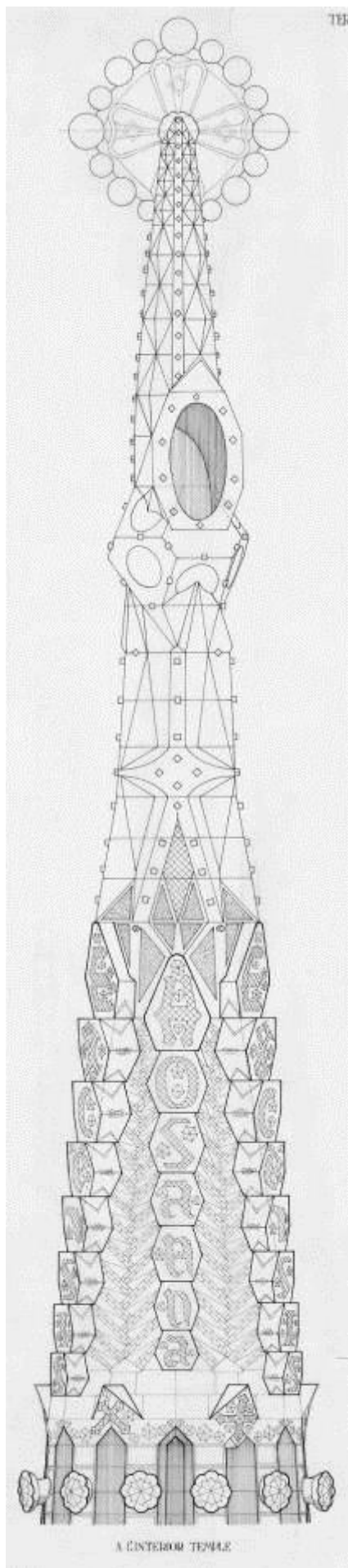


**Geometria i forma dels pinacles de la
Sagrada Família, d'Antoni Gaudí**

**Genís Àvila Casademont
Tesi doctoral**



Geometria i forma dels pinacles de la Sagrada Família, d'Antoni Gaudí

Genís Àvila-Casademont

Departament d'Expressió Gràfica (EGAI),
Centre d'Aplicacions Informàtiques en la
Representació d'Arquitectura i Territori
(CAIRAT), Escola Tècnica Superior
d'Arquitectura del Vallès (ETSAV),
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC),
Campus Sant Cugat del Vallès,
c. Pere Serra 1-15, 08--- Barcelona, Spain

Director
Joan Font Comas
Co-director
Isabel Crespo Cabillo

Programa de doctorat
Comunicació Visual en Arquitectura i Disseny
Departament d'Expressió Gràfica
Arquitectònica I
ETSAV-UPC

ETSAV (UPC)

Sant Cugat del Vallès, Juliol 2015

Tesi presentada per obtenir el títol de Doctor
per la Universitat Politècnica de Catalunya

Resum/ Abstract

A partir de l'estudi i anàlisi d'edificis existents, i utilitzant el modelat tridimensional hom pot entendre i per tant explicar, els principals mecanismes de disseny i construcció d'edificis històrics fent-los comprensibles a públics no especialitzats. El coneixement de les eines que ens ofereixen avui els softwares de CAD permeten aprofundir molt en el desenvolupament de mecanismes descriptius de l'edifici, abans de construir-los o tornant-los al seu estat originari si han sigut enfonsats o parcialment enfonsats. La tesi aprofundeix en aquests recursos a partir de diversos exemples, obres d'Antoni Gaudí, arquitecte referent a Catalunya, incidint especialment en la geometria i en la forma que els defineix.

El grau d'expertesa assolit i el constant procés de formació ens doten de capacitat per transmetre (a futures generacions) recursos per tal d'assolir amb criteri i rigor la documentació necessària per a ser bons professionals en el camp del disseny, l'enginyeria i l'arquitectura.

Paraules clau

PINACLE/ GEOMETRIA/ GEOMETRIA CONSTRUCTIVA/ GAUDÍ/
ARQUITECTURA/ DISSENY/ SAGRADA FAMÍLIA/ SUPERFÍCIES
GUERXES/ CAD-CAM/ REPRESENTACIÓ GRÀFICA/ DIBUIX TÈCNIC/
PLANIMETRIA/ PROCESSOS BIM/ RENDER/ MICROSTATION/
ANIMACIÓ ARQUITECTÒNICA

PRÒLEG

L'interès per desenvolupar el contingut d'aquesta tesi ve motivat per una de les tasques que he anat realitzant de forma continuada en el si del Cairat des de l'any 1998. Aquesta tasca es concreta en la reconstrucció virtual d'edificis històrics, per mitjà de models tridimensionals, per facilitar-ne l'estudi i difondre'n el coneixement.

En alguns casos el model generat s'ha utilitzat per obtenir-ne imatges i visualitzar així l'edifici; en d'altres ha servit per extreure'n la documentació tècnica necessària per poder-lo reconstruir o rehabilitar; i per últim, en unes altres ocasions el model ha estat el primer pas per generar i publicar descripcions gràfiques del procés de construcció i/o concepció de l'edifici. Amb independència de la forma finalment adoptada, podem dir doncs que en tots els casos el treball acaba conclouent en un discurs o narració, gràfica i visual, per explicar aspectes de l'edifici objecte de la reconstrucció virtual realitzada. De manera que la confecció del model no és més que un pas necessari per arribar a aquest discurs.

Sigui o no en forma visual, tot discurs ha de tenir un contingut, uns conceptes a explicar, cosa que òbviament només es podrà fer a partir d'assolir el suficient coneixement de la matèria. Per això, qualsevol d'aquests treballs requereix un procés previ d'estudi i interpretació de l'edifici. De fet, la generació del model representa, per ella mateixa, un exercici d'anàlisi profunda del tema que s'està modelant. Un model tridimensional no és com un dibuix, que pot deixar molts aspectes sense arribar a definir; un model tridimensional obliga a plantejar-se tot un seguit de qüestions geomètriques i constructives que no sempre tenen una solució òbvia. Poques vegades la resposta a aquestes qüestions apareix de forma explícita en la documentació gràfica històrica de l'edifici. De manera que, per tirar endavant el model, es fa necessari formular hipòtesis de solució coherents. Hipòtesis que no forçosament hauran d'ajustar-se a una veritat històrica, que sovint resultaria impossible de provar, però sí que han de respondre a lògiques geomètriques i constructives, encaixar en el context històric en què se situa l'obra i, donat el cas, harmonitzar amb el pensament i la manera de fer de l'arquitecte que va projectar-la.

Tot plegat fa que el procés de generació del model acostumi a anar molt més enllà del treball estrictament geomètric sobre un sistema de CAD, per endinsar-se en una recerca molt més àmplia. Una recerca i un coneixement subsegüent que són suport necessari del model generat i estan latents en ell, però que en gran mesura no seran explícitament expressats en el posterior discurs gràfic i visual, el qual, recordem-ho, és el principal objectiu d'aquesta mena de treballs.

Les característiques pròpies de l'arquitectura fan que l'explicació d'una gran majoria dels seus aspectes no sigui possible sense recórrer a un llenguatge visual. Però, més enllà de les morfologies més clarament interpretables, l'arquitectura

presenta sovint un grau de complexitat interna que fa que el missatge a transmetre sigui conseqüentment complex. Això explica que la representació gràfica arquitectònica hagi estat històricament un camp de llenguatge tècnic reservat als experts. Però avui, en l'actual societat de la informació, les circumstàncies han canviat. Avui disposem de molts més mitjans per construir missatges visuals i, conseqüentment, en tots els àmbits hi ha una major demanda social per veure i tenir accés a conceptes i coneixements que, fins fa poc, eren objecte d'una difusió i una claredat explicativa força més limitades.

Disposar de mitjans potents per a l'expressió visual no vol dir disposar ja d'un discurs fet; de la mateixa manera que parlar en una llengua de vocabulari ric no implica tenir una bona capacitat oratòria o una correcta expressió escrita. És clar que una llengua rica amplia les possibilitats de millorar el discurs, però no eximeix de l'exercici de construir aquest discurs, d'ordenar idees i, fent un ús adequat del llenguatge, transmetre uns conceptes amb claredat i força expressiva. La revolució de mitjans que ha comportat el desenvolupament dels sistemes informàtics ha suposat un sobtat i extens eixamplament dels recursos lingüístics de la representació arquitectònica. Tant és així que gairebé podríem parlar d'un llenguatge nou; nou per l'extensió de la nova gama de registres que integra i, sobretot, per l'encara poca experiència que acumula. Si tota llengua té els seus clàssics, encara avui són difícils d'identificar els clàssics de la moderna representació arquitectònica. Només l'experiència en l'ús dels nous mitjans, construint discursos visuals que afrontin nous reptes de comunicació, ha de permetre calibrar les capacitats expressives reals dels nous llenguatges d'expressió gràfica arquitectònica que deriven d'aquests mitjans. Aquest és l'àmbit que centra l'activitat que es desenvolupa al Cairat.

La definició de la morfologia dels pinacles de les torres de la Sagrada Família dóna peu a fer un exercici complet en la línia del que s'ha exposat. D'una banda, es tracta d'una qüestió que presenta un elevat grau d'incògnites, ja que Gaudí només va arribar a construir el pinacle de la torre de Sant Bernabé, a la façana del Naixement, mentre que, a la resta de façanes i torres, les representacions que en van fer ell o els seus col·laboradors deixen molts interrogants oberts sobre la geometria i la forma dels seus respectius remats. En el cas de la façana de la Passió, l'equip que dirigeix la continuació de les obres ja va fer la seva interpretació dels pinacles, per construir-los en el seu dia, però la resta encara s'ha d'executar. Sense qüestionar les decisions que puguin prendre els actuals arquitectes del Temple, aquest treball fa la seva aportació a un debat que forçosament resta i restarà obert, donada la indefinició amb què Gaudí va deixar la qüestió; i ho fa formulant les seves pròpies hipòtesis des d'una recerca en què s'estableixen possibles relacions amb torres i remats d'altres obres de Gaudí, s'estudien teories i corrents amb probable influència sobre el seu pensament, es busca la lògica geomètrica seguida en el cas de la torres de Sant Bernabé,

s'analitzen els escrits dels col·laboradors de Gaudí, etcètera. Un treball de recerca que finalment permet formular, d'una manera raonada, la pròpia interpretació de la forma que haurien de tenir els pinacles pendents de construir.

A partir d'aquesta recerca, la segona part del treball se centra ja en el discurs gràfic. Gaudí era un home especialment dotat per a la visió de l'espai tridimensional. El repertori de formes amb què treballa l'obra de la Sagrada Família està absolutament regit per lleis geomètriques que no són gens evidents i, consegüentment, gens fàcils d'explicar i fer veure. Però, explotant al màxim les possibilitats expressives dels mitjans informàtics, la segona part de la tesi configura una narració gràfica que persegueix un doble objectiu: mostrar, amb un format visual, els complexos mecanismes geomètrics amb què opera Gaudí per generar formes com les dels pinacles de la Sagrada Família i aportar una informació gràfica, rigorosa i exposada amb criteris constructius, de la interpretació que es proposa, per tal que, donat el cas, pugui ser utilitzada pels continuadors i estudiosos del Temple.

AGRAÏMENTS

En primer lloc, agraeixo al director d'aquesta tesi, en Joan Font i Comas, que sempre m'ha acompanyat en aquest llarg viatge, compartint i enriquint tots i cada un dels projectes que hem abordat des del Cairat, ja des de la seva fundació, i també per ser el meu gran professor de geometria descriptiva, aquella geometria de paral·lel·lex que em va formar en una branca de l'arquitectura que sempre m'ha entusiasmat.

També agraeixo a la co-directora de la tesi, la Isabel Crespo Cabillo, qui m'ha encoratjat i empès cap al final d'aquest projecte, així com als companys del departament d'expressió gràfica que en un moment o altra han compartit el seu coneixement i experiències: en Joaquim Regot, en Lluís Villanueva, en Galdric Santana, en Lluís Giménez, la Núria Garcia, en Paco Martínez i el sempre incansable Antonio Millán. I evidentment a la Maria i l'Olga, pel seu suport.

Pel disseminat món Gaudí, agraiements, perquè des de tots els fronts, m'han obert les portes, especialment a la Junta Constructora de la Sagrada Família, des d'on en Jaume Serrallonga i Gasch m'ha compartit i confiat el seu saber i també a l'Arxiu de la Sagrada Família a través de la Laia Vinaixa. A la Sílvia Vilarroya de la Fundació "La Pedrera", a l'Anna Mollet de la casa Bellesguard, a la Patrícia Puig del Muhba, als serveis del Palau Güell, i a Manuel Medarde Sagrera i Galdric Santana Roma per les seves personals visions, de l'arquitectura i persona, d'Antoni Gaudí.

Agraeixo en Kim Bover que des de la vessant professional em va obrir les portes a una professió, la de l'arquitecte, que m'apassiona. També aquí, al meu inseparable company de feina, en Francesc Parés i Massagué que de manera silenciosa, amb respecte i comprensió m'ha permès treballar a l'oficina sense cap mena de recança, creixent plegats en el camp d'aquest ofici.

En una altra vessant i no menys important, agraeixo als meus pares que, des de Palafrugell, sempre m'han acompanyat i ajudat, per arribar on he volgut.

