada a rosca, que s’unien entre si per altres filades de rajola, disposades en el sentit direccional de la volta, de manera que es creava una mena de retícula lleugera que servia d’esquelet a la construcció. (Diapositiva 43)

- Els arcs es construïen generalment amb rajoles rectangulars de mig peu per dos peus, és a dir, 15 x 60 cm, amb la testa (el costat més xicotet) de cara a la rosca. Les rajoles que nugaven aquests arcs solien ser *bipedalis*, és a dir, quadrades i de dos peus per costat (60 x 60 cm). (Diapositiva 44)
- Els buits d’aquesta armadura o esquelet anaven reomplint-se de formigó.

- Podia fer-se a mesura que el formigó es bolcava, en filades, sobre la construcció, de manera que tota la construcció guanyava altura al mateix temps;
- O podien reblir-se primer eixos 'caixons' buits i deixar-los solidificar-se, i després formigonar la resta de l'espai d'extradós de la volta. Així aconseguien alliberar les cintres de manera ràpida i aprofitar-les per a la resta de la volta, perquè podien retirar-les quan ja hi havia aquella primera capa de formigó que suportaria el pes del que encara mancava a l'extradós.
- Un exemple seria el *Palatino* (reconstruccions hipotètiques).

Els romans variaren aquesta tècnica constructiva, i en alguns casos passaren de concebre-la com una estructura contínua, reticular, a fer-la servir de manera discontinua, com un sistema d'arcs independents. Així, estalviaven en rajoles.

- Aquesta variació va començar amb arcs de rajola de mig peu per dos peus, travessats de manera regular per rajoles *bipedalis* però que no connectaven amb la resta d'arcs, de manera que l'arc quedava com una mena de costellam. (Aqüeducte de Neró) (Diapositiva 46)
- Com que la variant anterior no era massa estable, els romans idearen una solució a mig camí de la retícula prèvia: apariar els arcs i nugar cada parella amb rajoles transversals. (Algunes voltes del Colosseu) (Diapositiva 47)

En l'estructura contínua, és fàcil percebre que el pes del formigó està ben suportat per l'esquelet de rajola, i que aquest no es deformarà, perquè els "buits" de la retícula no són grans i el material queda compactat al seu interior. Igualment, en l'estructura amb forma de costella, la distància entre els arcs no és massa gran i els *bipedalis* estan prop uns dels altres, de manera que ocorre el mateix.

- No obstant això, amb la solució d'apariar els arcs i d'allunyar cada parella l'una de l'altra, podria semblar que els arcs podrien deformar-se i/o perdre aquella funció de suport del formigó, i que de nou serien les cintres les responsables. Però això no és així:
 - L'estructura de les cintres pràcticament no suporta pes fins a una certa altura, perquè els macissos de formigó que creixen des dels pilars i pels ronyons de la volta es sostenen sobre si mateixos. (Diapositiva 48)
 - El formigó no carrega sobre la cintra fins a aqueixa certa altura, i ja aleshores ho fa d'una manera molt limitada i progressiva, de manera que en aqueix punt els arcs ja no pateixen tantes tensions.

Aquest tipus de solució va evolucionar en la construcció de la basílica de Maxenci o en la de Constantí (307-313 dC), on els arcs havien de cobrir una distància de més de 23 metres de llum. Així, la rosca d'aquests arcs es va fer doble, amb un acoblament diferent. (Diapositiva 49)

- Però, ~~perquè~~ van optar per aquesta opció per a garantir la robustesa de la volta? No hauria estat més segur crear una estructura ~~contínua~~, com les primeres que hem mencionat? Total, s'haguera utilitzat una quantitat semblant de rajola (la que s'utilitza en la segona rosca, podria haver-se utilitzat per a unir els arcs entre si). I això és cert. Però també és cert que fer-ho així haguera requerit una major

quantitat de cintres i que aquestes foren més resistents, i per tant una despesa major.

- Com veiem, l'arquitectura romana és molt pragmàtica, optimitza els recursos i els posa en marxa de manera funcional i eficient.
- L'acoblament de les rajoles en els arcs d'aquesta basílica és particular perquè es va adaptar a la decoració de cassetons que després rebria la volta.
 - La decoració cassetonada era habitual i, a més, també tenia una funció tectònica, ja que ajudava a alleugerir la volta al buidar-la parcialment.
 - Els cassetonats es feien amb taulons de fusta. (Diapositiva 50)

- Rajola "de pla" (!)

La construcció de voltes sobre una quadrícula d'arcs i travesses de rajola (com les primeres que hem comentat del *Palatino*) és més còmoda, però exigeix una major quantitat de material que construir amb arcs parells separats entre si (com a la basílica de Constantí). L'arquitectura romana encara trobaria alternatives que unien la comoditat de comptar amb una estructura contínua, amb una despesa en rajoles i en cintres també reduïda. Es tracta de les voltes "de pla" ("*bóvedas tabicadas*"), és a dir, aquelles en les que les rajoles s'uneixen pels cantells i les testes (el llarg i el través), deixant a la vista la taula o pla (superfície). (Diapositiva 51)

- Sobre la forma convexa de les cintres es disposava una capa de rajoles assentades de pla, unides entre si amb algeps o amb un morter de ràpida solidificació.
- Normalment, sobre aquesta primera capa s'estenia un lleuger revestiment del mateix morter emprat, i sobre el mateix, una altra volta de rajoles.
 - Aquestes rajoles de la segona capa normalment eren més xicotetes. En alguns casos (Termes de Caracal·la, vil·la Adriana), algunes d'aquelles rajoles es disposaven de caire ("*de canto*"), amb l'objectiu d'assegurar una major adherència entre les capes de rajola i el formigó. (Diapositiva 52)
 - En altres ocasions, la segona volta s'ha reduït, de manera que les rajoletes cobreixen les juntes de la primera capa, o només les juntes verticals, o inclús només els punts d'unió dels cantons de les rajoles. (Diapositiva 53)
- Després, a l'extradós de la volta anava dipositant-se, en filades poc gruixudes, el formigó.