I finalment, agraeixo especialment, molt especialment, a la Bet Madera Rusinyol, la meva parella, que des del dia que ens vàrem conèixer, ara farà 15 anys, sent a parlar d'aquesta tesi, amb anades i vingudes, i canvis de rumb, sempre ha estat al meu costat, encoratjant-me en tot i alliberant-me de tasques familiars, sense perdre l'alegria i el somriure infinit, del primer dia. També als meus fills, la Gina i en Jaume, que amb paciència i admiració han renunciat, a estones d'estar amb el seu pare.

ÍNDIX

Tesi doctoral 2015	3
Pàgina d'errates	4
Resum/ Abstract	5
Paraules clau	5
PRÒLEG	7
AGRAÏMENTS	11
ÍNDIX	13
CAPÍTOL I. Introducció: motius, objectius i metodologia	19
I.1 Els pinacles de la Sagrada Família com a tema per a un discurs visual	19
I.2 Interès per la geometria constructiva	20
I.3 Eines digitals per a una reflexió constructiva	22
I.4 Definició i concreció del tema d'anàlisi	23
I.5 Explicació del mètode d'anàlisi: software i mètode analític emprat	24
CAPÍTOL II. Bases del pensament geomètric de Gaudí	30
II.1 La formació geomètrica del Gaudí estudiant	30
II.1.1 La geometria aplicada, en el currículum acadèmic	30
II.1.2 La geometria de Rovira i Rabassa	31
II.1.3 L'academicisme científic.....	32
II.1.4 Una geometria revestida de ciència	33
II.1.5 Una geometria no tan elemental	34
II.2 La geometria en el pensament de Gaudí a partir de les seves paraules o anècdotes	35
II.2.1 El concepte gaudinià de la geometria	35
II.2.2 Els deixebles de Gaudí	35
II.2.3 Un Gaudí polièdric?	37
II.2.4 Pensament sintètic	38
II.2.5 Un Gaudí científic?.....	39
II.2.6 Visió de conjunt.....	40
II.2.7 Una geometria tangible.....	40
II.3 La geometria de les formes gaudinianes	41
II.3.1 La necessitat d'incorporar noves formes constructives	41
II.3.2 Superfícies reglades.....	42
II.3.3 Superfícies reglades guerxes.....	44
II.3.3.1 PARABOLOIDE HIPERBÒLIC	45
II.3.3.2 HIPERBOLOIDE HIPERBÒLIC	46
II.3.3.3 CONOIDES.....	47
II.3.4 Superfícies corbes.....	48
II.3.4.1 ESFERA	48
II.3.4.2 PARABOLOIDE DE REVOLUCIÓ	49

II.3.4.3	EL·LIPSOIDE	49
II.3.5	Sòlids polièdrics	49
II.3.6	Superfícies de transició	51
II.3.6.1	DE NOU EL PARABOLOIDE HIPERBÒLIC	51
II.3.6.2	FORMA CONSTRUÏDA I FORMA MODELADA	52
II.4	Els mètodes de treball de Gaudí	53
II.4.1	El concepte taller	53
CAPÍTOL III.	Un perfeccionament del gòtic?	61
III.1	Introducció.	61
III.2	La influència de Joan Martorell.....	62
III.3	L'arquitectura de Joan Martorell.....	64
III.4	L'herència de Villar.....	67
III.5	El primer projecte de Gaudí per a la Sagrada Família.....	68
III.6	Els traçats reguladors.....	70
III.7	Els traçats geomètrics de la Sagrada Família	71
III.8	La planta dels campanars	76
III.9	El concepte estructural.....	79
III.10	Conclusions del capítol.....	80
CAPÍTOL IV.	De pinacles i torres, prèvies als pinacles de la Sagrada Família.	83
IV.1	Anàlisi dels pinacles més rellevants realitzats per Gaudí directament o indirecta.....	83
IV.1.1	Façana de la Pedrera (1905)	86
IV.1.2	Xemeneies al Palau Güell (1886 – 1888).....	89
IV.1.3	Projecte no realitzat de las misiones católicas África a Tànger (1893)	96
IV.1.4	Pinacles a la Colònia Güell (1890-1910).....	100
IV.1.5	Pinacles al Convent de les Teresianes. (1889-1895).....	106
IV.1.5.1	LÀMINA IV.1.5-01	109
IV.1.5.2	LÀMINA IV.1.5-02	109
IV.1.6	La Torre al Pavelló d'accés al Parc Güell. (1901-1903).....	110
IV.1.6.1	L'ÚS DEL COLOR PER REFORÇAR LA GEOMETRIA/VOLUMETRIA.	127
IV.1.6.2	LÀMINES IL·LUSTRATIVES.....	127
IV.1.7	La Torre de la casa Bell Esguard.	128
IV.1.7.1	LÀMINES IL·LUSTRATIVES.....	136
CAPÍTOL V.	Treball d'anàlisi. Recopilació i anàlisi dels documents.	138
V.1	Llistat de peces i pinacles i situació de l'edifici	138
V.2	La façana del Naixement	140
V.2.1	La torre dedicada a l'apòstol Sant Bernabé	146
V.3	Evolució del disseny dels pinacles.....	154
V.3.1	Comparativa entre les dues maquetes i evolució del disseny del pinacle.....	159
V.3.2	Correcció dels elements escultòrics en funció de l'alçada.	173

V.4	Materials i sistema constructiu del pinacle dedicat a Sant Bernabé	182
V.4.1	La construcció en paraules de Gaudí	182
V.4.2	Base constructiva del pinacle de Gaudí	186
V.4.3	El pinacle per l'interior.....	188
 CAPÍTOL VI. Pinacle de la Façana del Naixement. Anàlisi tram a tram.....		195
VI.1	La torre	197
VI.2	La corona.....	198
VI.2.1.1	LÀMINES VI.02.....	201
VI.3	El tronc o fust (Hosanna i Excelsis) primer tram	202
VI.3.1.1	METODOLOGIA AIXECAMENT.....	209
VI.3.1.2	LÀMINES VI.3.....	215
VI.3.2	El fust (segon tram).....	216
VI.3.2.1	PELL EXTERIOR DEL FUST.....	216
VI.3.2.2	LÀMINES VI.04.....	227
VI.3.2.3	PELL INTERIOR DEL FUST.....	229
VI.4	La macla	234
VI.4.1.1	LÀMINA VI.4_01 PROPORCIONS DEL POLIEDRE	243
VI.5	El tronc o fust (bàcul, tercer tram)	244
VI.6	La Creu	247
VI.7	Definició final de les parts estudiades.	254
VI.7.1.1	LÀMINA VI.6.1 ALÇATS PRINCIPALS DEL PINACLE A PARTIR DEL MODEL TRIDIMENSIONAL.....	255
VI.7.1.2	LÀMINA VI.6.2 ALÇATS I SECCIONS DEL PINACLE A PARTIR DEL MODEL TRIDIMENSIONAL.....	255
VI.7.1.3	LÀMINA VI.6.3 AXONOMETRIES A PARTIR DEL MODEL TRIDIMENSIONAL.	255
 CAPÍTOL VII. Conclusions		257
VII.1	Bibliografia	262
VII.2	Il·lustracions.....	267

CAPÍTOL I

1^a part
CAPÍTOL I

CAPÍTOL I. INTRODUCCIÓ: MOTIUS, OBJECTIUS I METODOLOGIA

I.1 Els pinacles de la Sagrada Família com a tema per a un discurs visual

La investigació sempre porta implícit un repte, un no saber com acabarà, si bé amb la confiança que el camí seguit valdrà la pena. Això de per sí ja és una motivació important però si a més l'objecte d'aquest repte es localitza al Temple Expiatori de la Sagrada Família l'efecte es multiplica i encara engresca més. L'oportunitat que he tingut de poder treballar, en diverses ocasions, sobre algunes obres de l'arquitecte Antoni Gaudí i sobre les seves maneres de fer m'ha introduït, d'una manera o altra, en la investigació d'una obra que, ja sense discussió, és considerada cabdal en la història de l'arquitectura del nostre país. Això m'ha portat a estudiar amb certa profunditat l'autor i a entreveure'n la dimensió; una dimensió que creix, a mesura que s'avança en el seu coneixement, de manera que, lluny de culminar-lo, aquest progrés en el coneixement no fa sinó plantejar nous interrogants i obrir noves línies de recerca, no només des de l'àmbit de l'arquitectura sinó també des d'un ampli ventall de disciplines. El de Gaudí, doncs, és un camp d'interès ben viu. Com és viu i obert tot allò que fa referència al Temple de la Sagrada Família, en tant que es tracta d'una obra en construcció que atreu mirades d'arreu del món i que, en bona part, té encara moltes incògnites pendents de resoldre pel que fa al seu disseny i execució. Sembla plenament justificada, doncs, la pretensió d'aquesta tesi d'aportar llum a un camp, com el del coneixement de Gaudí, que desperta un interès tan viu.

Tot aquell que s'interessa per l'obra de Gaudí no triga a adonar-se de la complexitat i riquesa del seu univers formal. Superada la primera impressió, una mirada més atenta fa veure que, en la majoria de casos i en especial a la Sagrada Família, aquelles formes no són pas gratuïtes sinó que responen a lleis geomètriques ben definides. Amb tot, no resulta gens evident veure quines són aquestes lleis. Determinar-ho requereix una anàlisi detinguda i una expertesa específica. Ara bé, són diversos els estudis que indiquen que Gaudí no juga amb la geometria d'una manera especulativa. Gaudí sap sempre el que es fa. En el seu procés de treball, tot té un perquè. Però sovint, aquest perquè, que ell veu tan clar,

resulta extraordinàriament difícil de captar per als altres. Gaudí té una capacitat absolutament singular per veure l'espai de 3 dimensions¹, però els que no tenim aquestes capacitats necessitem veure amb els ulls el que ell sembla veure directament amb la ment. Per això, el tema escollit, els pinacles de la Sagrada Família, resulta plenament apropiat per als objectius d'aquesta tesi. Perquè l'anàlisi i comprensió d'aquests pinacles no és possible fer-lo sobre un discurs merament verbal recolzat en representació gràfica convencional. Entendre aquests pinacles requereix disposar d'un complet discurs visual intencionat que mostri, amb voluntat descriptiva, allò que ni les representacions convencionals ni les visions epidèrmiques de les fotografies no aconsegueixen mostrar.



Il·lustració I-1 Fotografia dels pinacles de la SAGRADA FAMÍLIA

I.2 Interès per la geometria constructiva

Des d'un punt de vista professional, i tenint en compte que no sóc un llicenciat novell, sempre m'ha interessat molt la posada a l'obra. El treball en obres de petita dimensió, especialment rehabilitacions, on els mitjans de l'operari són pocs i sovint la seva expertesa és escassa, obliga el tècnic a implicar-se directament en el replanteig a peu d'obra d'alguns dels elements projectats, com ara escales, voltes o cobertes. En aquestes situacions el recurs als coneixements de geometria descriptiva clàssica (analògica) resulta de gran utilitat, perquè permet traslladar a l'obra els traçats del dibuix, fent servir els recursos bàsics del paleta: el cordill,

¹ (Martinell, 1951)

l'escaire, el cartabó, el nivell i, a tot estirar, els actuals nivells làser que, bo i que les seves referències s'esvaeixen quan s'apaguen, faciliten molt la feina.

Partint d'aquesta experiència viscuda en primera persona, resulta gairebé immediat sentir empatia per un personatge com Gaudí. Tot i el seu caràcter certament polièdric, Gaudí és, per damunt de tot, un arquitecte, un arquitecte que toca l'obra, que s'implica personalment en el replanteig i en l'execució (visites a Colònia Güell²). Les seves formes es defineixen a través d'una geometria que es veu amb els ulls i es toca amb les mans. Dels escrits dels seus col·laboradors i de les fotografies dels seus tallers, particularment de l'Obrador de la Sagrada Família, es desprèn que Gaudí té un concepte essencialment visual de la geometria i posa molt d'interès a fer-la veure als que l'envolten. El constant recurs a maquetes d'escaiola i a estratègies enginyoses, com ara la de generar plans de llum a la coberta de l'obrador, per tal de fer veure les seccions planes de les superfícies amb què treballa, indiquen un sentit absolutament visual de la geometria³.



Il·lustració I-2 Imatges extretes del curt explicatiu del control de les ombres a través de les comportes oscil·lants del taller de Gaudí a la SAGRADA FAMÍLIA (L'obrador)

El fet de plantejar, per al treball d'aquesta tesi, l'ús d'eines informàtiques, com un dels seus punts essencials, pot induir a pensar que es pretén fer una aproximació a la geometria de Gaudí des d'un pensament abstracte, propi del món digital. És obvi que això fóra contradictori amb la idea gaudiniana d'una geometria tàctil, pensada per anar a l'obra. Per tant, aquí les eines informàtiques no juguen altre paper que el de facilitar l'anàlisi geomètrica a través justament de les seves capacitats per controlar i fer clarament visibles les formes en estudi. Per raons d'eficiència en el progrés de l'obra, és comprensible que els actuals constructors del Temple de la Sagrada Família recorrin a eines i tecnologies de concepció digital i paramètrica per a la continuació de les obres. Això és òbviament útil per fer avançar les obres i reduir-ne la durada, però no per interpretar Gaudí i comprendre la lògica de les seves formes. Sense ànim d'entrar en la polèmica

² (Gaudí al descobert, 2013) "Existeix documentació que prova les anades i vingudes de Gaudí a la Colònia Güel"

³ (Martinell, 1951)

sobre si és més o menys oportuna la continuació de l'obra, no es pot obviar que tal polèmica té les seves raons de ser. D'una banda és evident que, en el temps actual, continuar l'obra operant únicament amb les tècniques del temps de Gaudí no tindria sentit ni fóra viable. Però cal admetre que també és igual d'evident que construir amb tecnologies d'avui elements i formes que són conseqüència directa de la cultura constructiva d'aquell temps conté importants elements de contradicció. Uns i altres, partidaris i detractors, tenen raó doncs. Però la intenció d'aquesta tesi no és plantejar vies tecnològicament avançades per resoldre la construcció dels pinacles encara no executats sinó indagar en el pensament de Gaudí, en els seus conceptes geomètrics i constructius.

Per tant, per entendre el pensament de Gaudí i la lògica de les seves obres, cal fer-ne una aproximació des del pensament de la geometria constructiva pròpia del seu temps, aquella que es basa en regles, cordills, el plom i el nivell. Per bé que Gaudí havia rebut formació en geometria analítica, tot indica que les seves formes no es basen mai en l'abstracció del pensament matemàtic sinó sempre en la concreció del pensament constructiu. Fer una aproximació a aquest pensament concret és un dels objectius del present treball.

I.3 Eines digitals per a una reflexió constructiva

Malgrat les reflexions de l'apartat anterior, és inqüestionable que són la geometria analítica i el pensament matemàtic els que fan possibles les actuals eines de disseny amb ordinador. Però això és així si ens situem en el terreny del programador, i no ho és tant si aquestes eines es miren des del punt de vista de l'usuari. L'arquitecte o dissenyador necessita mantenir un constant diàleg visual i sensible amb les formes que projecta. Per això la interfície de treball de les aplicacions informàtiques orientades al disseny busca simular visualment una relació entre dissenyador i forma 3D que sigui propera a la que es donaria en una manipulació real d'aquesta.

Evidentment, no és el mateix. La relació que podem tenir amb una forma que manipulem a la pantalla d'un ordinador no pot ser mai igual al que representaria tocar-la físicament. Però en canvi, la immediatesa en la generació i modificació i els conseqüents estalvis de temps, d'esforços i de materials són arguments inqüestionables a favor del recurs a aplicacions informàtiques de disseny assistit. És lògic, doncs, que el procés de treball passi en gran mesura per l'ús d'una d'aquestes aplicacions. Però això no implica deixar de banda la reflexió des del punt de vista de la geometria constructiva; una reflexió que no és necessàriament implícita als processos de definició geomètrica de la forma, en un disseny assistit, però que aquí cal fer de manera conscient i buscada, atès l'objectiu de la tesi.

Certament, les aplicacions de disseny assistit brinden potents vies de generació formal; vies, però, que sovint guarden poca relació amb el que fóra un procés de definició física i real de la forma. En l'àmbit de les superfícies, per exemple, una aplicació de CAD pot oferir 3 o 4 metodologies diferents, totes aparentment igual de vàlides, per definir una forma concreta. Però una anàlisi rigorosa dels resultats permetrà veure que hi ha importants diferències entre elles; diferències que encara poden variar més, en funció de quina sigui la informació de partida que s'ha introduït. Llevat d'aquelles superfícies que es poden generar per processos d'extrusió o revolució, els sistemes digitals determinen les superfícies per interpolacions entre seccions; interpolacions que poden ser calculades amb algorismes diferents que donaran lloc a aproximacions diferents. Cal doncs ser molt rigorós i fer un ús crític dels sistemes de disseny assistit, a l'hora de fer anàlisis com les que planteja aquesta tesi. No és una qüestió de precisió. És obvi que, en el món de la construcció artesanal en què treballa Gaudí, els índexs de tolerància estan molt per damunt de la teòrica precisió del món digital. Però sí que és una qüestió de concepte constructiu. Els processos de definició informàtica i les superfícies obtingudes han de ser coherents amb una metodologia constructiva compatible amb els mitjans propis del temps de Gaudí.

Operant amb aquestes premisses, el sistema digital és de gran utilitat com a eina de reflexió i comprovació, que permet assajar diferents processos de determinació geomètrica de la forma fins a definir una hipòtesi de metodologia de generació i control que guardi coherència amb els mitjans de què disposava Gaudí a l'obra.

I.4 Definició i concreció del tema d'anàlisi

La idea inicial de la tesi era centrar l'anàlisi en els pinacles que coronen els campanars del Temple de la Sagrada Família, parant especial atenció en el de la torre de Sant Bernabé, atès que és l'única que Gaudí va arribar a veure acabada. Des de bon principi, com ja s'ha exposat, aquesta anàlisi s'enfoca des del punt de vista de la geometria de l'element i de la seva conseqüent lògica constructiva. Es tracta, doncs, d'una anàlisi que es fixa en la forma, fonamentalment. Per tant els pinacles no són aquí contemplats des de la funció estructural que el gòtic -i el mateix Gaudí, que ha estat considerat com a l'últim dels gòtics- els assigna, en el paper de massa que permet donar esveltesa a una torre, sinó des del seu innegable vessant compositiu, com a elements que prolonguen i rematen el conjunt de les torres del temple.

Vist des d'aquest vessant, sembla clar que aquesta mena de remats allargassats representen un element recurrent, en l'obra de Gaudí. No són, en absolut, una

singularitat de la Sagrada Família. Ben al contrari, des del Capricho fins a la Casa Batlló, passant pel col·legi de les Teresianes, Bellesguard, la Pedrera o el Parc Güell, aquest tipus de remats esvelts i punxeguts, de morfologia predominant cònica, esdevenen una constant. D'altra banda, si es té en compte que Gaudí viu els seus últims anys dedicat exclusivament a la Sagrada Família, i que la seva mort es produeix poc després d'acabar la torre de Sant Bernabé, hem de concloure que el pinacle d'aquesta torre ve a ser l'última cosa que construeix. Sembla lògic pensar doncs que, d'una manera o altra, l'execució d'aquest pinacle condensa tot el bagatge d'experiència acumulada al llarg d'una vida apassionadament dedicada a l'ofici d'arquitecte. Hem de concloure doncs que, quan Gaudí planteja el disseny i construcció d'aquest pinacle, s'està enfrontant a un tema que coneix prou bé i sobre el qual ha tingut ocasió de reflexionar repetidament al llarg de la seva carrera professional. Arribats a aquesta conclusió, sembla pràcticament obligat obrir el focus i estendre l'anàlisi a altres precedents representatius dins de la seva obra.



Un primer cop d'ull ja deixa veure que gairebé tots els casos presenten una geometria marcada, però que rarament és trivial. Una geometria que sovint implica solucions poc habituals per controlar-la en obra. El propòsit del treball, doncs, és posar al descobert aquestes geometries, plantejar procediments per controlar-les a l'obra, que siguin possibles per al temps de Gaudí, i fer explícits, per mitjà de dibuixos i imatges interpretatius, aquests secrets de la manera de pensar i de construir d'Antoni Gaudí.

I.5 Explicació del mètode d'anàlisi: software i mètode analític emprat

Com és sabut, l'incendi de l'Obrador de la Sagrada Família, ocorregut durant els primers dies de la guerra civil espanyola, va malmetre la pràctica totalitat de documents i resta de material original que s'hi conservava. Això fa que, més enllà de l'obra construïda, la informació sobre Gaudí calgui buscar-la, bé en el testimoni dels que van treballar amb ell, bé en els diferents estudis que s'han fet sobre l'arquitecte i la seva obra o també en la documentació fotogràfica que es conserva en els arxius històrics. Encara que existeixen plànols originals d'alguns

edificis, aquests corresponen a l'expedient del projecte, per tant fan referència a una escala general de l'obra i no tracten aquesta mena d'elements de detall sobre els quals se centra aquest estudi. Pel que coneixem de la manera de treballar de Gaudí, més enllà de les precisions inicials de projecte, anteriors a l'inici de les obres, ell anava estudiant detalls i solucions permanentment, i prenia noves decisions durant el procés d'execució. El tipus d'elements en què es fixa aquesta tesi s'inscriu justament en aquest concepte de la petita escala, que sol treballar-se en dibuixos i models d'estudi, és a dir, en un material que en podríem dir *de consum intern* del gabinet professional de l'arquitecte i que no té altre objectiu que aportar instruccions als executors directes de l'obra. Parlem doncs d'una documentació que molt probablement es va perdre a l'incendi de l'Obrador. Com és sabut, però, Gaudí recorria habitualment a models d'escaiola per estudiar les formes i les seves geometria i composició. Una bona colla d'aquells models han estat pacientment reconstruïts pels maquetistes de la Sagrada Família, a partir de l'escampall de fragments que es van recollir després de l'incendi i de la documentació fotogràfica que s'ha conservat. I aquesta sí que ha estat una font d'informació de primer ordre. Sovint no tant perquè s'hagi pogut trobar el model concret de l'element que s'analitza, sinó perquè, en altres peces recuperades, corresponents a estudis per a les obres del Temple, s'identifiquen clarament les mateixes solucions formals que Gaudí planteja per a alguns dels elements estudiats. Igualment, s'ha consultat la bibliografia preexistent, en especial articles o informes que donen notícia de possibles restauracions dels elements que s'estudien; articles que per una banda solen contenir informació gràfica sobre l'estat inicial i, per altra, descriuen la intervenció efectuada, cosa que permet calibrar fins a quin punt aquesta pot haver alterat la geometria original.



Il·lustració I-3 Fotografies taller maquetes a la SAGRADA FAMÍLIA (arxiu de la SAGRADA FAMÍLIA)

Amb independència del major o menor volum de documentació a què es pugui accedir, els elements que s'estudien són tots existents i es troben a Barcelona o al seu entorn. Per tant, un requisit inexcusable en cada cas és la inspecció directa. S'entén que, per poder començar l'anàlisi de l'element, resulta imprescindible *tocar-lo*, és a dir: examinar-lo des de tots els angles possibles, fotografiar-lo, estudiar-lo visualment i, en la mesura en que això sigui possible, prendre'n les mides bàsiques que permetin arribar-ne a determinar les lleis geomètriques. En general s'han descartat aixecaments superficials per mitjà d'escàner làser, llevat del cas específic del pinacle de la Torre de Sant Bernabé en què l'element era inaccessible i es va aprofitar que n'hi havia un de fet⁴. En la resta de casos, aquesta mena d'aixecaments s'ha descartat perquè, en el tipus d'anàlisi que fa la tesi, la informació superficial, per núvol de punts, no és rellevant en absolut. El rellevant és obtenir els paràmetres mètrics base que permeten controlar una geometria que té unes lleis de generació ben definides, encara que no resultin evidents.



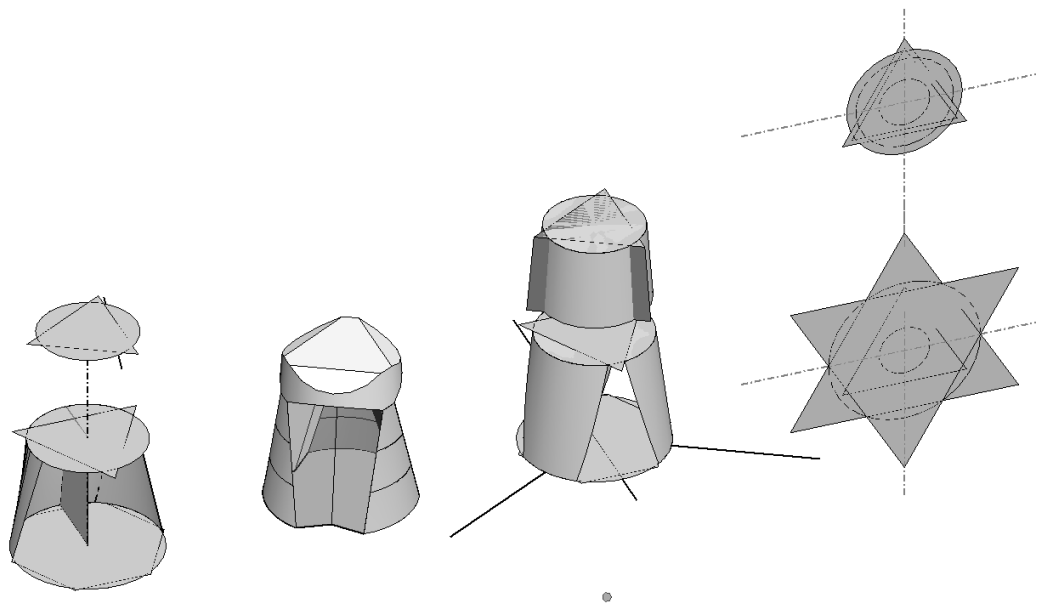
Il·lustració I-4 Diferents solucions de presa de dades del pinacle en qüestió

Amb les dades obtingudes a partir de la documentació i de l'estudi in situ, s'inicia un primer modelatge temptatiu en què s'assagen les directrius més probables de la geometria de la forma estudiada. Pot fer falta assajar diferents hipòtesis fins a trobar la que encaixa de ple amb les característiques de la forma observada. El procés requereix rigor ja que, com s'ha dit, els sistemes de modelatge informàtic 3D generen les superfícies per interpolació entre seccions, aplicant algorismes diferents que donaran lloc a aproximacions diferents. En els casos que s'analitzen, sovint la primera dificultat està en identificar la geometria de les seccions de partida. Si les seccions no estan correctament definides, la generació de la forma resulta forçosament errònia i es desvia clarament de la forma observada. Així i tot, en el supòsit que les seccions ja han estat ben definides, cal assajar metodologies que puguin fer una interpretació correcta de la hipòtesi geomètrica que, en cada cas, es planteja per definir la superfície que es busca. En tots els casos, cal no

⁴ (Modeling Sant Bernabé pinnacle of the Sagrada Família (Barcelona, Spain), 2007)