Gràcies a aquest procediment, les cintres podien reduir-se:

- Primer, perquè ja no eren necessaris taulells de fusta que configuraren la forma completa de la volta: era suficient la presència de taulells en aquells punts on les rajoles haurien de recolzar-se. (Diapositives 52 i 53)
- Per altra banda, la solidificació ràpida d'aquesta tècnica contribueix al fet que una mateixa cintra es pogués utilitzar al llarg de tota una volta, desplaçant-la segons anaven tancant-se les franges de volta.
- En aquest sentit, és important saber que aquestes voltes de pla es construïen sobre cintra i per franges. L'acoblament o unió de les rajoles no és dentat, ni en ziga-zaga, sinó que es disposen en damer.

- Més endavant veurem com, segles després, es va desenvolupar la tècnica de la volta de pla, però sense cintra, gràcies al fet que les rajoles s'unien d'una manera diversa a aquesta.

4.3. La volta d'aresta

La volta d'aresta és aquella que es conforma pel trobament de dues voltes de canó. (Diapositiva 54)

- El seu ús es fa habitual a Roma a finals del segle I dC, i un dels arquitectes que millor la va definir va ser Sever, constructor de la Domus Aurea o palau de Neró (60 dC).
- La volta d'aresta allibera la condició de suport continu en dos dels seus costats, com exigeix la de canó, i d'aquesta manera poden obrir-s'hi buits d'il·luminació sobre el nivell d'arrencada dels arcs que generen la volta.
 - L'arquitectura s'enriqueix així amb el joc lumínic.
- Per tant, aquesta volta és, aparentment, més lleugera que la de canó; i en part ho és realment, ja que moltes de les tensions de la volta es contraresten en la intersecció o aresta, i així són menors i estan més localitzades les empentes que arriben als suports.
- Aquest tipus de volta resol el cobriment d'espais de planta quadrada o rectangular, i juntament amb d'altres consecutives, ofereix una bona solució contrarestada per a cobrir naus longitudinals.

No obstant això, a l'arquitectura romana serà més habitual construir les voltes d'aresta baixant l'altura i/o l'arrencada d'un dels dos canons, de manera que el canó superior apareix com a principal i el transversal apareix solament com a llunetes. (Diapositiva 55)

Els mètodes de construcció són els mateixos que per a les voltes de canó: la rajola serà un element fonamental.

- En el cas de partir de la construcció de pla, en edificis com les termes de Caracal·la, les arestes (punt clau d'aquest tipus de volta, com és natural) es protegeixen i es reforcen amb una capa addicional de rajoles. (Diapositiva 56)
- La construcció a partir d'arcs de rajola s'adequava encara millor a les voltes d'intersecció. (Diapositiva 57)
 - Els arcs diagonals (els que s'entrecreuen en la volta) podien construir-se de tres maneres diferents, seguint allò que ja hem explicat anteriorment:
 - Amb tres arcs paral·lels i nugats entre si: per a voltes grans i que necessitaven un millor suport. L'adaptació de les rajoles a l'angle definit per l'aresta es feia descantellant-les *in situ*, de manera ràpida i tosca.
 - Amb dos arcs nugats: per a voltes menys pesades.
 - Amb un únic arc simple, amb rajoles grans intercalades i descantellades, a a mode de costelles.
 - Els arcs laterals o transversals (els que identificaríem com faixons i formers) podien construir-se de la mateixa manera que els anteriors, o no, perquè hi va haver obres on directament els faixons no es feien, per considerar-se superflus. (Diapositiva 58)

4.4. La volta de racó de claustre

Aquest tipus de volta es genera, com la d'aresta, de l'encreuament de dues voltes de canó. La diferència es troba en què no només les arestes, sinó també els plements, arrenquen dels murs. Així, es conforma per quatre plans triangulars cilíndrics, que conflueixen en la cúspide de la volta. És com una volta d'aresta, però les arestes són entrants, en lloc d'ixents.

El seu equilibri radica en el fet que cada triangle descansa i es recolza en els dos dels costats. Les empentes per als murs perimetrals són també menors que en la volta de canó.

5. La gran obra d'art de l'arquitectura romana: El Panteó

(Obra **importantíssima i fonamental** del temari de l'assignatura. Perquè estiga molt clara, l'estudiarem a través del llibre d'Ortega Andrade i de vídeos)

6. Bibliografia

L'arquitectura romana ofereix moltíssimes possibilitats d'estudi, que no obstant això, no abordem en aquest temari. Per a un major aprofundiment i ampliació, recomanem la lectura dels volums que han estat bàsics per a la redacció d'aquests apunts:

- ADAM, Jean Pierre. *La construcción romana*.
- CHOISY, Auguste. *El arte de construir en Roma*.
- ORTEGA ANDRADE, Francisco. *Historia de la construcción. Libro segundo: Romana y paleocristiana*.