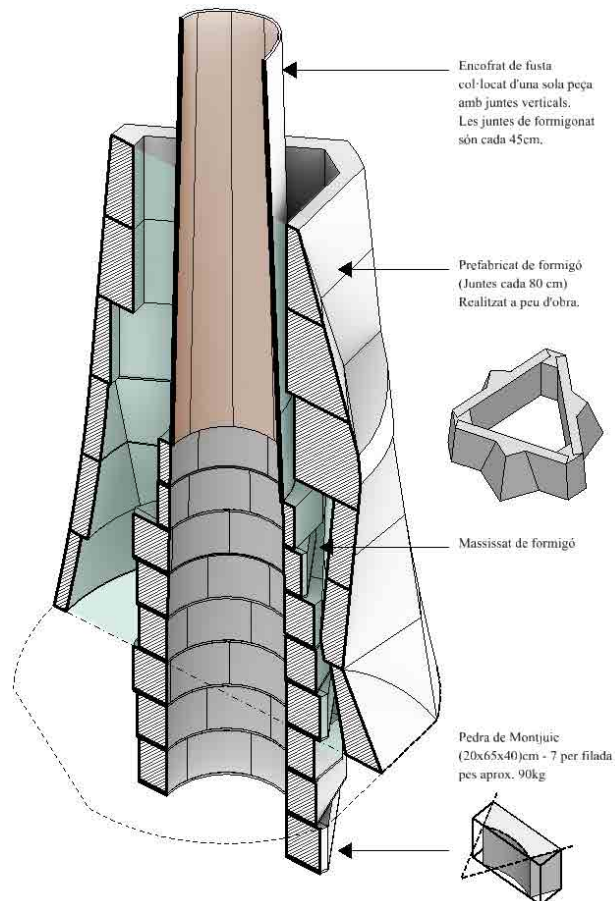
cas, es planteja per definir la superfície que es busca. En tots els casos, cal no oblidar que la forma resultant ha de ser construïble, és a dir, que s'ha de poder controlar en obra, amb un grau de complexitat raonable. Per això, amb independència del procediment digital seguit per generar el model virtual, les superfícies obtingudes han d'encaixar amb alguna hipòtesi coherent de control a l'obra. Sovint els mètodes de definició constructiva no són aplicables a la generació digital, la qual segueix camins diferents. No obstant això, la geometria de la superfície virtual i la de la constructiva han d'acabar sent la mateixa. Per tant tot model digital aparentment satisfactori ha de ser rigorosament analitzat per tal de verificar que compleix les lleis de generació de la superfície que resultaria d'aplicar la hipòtesi constructiva que es proposa en cada situació concreta. Per exemple: si tractem de modelar una superfície que, d'acord amb la hipòtesi que estem plantejant, ha de tenir seccions horitzontals en forma d'arc de circumferència, caldrà comprovar que, efectivament, tota secció horitzontal de la superfície segueix aquesta llei; si, en canvi entenem que una determinada superfície ha de resultar del moviment d'una recta que, desplaçant-se en paral·lel, segueix dues corbes, podem programar un guió d'animació en què forcem una recta a seguir aquest moviment. En executar el guió -si cal, quadre a quadre-, la imatge ens mostrarà si, en els seu desplaçament, la recta es va mantenint sempre sobre la superfície.

D'una manera recurrent, el procés es va ajustant fins a definir una hipòtesi de geometria de la forma que encaixa amb les observacions fetes, amb les relacions mètriques comprovades i amb una possible estratègia de control constructiu compatible amb els mitjans de què disposava Gaudí. El resultat final és un model 3D virtual que compleix tots els requeriments formulats.



Il·lustració I-5 Instantània del procés d'anàlisi de la forma

A partir d'aquí, el pas següent és la confecció del discurs gràfic o visual. En cada cas, cal estudiar el problema narratiu que presenta, acotar clarament les lleis que determinen la forma i escollir la millor manera de fer-les visualment explícites. Cal veure quines vistes o projeccions són les més adequades i quina és la fórmula narrativa que millor pot resoldre el problema comunicatiu plantejat. Aquesta anàlisi desemboca en un guió narratiu de treball; guió que és desenvolupat ja en el procés de producció final, en el qual es van decidint altres aspectes igualment decisius per a la claredat del missatge com són: colors, il·luminacions, fons, tractaments superficials, etcètera.



Il·lustració I-6 Imatge extreta d'una làmina explicativa corresponent al capítol V

CAPÍTOL II

CAPÍTOL II. BASES DEL PENSAMENT GEOMÈTRIC DE GAUDÍ

L'objectiu d'aquest capítol és situar el marc de la geometria amb què Gaudí defineix les formes que projecta: quins elements singulars presenta i quines són les bases d'aquesta suposada singularitat. Amb aquest plantejament, sembla obligat començar per donar un cop d'ull a la formació geomètrica que rebé a Barcelona, ja com a estudiant d'arquitectura. En segon lloc, el capítol recull i analitza un seguit de sentències o afirmacions personals en què, segons el testimoni dels seus col·laboradors, el mestre feia al·lusió al paper que ell considerava que tenia la geometria en la feina d'un arquitecte. Finalment, es fa una exposició ordenada i comentada de les formes i superfícies geomètriques que més clarament determinen la singularitat de Gaudí en aquest terreny.

II.1 La formació geomètrica del Gaudí estudiant.

II.1.1 La geometria aplicada, en el currículum acadèmic

La qüestió de la formació acadèmica de Gaudí ha estat estudiada pel Dr. Jaume Serrallonga⁵, en un dels capítols de la seva tesi "Geometria i mecànica en els models de Gaudí", on rastreja tant els programes docents dels cursos en què va estudiar, amb els corresponents professors que els impartien, com la bibliografia que s'hi utilitzava, com algunes col·leccions, que s'han conservat, d'exercicis d'estudiants que compartiren aules amb Gaudí. Bo i fer un seguiment molt complet de tot el seu currículum acadèmic, arrencant des de l'ensenyament primari, l'estudi del Dr. Serrallonga posa el focus principalment sobre aquells aspectes formatius que tenen incidència directa en el coneixement de la mecànica de les estructures arquitectòniques. Un camp aquest que, en el cas de Gaudí, i tal com indicava el mateix títol de la tesi, està íntimament relacionat amb la geometria. Però, en l'anàlisi de Serrallonga, la geometria és contemplada fonamentalment des d'aquest punt de vista de la seva incidència en la definició de la forma estructural i en els càlculs de distribució de forces per mètodes gràfics. Sobre la base de l'esplèndida aportació documental que fa Serrallonga, els objectius d'aquesta tesi demanen ara fer-ne una lectura diferent; una lectura que

⁵ (Serrallonga Gasch, 2003) pag. 185

contempli la geometria bàsicament des de la seva funció d'ordenadora dels pensaments formal i, sobretot, constructiu de l'arquitecte.

La formació en geometria gràfica i aplicada d'un estudiant del temps de Gaudí passava fonamentalment per les assignatures "Geometria descriptiva", "Estereotomia de la pedra, de la fusta i del ferro" i "Ombres, perspectiva i gnomònica". La primera d'elles Gaudí la cursa com a preparació prèvia a l'ingrés als estudis d'arquitectura. Es tracta doncs d'una assignatura de plantejament polítècnic, amb una orientació comú per a tota mena d'aspirants a ingressar a una carrera tècnica. I, de la documentació examinada per Serrallonga, es desprèn un concepte de matèria de caire bàsic, centrada en la sistematització dièdrica del control de: posicions de punt, recta i pla; moviments; mínimes distàncies; poliedres regulars i intersecció de poliedres. Encara que té un enfocament eminentment gràfic, el programa sembla respondre al clàssic plantejament abstracte d'una matèria preparatòria, mancada encara d'una intencionalitat professional definida.

Per bé que no queda clarament documentat, és altament improbable que la formació en Geometria descriptiva dels futurs arquitectes acabés aquí. N'hi ha prou de veure algunes de les col·leccions d'exercicis que es conserven, de les altres dues assignatures (les úniques que figuraven en el pla de l'Escola d'Arquitectura), per adonar-se que mostren un nivell de dificultat i de coneixement geomètric requerit que rebassa, de molt, els continguts de l'assignatura preparatòria. Cal suposar, doncs, que aquesta matèria comú devia tenir una segona part que no s'ha pogut documentar, o bé que, sota el mateix paraigua de les esmentades assignatures del pla de la recent creada Escola Provincial d'Arquitectura de Barcelona, s'incloïen nous coneixements avançats de Geometria descriptiva. Una suposició que ve recolzada, si més no, pel fet que el Dr. Serrallonga ha pogut documentar clarament el programa de Geometria descriptiva dels últims anys de l'Escola de Mestres d'Obres, just abans de desaparèixer per donar lloc a la nova Escola Provincial d'Arquitectura. Aquest programa inclou corbes, tangències, i l'estudi de diferents superfícies, com ara: el cilindre, el con, l'esfera, l'hiperboloide d'un full i altres guerxes, com els conoides i els helicoides. No hi ha dubte doncs que, ja sigui com a preparació prèvia a l'ingrés, ja com a part de la matèria d'estereotomia, Gaudí va rebre formació en el coneixement i el control gràfic de totes aquestes formes i superfícies.

II.1.2 La geometria de Rovira i Rabassa

Sembla pertinent, en aquest punt, parlar del pes que en aquell moment encara tenia una matèria com l'estereotomia. Per bé que a la Catalunya de l'època la construcció amb pedra no assolía, ni de bon tros, el protagonisme que podia tenir a Madrid, on l'aixecament d'edificis oficials i representatius estava a l'ordre del dia, el coneixement del tall de la pedra, estès al de la fusta i, més modernament al del ferro, encara ocupava un lloc important en la formació dels arquitectes. El fet

és remarcable perquè tot indica que l'estereotomia era la disciplina on, d'una manera o altre, es podia establir millor la connexió entre un coneixement geomètric abstracte, sovint impregnat de pensament teòric i matemàtic, i la realitat tangible del problema pràctic del control de la forma en obra.

En el temps en què Gaudí estudia a l'Escola Provincial, Antoni Rovira i Rabassa era qui s'encarregava de l'estereotomia i de les ombres. Segons ha documentat el Dr. Josep Bertran, en la seva tesi doctoral, Rovira i Rabassa inicia la seva carrera docent a l'Escola de Mestres d'Obres de Barcelona el 1868 -un any després d'acabar la carrera a l'Escola de Madrid- ocupant la plaça de professor de Geometria descriptiva i Estereotomia, en substitució de Josep Casademunt, que fins aleshores era el titular d'aquestes matèries i que acabava de morir. Tot i el caràcter professional de l'Escola, Casademunt feia un plantejament força abstracte de la geometria descriptiva, que definia com "...aquella parte de las matemáticas que nos suministra reglas para describir los cuerpos...". Segons exposa el professor Bertran, el jove Rovira i Rabassa es mostrava crític amb aquesta concepció i va plantejar una assignatura que, alhora que aprofundia més en el coneixement geomètric, es volia orientar millor cap als camps d'aplicació d'aquest coneixement. Malgrat aquest bon propòsit de Rovira i Rabassa, sembla ser que anys després Gaudí, recordant la seva etapa escolar, malparlava de les seves classes. El considerava un teòric, que explicava el que havia après en els llibres francesos. I, en la peculiar manera gaudiniana de dir les coses, jutjava que la geometria de Rovira i Rabassa estava vinculada a l'analítica i a l'àlgebra però no al temperament plàstic. I encara, amb aquell cert punt fatxenda, tan propi d'algunes de les seves afirmacions, assegurava que per a ell la geometria no era cap problema, que mai no havia estudiat més geometria que l'elemental ni n'havia necessitat mai cap llibre⁶.

II.1.3 L'academicisme científic

Malgrat aquestes crítiques gaudinianes, l'estudi de Josep Bertran sobre la figura de Rovira i Rabassa dóna prou elements per poder-lo definir com un bon professor. D'altra banda, per poc que s'estudiï l'obra de Gaudí, aviat es fa evident que els seus coneixements de geometria van molt més enllà d'allò que ell anomena geometria elemental. Com s'han d'entendre doncs aquests comentaris crítics?

L'escola d'arquitectura de Madrid, on havien estudiat els professors de la nova escola de Barcelona, feia poc que s'havia deslliurat del control que, a tots nivells, hi exercia la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, i ho feia per acollir-se a un nou academicisme més propi de l'època: l'academicisme científic. Aquest esperit teòric-científic està present, sens dubte, en la creació mateixa de la nova escola de Barcelona i, no cal dir-ho, és el que impregna els llibres francesos a què es refereix Gaudí. En aquell moment històric, el pensament abstracte i la ciència

⁶ (Martinell, 1951)

són inequívocament associats al progrés, en contraposició a l'empirisme de les tradicions amb què fins llavors s'havien vingut regint els constructors; unes tradicions, i un ventall de regles i normes empíriques associades a elles, que passen a considerar-se mancades de fonament. Inevitablement, doncs, Rovira i Rabassa havia de plantejar una assignatura amb una càrrega teòrica i un grau d'abstracció importants. No tenia altra opció, en el context de l'època.

Però les crítiques de Gaudí no són injustificades. Tenen la seva raó de ser. Gaudí és, per damunt de tot, un arquitecte, un home que projecta espais i formes des de la mateixa concepció del seu procés de construcció. En aquesta lògica, que és la pròpia del pensament arquitectònic, la geometria permet estructurar les formes i establir pautes i directrius de control, que necessàriament han de ser senzilles de seguir pels paletes que han de materialitzar l'obra. Però és clar que el rol de la geometria no precedeix la concepció formal. La forma, i això en el cas de Gaudí es fa especialment evident, no sorgeix de la geometria sinó dels conceptes arquitectònic, constructiu i estructural. I és llavors, quan la idea pren forma, que la geometria l'ordena i la fa construïble. Es tracta doncs d'una geometria utilitària, destinada a controlar de manera senzilla la forma en obra; una geometria que, no cal dir-ho, es caracteritza per ser absolutament visual i tangible. I és aquí on cal situar l'origen de les crítiques que Gaudí fa a les geometries que li ensenyaven a l'Escola d'Arquitectura.

II.1.4 Una geometria revestida de ciència

La geometria descriptiva clàssica es recolza en notables abstraccions que tenen poc de visual i de tangible; parteix d'un ordre previ, sobreposat, que se situa per damunt de la realitat constructiva, la qual és molt més tàctil i planera. Des d'un plantejament proper al pensament matemàtic, aquella geometria descriptiva es revestia d'un embolcall de transcendència acadèmica que l'allunyava del seu paper natural en el procés constructiu i enterbolia allò que, sens dubte, era el seu gran actiu: la reconducció del problema geomètric a unes vistes sintètiques on la resolució esdevé elemental. En aquest sentit, s'entén que Gaudí afirmi que ell només ha necessitat coneixements elementals, ja que es fa molt difícil relacionar la geometria de cada dia, la que dóna solució als problemes quotidians de l'arquitecte, amb l'artifici matemàtic amb què els tractats i els professors de l'època revestien la geometria.

Però les queixes de Gaudí cap a la geometria que li ensenyaven no es limiten a aquesta geometria que, malgrat tot, pretén ser aplicada. En repetides ocasions formula crítiques contundents a la geometria analítica i també a la geometria projectiva. Tot i la seva abstracció, no es pot negar que la geometria descriptiva clàssica ha tingut sempre un clar component visual, atès el seu objectiu de fer descripció gràfica de la forma. Però és obvi que la geometria analítica està mancada de tota mena de sentit perceptiu. Des de la seva lògica matemàtica, la geometria analítica opera indistintament en una dimensió n , sigui quin sigui el

valor d'aquesta n. Per contra, una geometria constructiva, tangible i visual, no té cap sentit, més enllà de la tercera dimensió. I això no obstant, tant en temps de Gaudí com en els actuals (l'academicisme científic segueix plenament vigent), als ensenyaments secundari i universitari s'insisteix a formar els estudiants en el coneixement de la geometria analítica, menystenint la geometria visual; una geometria que, humilment limitada a les 3 dimensions, sembla ser considerada com irrellevant i domèstica. Avui mateix, no és estrany trobar-se amb estudiants que, en començar la carrera d'arquitectura, tenen la idea que una recta o un pla no són més que conceptes matemàtics associats a equacions, sense cap sentit visual (o plàstic, com diria Gaudí). Igualment, en el cas de la projectiva, que possiblement Gaudí no va estudiar a l'Escola però que coneixia, és un fet que les seves imatges responen a una abstracció que s'allunya del tot de l'univers perceptiu.

Sense negar, en absolut, el valor i els incontestables camps d'aplicació de les geometries analítica i projectiva, sembla obvi que el seu punt de vista està clarament allunyat del que caracteritza l'arquitectura. Això no obstant, històricament els aspirants a arquitecte han hagut d'esmerçar hores i hores en adquirir uns coneixements que no trobaran una aplicació directa en el seu àmbit professional, ni sembla que puguin tenir una incidència clara en el procés de reflexió i pensament arquitectònic. Bàsicament, representen un tribut a l'academicisme científic. No és estrany, doncs, que Gaudí digués que ell només havia necessitat coneixements elementals de geometria.

II.1.5 Una geometria no tan elemental

Bo i entenent les raons de Gaudí, sembla clar que tampoc no és del tot just amb els seus mestres. La seva obra i les formes que projecta evidencien un coneixement extens de la geometria de les formes que en cap cas es pot qualificar d'elemental. Gaudí no ho recorda o no li dóna la importància deguda, però algú, en algun moment, li va haver d'obrir els ulls i el va posar en contacte amb les geometries que utilitza i que mostra conèixer amb profunditat. Probablement, qui fos, ho va fer amb un excés d'artifici, donant més importància a la sistematització gràfica que al concepte geomètric, impregnant-ho tot d'un revestiment de ciència matemàtica absolutament superflu, però el coneixement geomètric que palesa l'obra de Gaudí no pot provenir ni de l'escola primària de Reus ni de la posterior secundària a Barcelona.

II.2 La geometria en el pensament de Gaudí a partir de les seves paraules o anècdotes.

II.2.1 El concepte gaudinià de la geometria

Com és sabut, Gaudí va deixar molt pocs escrits. A banda d'alguna memòria de projecte, i un parell d'estudis ínfims (entre 2 i 4 pàgines), els únics textos que es conserven en què Gaudí exposa reflexions i pensaments sobre l'arquitectura són els anomenats "manuscrits de Reus". Es tracta d'un conjunt de formulacions teòriques en les quals, amb un llenguatge sovint confús i poc ordenat, un Gaudí jove i inexpert, que amb 26 anys acaba de sortir de l'Escola, intenta definir la seva posició davant de l'arquitectura. No sembla però que aquest recull de pensaments juvenils pugui ser tingut gaire en consideració a l'hora d'esbrinar quina era la seva posició respecte de la geometria en la feina de l'arquitecte, atès que aquesta és una feina en la qual l'experiència és absolutament determinant per conformar el pensament professional. Per tant, més enllà de l'estudi de l'obra per ella mateixa, la via més sòlida per aproximar-se al pensament de Gaudí la conformen els records i anotacions d'aquells que el freqüentaren i hi mantingueren converses ja en la seva etapa de plenitud professional.

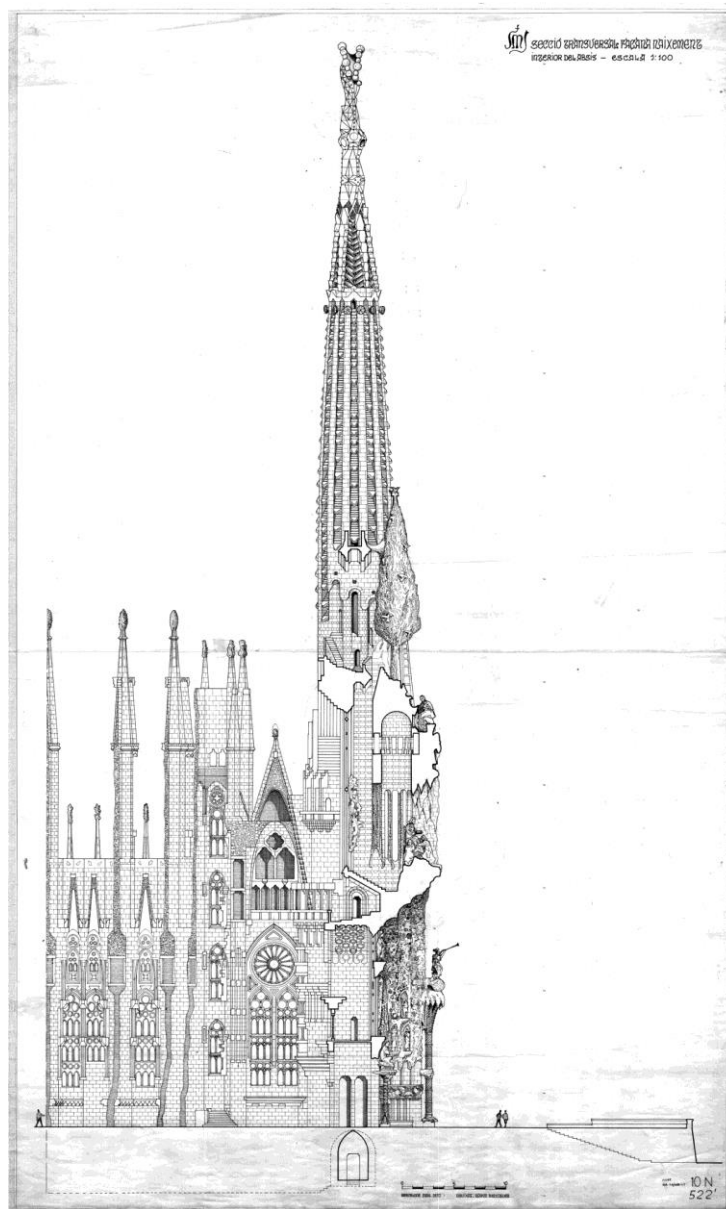
II.2.2 Els deixebles de Gaudí

El 1914, es produeix la mort de Francesc Berenguer⁷, a qui Gaudí qualificava com el seu "braç dret i part de l'esquerra". Una pèrdua molt sensible, doncs, que el porta a rebutjar des d'aquell moment tota mena d'encàrrec professional, per passar a concentrar-se en exclusiva en l'obra del temple de la Sagrada Família, obra que, per altra banda, estava immersa en una difícil situació econòmica que en feia perillar la continuïtat. En aquest context, un petit grup de mitja dotzena d'estudiants d'arquitectura comença a fer freqüents visites a Gaudí, a les obres del Temple i a l'oficina annexa, coneguda com l'Obrador de la Sagrada Família. Alguns únicament van a escoltar les explicacions que Gaudí dona, sobre els treballs i sobre el projecte, a diferents grups que hi fan visita. D'altres se li

⁷ Francesc Berenguer i Mestres va morir l'any 1914, 12 anys abans que Gaudí. Gaudí sentia un gran afecte per ell, i havia manifestat que era la seva mà dreta. Amb la mort de Berenguer, les obres de la cripta a la Colònia Güell quedaran frenades. En aquell moment Gaudí ja estava plenament dedicat al temple i l'important procés experimental que requeria la cripta es va quedar sense el seu tutor més important. Francesc Berenguer i Mestres tingué set fills, el més gran d'ells, Francesc Berenguer i Bellvehí, qui també fou arquitecte, però refusar l'oferta de Gaudí per continuar a les obres de la Sagrada Família, com havia fet son pare. Tot i aquesta absència en la continuació generacional de la saga Berenguer, anys més tard Ramón Berenguer, entra a treballar a la Sagrada Família. En aquesta tesi, Ramón Berenguer i és una peça clau, ja que els seus dibuixos han estat un gran ajut per a interpretar i aclarir algunes formes i proporcions dels diferents elements del temple. En les sessions de treball de camp realitzades a la torre de Sant Bernabé els seus plànols a escala formaven part de la documentació, i un cop fetes algunes comprovacions es pot corroborar que la precisió amb que dibuixava els plànols tècnics era més que rigorosa.

ofereixen per treballar desinteressadament en el projecte i contribuir així a evitar la paralització de l'obra. És bàsicament a partir d'aquest grup que, després de la mort de Gaudí, i particularment després del saqueig de l'Obrador, es formarà el nucli dels divulgadors de l'obra i el pensament gaudinians i sorgiran els primers continuadors de la construcció del Temple.

Captivats per la forta personalitat de Gaudí, tots, en un moment o altre, expliquen anècdotes i sentències de qui anomenen com "el mestre". Però són sobretot Joan Bergós i Cèsar Martinell els qui, d'una forma més extensa i detallada han deixat per escrit les vivències del seu tracte amb Gaudí. Bergós solia acompanyar-lo a caminar per l'escullera del port de Barcelona, un dels seus passejos preferits, i tingué doncs oportunitat de mantenir-hi llargues converses. Martinell, per la seva banda, visitava Gaudí amb certa freqüència i, de retorn a casa seva, anava anotant curiosament tot allò que li semblava rellevant del que Gaudí havia comentat en la conversa. Sempre s'hi sentia ben rebut, i afirma que Don Antoni li tenia especial deferència pel fet de ser de Valls, i per tant del camp de Tarragona, com ell mateix.



Il·lustració II-1 Secció transversal de la Façana del Naixement feta per Berenguer.

II.2.3 Un Gaudí polièdric?

La manca de textos en què Gaudí exposi el seu pensament en primera persona dóna peu a la formació d'una imatge d'ell com a personatge de moltes cares, que sovint són contradictòries. De l'aplec de fets i converses que descriuen els deixebles, sovint se'n recullen cites que, tretes de context, serveixen de base per fer diferents interpretacions de qui era i què pensava realment Antoni Gaudí. Bo i assumint el risc d'incórrer novament en l'error de generar l'enèsima interpretació esbiaixada del pensament de Gaudí, els objectius d'aquesta tesi fan inevitable entrar en la qüestió, mal que sigui únicament tractant d'aproximar-se a la visió que Gaudí tenia de la geometria. El cert és que, fent una panoràmica global, tant de les anotacions que fan Bergós (Bergós i Massó, y otros, 1999) i Martinell (Martinell, 1951), en els seus textos, com dels comentaris més esparsos de la resta de membres del grup, no costa detectar-hi una sèrie de coincidències i reiteracions

que dibuixen trets força definits d'alguns aspectes del pensament de Gaudí. Sembla aconsellable, doncs, cenyir l'anàlisi a aquests trets més clarament marcats i evitar treure conclusions precipitades de frases o cites aïllades que, sense més referències de context, sovint resulten de difícil comprensió i poden admetre interpretacions de sentit contraposat.

II.2.4 Pensament sintètic

Una de les cites més repetides de Gaudí sobre la geometria prové d'un dels llibres de Martinell i diu així: "Jo sóc geòmetra que vol dir sintètic". Deixant de banda els seus ressos messiànics, la frase resulta força desconcertant sinó s'ubica en el context de la conversa original. Una consulta al diccionari deixa clar, sense opció al dubte, que les paraules geòmetra i sintètic no són pas sinònimes ni tenen una relació directa. En cap cas es pot afirmar tampoc que ser sintètic sigui una conseqüència de ser geòmetra. Més encara: té gaire sentit dir que Gaudí era un geòmetra?; és el domini de la geometria allò que caracteritza la seva obra?; és això el que cada any porta milers i milers de persones a admirar els seus edificis? Sembla obvi que la resposta a aquestes preguntes ha de ser negativa. Llavors, ¿com es pot interpretar aquesta afirmació que, amb la seva pulcritud habitual, Martinell anota de la conversa que manté amb Gaudí el 8 d'abril de 1924?

Per entendre què vol dir Gaudí amb aquesta frase enigmàtica, cal seguir llegint l'anotació de Martinell. En ella Gaudí prossegueix: "... Els del Nord no comprenen la síntesi i han fet la Geometria Analítica, que és la geometria del punt, i tot ho resol amb punts. Són ultraalpíns." Obrint encara més el focus i contemplant el conjunt de les cròniques i records dels deixebles de Gaudí, l'enigma queda plenament desxifrat. És fàcil veure que Gaudí utilitza reiteradament les expressions "síntesi" i "sintètic" contraposant-les a "anàlisi" i "analític". Una contraposició que ell relaciona estretament amb una altra, que s'insinua a la frase anterior i que és també una constant en les seves converses: la que distingeix entre mediterranis i nòrdics. La geometria de Gaudí és la geometria sintètica o, per dir-ho en els seu sentit particular, la que no és analítica, és a dir: la geometria dels grecs, la que es basa en axiomes i postulats i és visual i deductiva. Prosseguint encara amb la cita de Martinell, Gaudí ho deixa clar: "Els mediterranis són els únics que han entès la geometria i, per trobar-la, hom ha de recórrer als grecs. Modernament, el qui millor ha explicat la geometria ha estat Monge, mediterrani de Lió." Gaudí prossegueix, en la mateixa conversa, fent-li a Martinell diverses reflexions sobre temes de geometria; i el jove cronista anota: "En veure Gaudí que l'he seguit en l'anterior explicació, ..., m'ha dit que jo també era geòmetra, que veia l'espai i les imatges; que segons a qui no explica aquestes coses, perquè tampoc no les entenen i son ceguets, que van tota la vida a les palpentes en qüestions de plàstica." És clar, doncs que la geometria de què parla Gaudí està estretament vinculada a la plàstica i a la concepció arquitectònica. És la geometria dels arquitectes. I la consciència que mestre i deixeble parlen i

s'entenen en un mateix llenguatge, el dels arquitectes, és el que fa que Gaudí qualifiqui Martinell de geòmetra, com ell. Una afirmació amb la qual deixa força clar què entén ell per geòmetra. Per si quedessin dubtes, unes línies més avall, en la mateixa transcripció de Martinell, podem llegir “Gaudí creu que la saviesa del àngels consisteix a veure directament les qüestions de l'espai sense passar pel pla”. Consideracions teològiques a banda, tothom que tingui experiència en el procés de disseny d'arquitectura comprèn el sentit d'una afirmació com aquesta. La conversa amb Martinell a què s'ha fet referència té la virtut d'incloure tot un seguit d'idees que apareixen reiteradament en les cròniques sobre el pensament de Gaudí, i no només quan parla de geometria. La idea de síntesi, de pensament sintètic, es mostra com la que impregna i defineix millor el tarannà professional de Gaudí. Fins al punt que semblaria més correcte invertir els seus propis termes i dir que, per damunt de tot, ell és sintètic i, si se'l pot considerar geòmetra, en el sentit que Gaudí dóna a aquesta paraula, és precisament perquè és sintètic.

II.2.5 Un Gaudí científic?

Es un fet que l'elevada fortuna crítica que actualment ha assolit la figura de Gaudí desferma múltiples intents d'apropiar-se'n des de molts camps diversos. Ometent-ne el context, cites seves com la que s'ha esmentat, autoproclamant-se geòmetra, o aquella altra, també ben coneguda, en què afirma que ell ho calcula tot, han donat peu a construir una imatge d'un Gaudí pretesament científic, una mena de Gaudí de bata blanca. Però una lectura menys restrictiva i esbiaixada dels textos dels deixebles evidencia que això no és més que una fabulació interessada i sense fonament. És obvi que Gaudí era un professional extremadament rigorós, que estudiava les coses fins a l'extenuació i que no donava res per definitiu fins que no ho executava en obra. Però això és el que fan tots els bons arquitectes. El rigor no és pas una condició exclusiva de la ciència. I ell era, i això sembla indiscutible, un gran arquitecte, un arquitecte de cap a peus. I és des d'aquesta condició d'arquitecte integral que reivindica, una vegada i una altra, la necessitat de ser sintètics, d'actuar sota un pensament sintètic, enfront del pensament analític que ell identifica com el propi de la ciència. Seguint argumentacions que cal admetre que són discutibles, Gaudí considera que la ciència i el pensament analític són coses de nòrdics, en contraposició al tarannà dels mediterranis, que ell sosté que tenen més predisposició a la plasticitat i al pensament sintètic. Aquesta idea, molt recurrent en les seves manifestacions, queda ben reflectida, per exemple, en una anotació de Puig Boada que relata com Gaudí exhortava els estudiants que el visitaven a esforçar-se sacrificadament en els estudis, bo i dient: “Aquest sacrifici vostès el fan en estudiar la part científica de la carrera, perquè l'art destorba la ciència i la ciència l'art, entre certs límits. Però cal aquest sacrifici, perquè havent d'ensenyar als transpirinencs i als transalpins, s'han de valer de mitjans que estiguin al seu abast; i aquests mitjans són les ciències i els principis tècnics”. També en defensa de la síntesi, Bergós, per la seva banda, recull aquesta altra afirmació: “L'arquitecte és l'home sintètic, que veu les coses clarament de conjunt

abans que estiguin fetes, que situa i lliga els elements en la seva relació plàstica i en la distància justa... ...els arquitectes que no tenen sentit plàstic i constructiu, i els volen suplir amb l'abstracció científica, treballen en va." I és el mateix Bergós qui anota una altra frase del mestre que no deixa gaire lloc als dubtes: "El defecte de l'analisme (sic) fa l'Escola menyspreable als ulls dels qui hi han passat, puix que el que s'hi ensenya no els serveix de res".

II.2.6 Visió de conjunt

Si el propòsit d'aquesta tesi podia ser entès com un estudi merament geomètric de les formes dels pinacles, aquesta immersió en el pensament i la personalitat de Gaudí justifica plenament per què, com ja s'ha exposat de bon principi, es descarta aquesta visió parcial (analítica). No és possible entendre les lògiques formals de Gaudí estudiant-ne la geometria sense visió de conjunt, d'una manera deslligada i al marge del plantejament constructiu, del concepte arquitectònic, del funcionament mecànic de les seves estructures, etc., etc. Aquesta idea, cabdal en el pensament de Gaudí, d'una visió integrada i, en definitiva, de síntesi una vegada més, és la que es reflecteix a la cita següent, que recull Puig Boada: "Els arquitectes tenen la visió de la cosa plàstica, que és visió de conjunt, la qual cosa situa els objectes en relació amb els altres i en distància; i això no ho fa l'analista, l'home de ciència; l'artista agrupa, el científic destria, separa, busca la cosa petita, l'element, i, quan sintetitza, és concret. L'artista generalitza, veu el que hi ha i el que no hi ha."

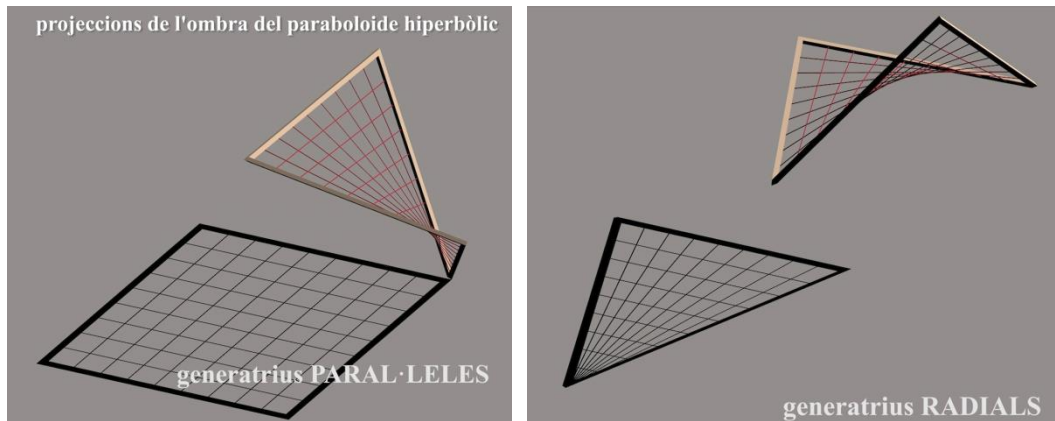
II.2.7 Una geometria tangible

Retornant a la geometria, i sense abandonar la permanent idea de síntesi, un parell de cites recollides per Martinell tancaran aquest apartat i serviran per fer palès el sentit visual i gens abstracte que Gaudí tenia de la geometria. El 23 de gener de 1915, Don Antoni feia una extensa explicació del projecte de la Sagrada Família a un nombrós grup d'estudiants de diferents facultats de la Universitat de Barcelona, i, entre altres qüestions, Martinell anotava la següent reflexió gaudiniana: "...són (els del Nord) més pensadors i, a força de pensar, han arribat a fer una geometria sense figures. Han fet de la geometria una cosa abstracta, més abstracta que l'àlgebra, puix que aquesta, al cap i a la fi, es redueix a fórmules, i la geometria analítica és una abstracció d'abstraccions".

En contraposició a aquesta "abstracció d'abstraccions", que Gaudí criticava a la cita anterior, Martinell, relatant una visita del 7 de febrer del mateix any, ens deixa possiblement la millor descripció de la idea que el mestre tenia de la geometria i de la manera d'ensenyar-la. Diu Martinell⁸: "Damunt d'una taula té un paraboloid hiperbòlic fet amb quatre llistons i fils vermells. Per demostrar pràcticament les seves propietats, fa entrar el sol a l'habitació on som aixecant part de la coberta, que funciona amb contrapesos. Ens ensenya les projeccions del paraboloid hiperbòlic per mitjà de l'ombra que fa damunt d'una taula...

⁸ (Martinell, 1951) pag.35

...Pregunta: no fóra bonica una geometria explicada així? Pondera aquest procediment de fer les coses veient-les i diu que d'aquesta manera no s'obliden més, i hom les sap del cert. És la millor demostració; quan un ha vist una cosa diu: "Sí, és cert, jo ho he vist." Quan en matemàtiques queda demostrat quelcom, es diu que és evident. L'evidència és als ulls de l'esperit el que la visió és als ulls del cos."⁹



Il·lustració II-1 Quadres extrems d'un curt explicatiu.

II.3 La geometria de les formes gaudinianes

II.3.1 La necessitat d'incorporar noves formes constructives

Tal com s'esmentava a l'apartat II.1.2, Gaudí afirmava que ell mai no havia estudiat més geometria que l'elemental. Però resulta evident que els conceptes geomètrics que cal manejar per sustentar la seva obra contradiuen tal afirmació. Això no obstant, res fa pensar que la preparació acadèmica de Gaudí fos diferent de la de la resta dels seus contemporanis. Tots els estudiants d'arquitectura de l'Escola de Barcelona rebien una formació geomètrica generalista, amb un enfocament de caràcter politècnic. La realitat, però, és que a la pràctica professional els arquitectes feien servir només una petita selecció del ventall de formes i superfícies que havien estudiat. Es limitaven a usar aquelles que eren pròpies de la pràctica constructiva tradicional, i la resta quedava com un coneixement col·lateral sense aplicació pràctica fora del marc acadèmic.

Però al Gaudí arquitecte aquell reduït ventall de formes tradicionals se li fa curt. La seva potència creativa i el seu qüestionament de l'artificiositat de les construccions gòtiques, i en general dels esquemes tradicionalment usats en estructures monoresistents, el porten a la necessitat de trencar els límits d'aquell restringit catàleg de formes. Si en les primeres obres es pot dir que Gaudí explora i porta a l'extrem tota mena de jocs formals resultants de la combinació de volums i superfícies geomètriques tradicionals –prismes, piràmides, cons, cilindres i esferes-, més tard (en obres com la Pedrera i l'església de la Colònia

⁹ Acompanyem aquestes paraules amb un vídeo explicatiu. [VIDEOS\II33paraboloid.wmv](#)

Güell) sembla acariciar el desig de fer una arquitectura sense geometria. Però aquest anhel d'absoluta llibertat formal topa, lògicament, amb unes enormes dificultats de replanteig i de posada en obra.

Avui, els sistemes CAD-CAM permetrien un complet control digital de cada un dels punts d'una superfície però, en la construcció tradicional, com ho és la del temps de Gaudí, el control l'han de fer els paletes amb els seus instruments elementals. Per tant, Gaudí assumeix que cal que les seves concepcions arquitectòniques es vinculin, des del primer moment, a la previsió de quin serà el seu procés d'execució en obra; un procés que, perquè sigui operatiu, s'ha de poder concretar en unes poques instruccions clares i senzilles de seguir pels paletes, amb l'únic ajut d'instruments del tipus: cordills, regles, escaire, plom i, si cal, alguna plantilla de fàcil execució. Assumeix doncs que, perquè siguin constructives, les formes han de subjectar-se a una racionalització, és a dir, a unes pautes geomètriques; unes pautes pròpies d'una geometria sintètica, no pas analítica, ja que, cal remarcar-ho, Gaudí no disposa en el seu temps de tecnologies que facin possible controlar en obra cada un dels punts d'una superfície, de manera independent.

És lògic pensar, i de fet així s'intueix quan s'analitza cronològicament la seva obra, que, arribat a aquest punt, Gaudí explora i aprofundeix en el seu bagatge escolar cercant lleis geomètriques, alternatives a les tradicionalment usades a la construcció, que donin noves opcions formals a la seva creativitat. Fonamentalment, aquest eixamplament dels seus recursos en la generació de formes constructives el trobarà a través de les superfícies reglades guerxes que, a partir de llavors, passaran a ser habituals a la seva obra.

L'objectiu d'aquesta secció és fer una relació de les formes i superfícies geomètriques que són més clarament decisives en la singularitat de l'univers formal de Gaudí.

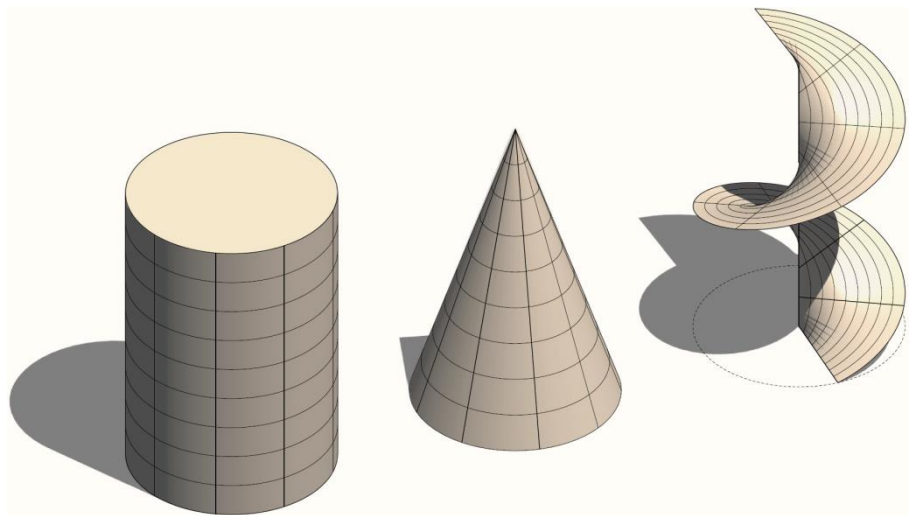
II.3.2 Superfícies reglades

Són superfícies reglades aquelles que es poden definir com a lloc geomètric de les successives posicions d'una recta que es mou a l'espai seguint una llei determinada. La conseqüència immediata d'aquesta definició és que per cada punt d'una superfície reglada passa, com a mínim, una recta que pertany a la superfície. En la mesura en què sigui fàcil el control de la llei que regula el desplaçament de la recta generatriu, una superfície reglada tindrà un replanteig fàcil, i per tant una fàcil posada en obra, amb el simple ajut d'uns regles o uns cordills.

L'exemple més senzill de superfície reglada és la superfície plana. Tothom ha vist aixecar un mur, amb l'ajut de 2 regles verticals i 1 cordill horitzontal que, estès entre ells, va guiant les filades. De fet, la mateixa paraula, filada, deriva d'aquest tradicional procediment de control de la superfície plana; un procediment que, amb petites variants, també fa possible l'execució en obra de tota mena de formes d'estructura polièdrica.

L'exemple del mur il·lustra bé l'esquema geomètric bàsic de control en obra d'una superfície reglada: una recta generatriu -en aquest cas el cordill-, que es va desplaçant, i unes línies directrius¹⁰ -els regles en aquest exemple- que van guiant el desplaçament de la generatriu. Si les directrius en lloc de rectes són arcs situats en plans paral·lels, el desplaçament de la generatriu, permet definir fàcilment una superfície radiada, és a dir, un cilindre o un con. Això explica que, després del pla, el cilindre i el con siguin les superfícies que més presència tenen en el repertori de formes arquitectòniques tradicionals.

També és propi del vocabulari constructiu tradicional, per bé que amb un grau de presència molt inferior, l'helicoide circular recte de pla director, que és la superfície reglada que defineix una rampa helicoïdal o, més col·loquialment, la rampa de suport d'una escala de cargol. En aquest cas, les directrius venen donades per una corda vertical, situada a l'eix i una hèlix traçada sobre el mur cilíndric que limita la rampa. Llavors, el desplaçament d'una generatriu recta que, mantenint-se horitzontal, va d'una directriu a l'altra, determina la superfície.



Il·lustració II-2 Cilindre, con i helicoide de pla director

Per bé que aquestes superfícies són totes elles reglades, hi ha diferències importants entre l'helicoide i les radials. Si prenem dues generatrius qualsevol d'un cilindre o d'un con, és clar que, en el primer cas, sempre seran paral·leles i, en el segon, es tallaran en un punt que anomenem vèrtex del con. Això fa que, geomètricament, aquestes superfícies siguin desenvolupables, és a dir, que es puguin estendre en un pla. Per contra, resulta obvi que, per pròximes que estiguin, dues generatrius rectes d'un helicoide de pla director sempre s'encreuaran, és a dir, ni es poden tallar ni són paral·leles. L'helicoide, doncs, és una superfície reglada no desenvolupable o guerxa. En l'àmbit de les superfícies reglades, cal distingir doncs aquests dos grans grups: les desenvolupables i les guerxes.

¹⁰ Geomètricament n'hi ha prou amb una de directriu per definir un reglada. Però aquí la referència és també constructiva.

II.3.3 Superfícies reglades guerxes

Llevat del cas ja comentat de l'helicoide de pla director, les reglades guerxes són superfícies amb molt rara presència a la història de la construcció prèvia a Gaudí. Aprofundir en les raons d'aquest fet requeriria una anàlisi que s'escapa dels objectius d'aquesta tesi. Així i tot sembla clar que, bo i oferint les facilitats de replanteig en obra característiques de totes les reglades, el control d'aquestes superfícies i de les formes resultants del seu ús demana un nivell de coneixement geomètric i un domini de la pràctica constructiva clarament superiors als que precisa la formalització amb reglades desenvolupables. Perquè no n'hi ha prou amb el coneixement geomètric de l'arquitecte, cal a més una tradició constructiva favorable i cal disposar d'un entorn d'operaris amb prou ofici per executar en obra aquestes formes guerxes. És dubtós doncs que Gaudí hagués pogut usar les reglades guerxes, com ho va fer, si no hagués comptat amb tot un entorn de paletes formats en la tradició de la construcció de voltes de maó de pla (voltes catalanes). Però ell disposava: d'aquest entorn, del coneixement geomètric necessari, d'una capacitat poc freqüent per veure l'espai i, sobretot, de la motivació que li donava la ja comentada frustració pels límits que la geometria constructiva tradicional imposava a la seva creativitat. Gaudí s'immergeix doncs en l'estudi de les reglades guerxes, on descobreix un munt de possibilitats especialment favorables a la seva arquitectura.

Obsedit per entendre la saviesa de la natura, Gaudí s'havia de sentir forçosament atret per les intrínseques capacitats de resistència mecànica de les superfícies de doble curvatura. Cal recordar com l'admirava veure que, tot i la seva aparent fragilitat, un arbre era capaç de resistir vents i tempestes amb una naturalitat que contrasta amb l'artificiositat i malaptesa amb què les estructures gòtiques suporten les càrregues. També és des de l'observació de la natura que Gaudí qualifica de perfectes les formes contínues i proclama la conveniència d'eliminar punts de discontinuïtat entre elements suportats i elements de suport. I de nou són les reglades guerxes les que li obren la porta a assolir aquesta continuïtat de la forma. A banda d'aquestes qualitats tan gaudinianes, les reglades guerxes amb què treballa Gaudí tenen altres característiques especialment remarcables. Des del punt de vista geomètric, les seves seccions planes són o rectes o corbes còniques, fet que permet acoblar-les fàcilment amb la resta de superfícies constructives tradicionals. D'altra banda, ja des d'un punt de vista plàstic, la doble curvatura que caracteritza aquestes superfícies provoca sobre elles una gradació de la llum que sens dubte havia d'atreure la sensibilitat de Gaudí. No és d'estranyar, doncs, que parli d'aquestes superfícies d'una manera entusiàstica i arribi a atribuir-los sorprenents qualitats místiques, fins a l'extrem de veure en elles la representació de la Santíssima Trinitat.¹¹

¹¹ (Martinell, 1951)

II.3.3.1 Paraboloides hiperbòlics

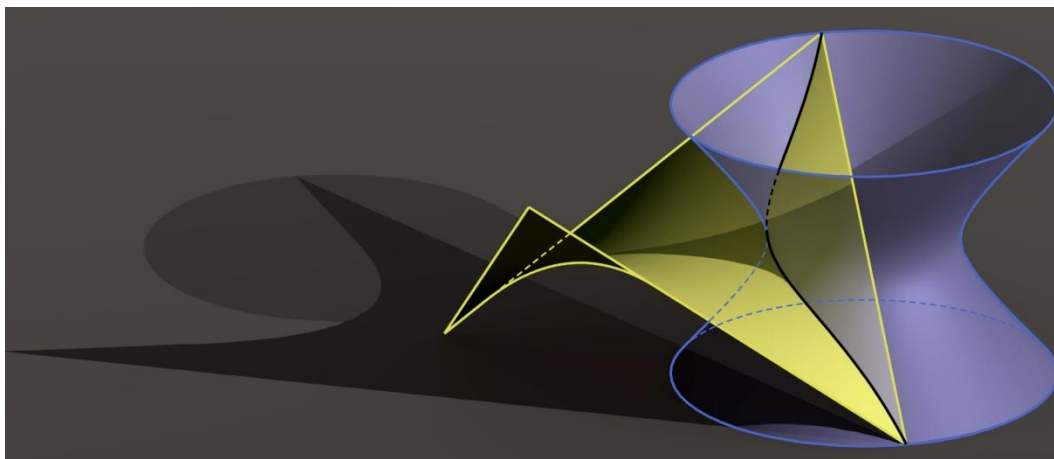
És la superfície que es genera pel desplaçament d'una recta que, mantenint-se paral·lela a un pla, es mou recolzant-se en 2 directrius, també rectes, que no són coplanàries entre elles, és a dir, que s'encreuen. És doncs una superfície de pla director i té doble generació, atès que tota parella de rectes pot ser presa indistintament com a parella de generatrius o de directrius. En conseqüència, per cada punt de la superfície hi passen 2 rectes que hi pertanyen (una de cada família) i, per tant, la superfície té 2 plans directors.

Per bé que és una superfície il·limitada, pot presentar formes molt diverses, en funció de com es talli. De tota manera la seva forma més característica és la del quadrilàter guerx, és a dir, la limitada per 2 directrius i 2 generatrius, formant un quadrilàter tridimensional.

Les seccions planes del paraboloides hiperbòlic són paràboles, si el pla sector és paral·lel a l'eix, i hipèrboles si no ho és. Hi ha però excepcions en cada cas: si el pla de tall és paral·lel a un dels directors, la secció degenera en una recta i, si és perpendicular a l'eix i passa pel vèrtex, la secció deriva en dues rectes¹². Cal aclarir que s'entén per eix del paraboloides hiperbòlic la recta que, essent paral·lela a la intersecció dels plans directors, passa pel vèrtex o punt de la superfície on les 2 rectes que hi passen (generatriu i directriu) són perpendiculars a la direcció de l'eix.

El paraboloides no és difícil de controlar en obra i, com s'ha dit, dona lloc a una gran quantitat de formes diferents segons com es limiti. Gaudí comença a experimentar amb aquesta superfície a l'església de la Colònia Güell, i sembla evident que les seves possibilitats constructives i compositives l'omplen d'entusiasme. Un entusiasme que queda ben patent en el porxo exterior de la cripta de l'esmentada església, probablement un dels espais més brillants i singulars de la història de l'arquitectura, on es fa present el millor Gaudí. Des de llavors, no es cansarà de pregonar les excel·lències d'aquesta superfície. En aquest sentit, resulta remarcable el fet que, durant molts anys, les diferents propostes que elabora per a les naus de la Sagrada Família es cobreixen amb voltes basades en el paraboloides hiperbòlic. I no serà fins a la proposta final que decidirà canviar aquesta solució inicial per passar a adoptar voltes hiperbòliques.

¹² De fet, qualsevol pla determinat per una generatriu i una directriu, és a dir, infinits, talla la superfície segons dues rectes. Són els plans tangents al paraboloides hiperbòlic.



Il·lustració II-3 Imatge d'estudi, intersecció d'un paraboloid hiperbòlic i un hiperboloid hiperbòlic

II.3.3.2 *Hiperboloid hiperbòlic*

L'hiperboloid hiperbòlic, o hiperboloid d'un full, és la superfície que es genera quan una recta gira entorn d'un eix no coplanari amb ella. Per bé que, en el cas general, el gir pot ser el·líptic, en aquest apartat es farà referència únicament al cas de gir circular que, encara que particular, és també el més comú i més senzill de controlar.

Amb aquesta restricció al cas de gir circular, cada punt de la recta generatriu descriu, en el procés de generació, una circumferència amb centre sobre l'eix, situada en un pla perpendicular a aquest. Amb el gir, el punt en què la distància entre generatriu i eix és mínima descriu l'anomenada "gorja" de l'hiperboloid, que és la secció circular de radi mínim. Com a conseqüència, en tots els punts de la gorja el radi és alhora perpendicular a l'eix i a la generatriu que hi passa.

En qualsevol punt de la gorja, la recta simètrica a la generatriu, respecte del pla que el punt determina amb l'eix, pertany a la superfície de l'hiperboloid. Per tant, es tracta també d'una reglada de doble generació, és a dir, que per cada punt passen 2 rectes de la superfície.

L'hiperboloid hiperbòlic és una superfície de con director, per tant, les rectes d'una i altra família es mantenen paral·leles a les generatrius d'un con. La conseqüència d'aquesta característica és que les seves seccions planes són del mateix tipus que les que poden produir-se en un con: el·lipse, paràbola, hipèrbola i, excepcionalment, dues rectes.

La geometria de l'hiperboloid no és, ni de bon tros, de tan fàcil control en obra com ho és la del paraboloid hiperbòlic. La millor manera de fer aquest control és per mitjà de directrius circulars, corresponents a la gorja i a les seccions extremes, i llistons rectes. D'aquesta manera sí que es pot considerar senzilla la construcció d'encofrats en forma d'hiperboloid hiperbòlic. Martinell afirma que Gaudí va abandonar la idea inicial de resoldre les voltes de la Sagrada Família amb paraboloides, per passar a fer-ho amb hiperboloides, en prendre consciència de les creixents possibilitats del formigó armat. L'afirmació sembla coherent ja que,

sense aquesta tècnica constructiva en el rerefons, semblaria de difícil execució la forma que Gaudí va adoptar en la solució final.



Il·lustració II-4 Fotografia de la maqueta d'un dels hiperboloïdes del sostre de la nau de la SAGRADA FAMÍLIA al museu de les Escoles Provisionals de la SAGRADA FAMÍLIA

II.3.3.3 Conoides

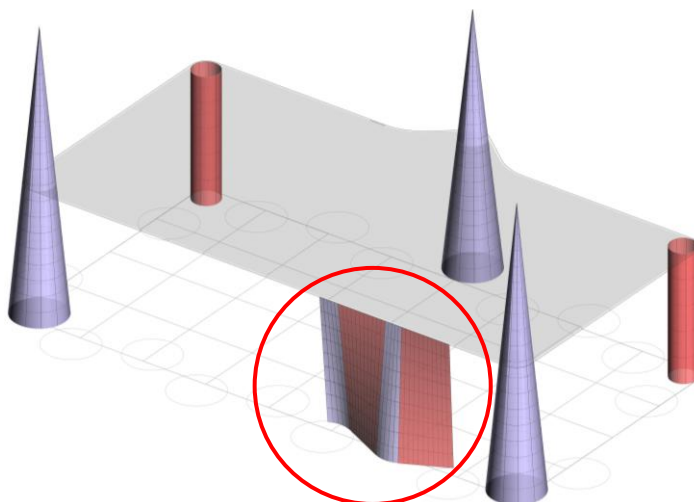
Anomenem conoide tota superfície reglada en què el moviment de la recta generatriu ve regit per una directriu corba, una directriu recta i un pla o un con director. Amb aquesta definició, la denominació conoide agrupa una extensa família de superfícies, entre les quals Gaudí s'interessa pels helicoides, particularment el cas ja comentat de l'helicoide recte de pla director, ja habitual a la cultura constructiva tradicional, i pels conoides rectes.

Els conoides rectes es caracteritzen per: ser de pla director, tenir directriu recta perpendicular al pla director, i tenir una directriu corba situada en un pla perpendicular al director. Amb aquestes premisses, no és difícil el seu control en obra. Resolent la definició de la directriu corba, un regle permet identificar la directriu recta; i un seguit de cordills, passant d'una directriu a l'altra i mantenint-se perpendiculars al regle, van determinant la superfície.

Aquests conoides tenen seccions planes en forma de rectes, quan el pla sector és perpendicular a a directriu recta, i corbes, si els és paral·lel o altres supòsits. Quan el pla és paral·lel a la directriu corba, les seccions són transformacions afins de la directriu corba, que acaben degenerant en una recta, que és la corresponent a l'altra directriu.

Els conoides no tenen les mateixes facilitats de combinació i acord amb altres superfícies que tenien el paraboloides i l'hiperboloides. Això no obstant, Gaudí basa en el conoide les seves Escoles Provisionals de la Sagrada Família on, en els murs, combina conoides i paraboloides hiperbòlics amb perfecta continuïtat. Encara en el mateix edifici, Gaudí resol sàviament la coberta amb un conoide en

què la directriu corba és una sinusoide, cosa que li permet obtenir una superfície contínua que alternativament va traient l'aigua per una banda o per l'altra de la planta¹³.



Il·lustració II-5 Imatge treball de recerca sobre l'edifici de les Escoles Provisionals de la Sagrada Família. S'indica el tram de mur format per un paraboloid i un conoide perfectament encadenats.

II.3.4 Superfícies corbes

Anomenem superfícies corbes aquelles que només es poden generar per desplaçament d'una corba generatriu. Conseqüentment, per cap dels seus punts es pot fer passar una recta que pertanyi a la superfície.

II.3.4.1 Esfera

Dins del ventall de formes constructives tradicionals, la superfície corba més comunament utilitzada és l'esfera, la qual resulta del moviment de rotació d'una circumferència entorn d'un dels seus diàmetres. Mitjançant xindris o altres estructures auxiliars en forma d'arc de circumferència, la construcció tradicional ha resultat des de l'antiguitat, seguint diferents procediments constructius, l'execució en obra de les diverses variants de cúpula esfèrica i altres formes derivades.

L'esfera no té una presència determinant en el gruix de l'obra gaudiniana. Això no obstant, en una obra de tal riquesa formal, no hi ha forma geomètrica construïble que no aparegui en un moment o altre, i l'esfera no és una excepció. Gaudí recorre a casquets esfèrics en la definició dels cassetons prefabricats amb què cobreix la sala hipòstila del Parc Güell i, d'una manera més explícita, incorpora l'esfera en la formalització dels pinacles de la Sagrada Família.

¹³ [VIDEOS\conoides2012.wmv](#)

II.3.4.2 Paraboloides de revolució

També en l'àmbit de les superfícies corbes, el neguit creatiu de Gaudí el va portar a anar més enllà de la tradició cobrint l'espai central del Palau Güell amb una cúpula en forma de paraboloides de revolució, superfície resultant de la rotació d'una paràbola entorn del seu eix.

Com és sabut, Gaudí mostra reiterat interès per la paràbola i també per la catenària. Tot i ser corbes amb una geometria clarament diferenciada, sovint no es fàcil, a cop d'ull, distingir entre una i altra corba. A partir del projecte per a l'església de la Colònia Güell, Gaudí experimenta molt amb la catenària, corba que controla, de manera natural, simplement penjant una cadena pels seus extrems.

La catenària és la corba que genera la superfície de les torres que havien de rematar la part no construïda del projecte. De la mateixa manera, possiblement també a partir d'uns estudis previs amb un model funicular, Gaudí adopta la paràbola com a generatriu de les superfícies que determinen la forma dels campanars del temple de la Sagrada Família. Es tracta, doncs, de paraboloides de revolució.

Constructivament, no té un control elemental però tampoc presenta una complicació excessiva atès que la paràbola té un traçat fàcil per mitjà de cordills que uneixen divisions marcades sobre 2 regles disposats seguin les tangents en els extrems. D'altra banda, en tractar-se d'una superfície de revolució, totes les seccions perpendiculars a l'eix són circumferències.

II.3.4.3 El·lipsoide

Encara que amb un ús més esporàdic, i restringit a elements de detall, Gaudí recorre també a l'el·lipsoide de revolució en alguns nusos de les columnes arbòries de la Sagrada Família.

Poc habitual entre les formes constructives tradicionals, l'el·lipsoide de revolució és la superfície resultant del gir d'una el·lipse entorn d'un dels seus diàmetres. En conseqüència, el seu control constructiu és similar al ja descrit per al paraboloides de revolució.

II.3.5 Sòlids polièdrics

En aquesta revisió de la geometria de les formes de Gaudí, és inevitable fer una referència als sòlids polièdrics. Per bé que no representen pròpiament un tret característic entre les formes gaudinianes, és un fet que Gaudí explora les possibilitats dels processos d'intersecció de poliedres com a via de generació formal, ja sigui donant lloc a macles o a sòlids comuns.

Considerant la seva preocupació creativa, no és estrany que les formalitzacions de caire polièdric siguin presents des de les obres més primerenques, com és el cas d'El Capricho i de la Casa Vicens. En aquestes obres, els jocs polièdrics, amb

ressons arabitants, tenen una funció bàsicament ornamental i es recolzen en l'habilitat dels operaris en l'execució de l'obra de fàbrica. Més endavant, però, l'ús que Gaudí fa de les formes polièdriques té més a veure amb el seu interès per la modulació i pel treball amb formes prefabricades, ja siguin amb pedra natural o artificial.

Són capítol apart les aparicions més explícites dels poliedres regulars i de les seves formes intersecades en els pinacles de la Sagrada Família. Aquest cas, que serà analitzat amb detall més endavant, atès que forma part del nucli d'aquesta tesi, cal contemplar-lo no tant des de l'òptica de la forma constructiva sinó més aviat des de la d'un detall escultòric que, carregat de simbolismes, ve formalment regit per una estricta geometria.

L'interès que, particularment en la darrera etapa de la seva vida, Gaudí mostra per una generació formal estretament controlada per lleis geomètriques porta als seus deixebles a desenvolupar estudis formals que intenten anar més enllà, interpretant el pensament del mestre. En aquest sentit són interessants de conèixer els estudis de Francesc de Paula Cardoner, arquitecte vinculat a Puig Boada i director de les obres de la Sagrada Família entre 1981 i 1985, sobre els anomenats poliedres pabòdics¹⁴. Amb ells, Cardoner manipula els poliedres regulars guerxant-ne les cares, de manera que en lloc de plans passin a ser paraboloides hiperbòlics. No hi ha proves que Gaudí s'hagués interessat per aquesta mena de transformacions dels poliedres, però no deixa de ser cert que moltes de les formes que elabora en la seva època final, poden interpretar-se com a resultat del guerxament dels plans. Així un element com la sagristia de la Sagrada Família pot ser perfectament entès com una piràmide de cares guerxades en forma de paraboloides hiperbòlics. En qualsevol cas, el cert és que els continuadors del temple, al moment de construir els pinacles de la Façana de la Passió, sota la direcció de Cardoner, guerxen les cares del sòlid polièdric central. Un tret formal que no s'observa en les maquetes originals, cosa que no vol dir que Gaudí no ho hauria pogut acabar fent així. De fet, són múltiples els exemples que demostren que les decisions de Gaudí no eren mai definitives fins al mateix moment de l'execució en obra. En qualsevol cas, l'exemple planteja una línia de reflexió que queda oberta, atès que no entra en els objectius d'aquesta tesi.

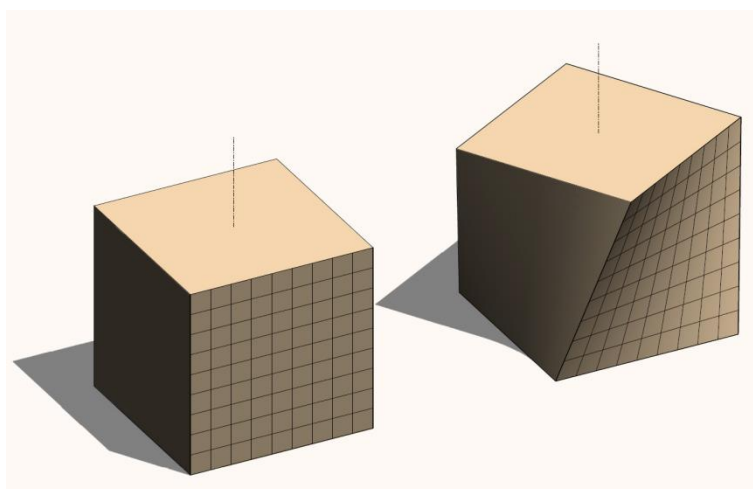
¹⁴ Veure l'annex 1 a aquest document.

II.3.6 Superfícies de transició

No és possible tancar aquesta secció dedicada a la geometria de les formes gaudinianes sense parlar de superfícies generades per transició entre seccions. Per la seva formació i per la tradició constructiva dominant a l'època, l'arquitectura de Gaudí parteix de la construcció amb maons i amb pedra. El seu model de referència -que ell justament s'esforça a trencar, criticar i subvertir- és el del gòtic. Per tant, coneix bé els procediments de la construcció amb pedra i les tècniques pròpies de la seva estereotomia. Partint d'aquest coneixement, l'impuls creatiu de Gaudí el porta a explorar noves variants formals derivades del procés de talla dels tambors d'una columna. Si, en aquest procés, el gòtic havia introduït complexitats com la de les columnes espiraliformes, en què la secció va rotant i per tant la superfície del fust resulta de la transició entre seccions que, tot i ser idèntiques, van rotant en una magnitud proporcional al seu desplaçament en la direcció de l'eix, Gaudí experimenta amb procediments anàlegs que aplica a seccions que van canviant de forma, bé per variació en el nombre de costats, bé per diferents lleis de desplaçament helicoidal o bé per generació de noves seccions resultants d'una composició de girs en sentits oposats.

II.3.6.1 De nou el paraboloides hiperbòlic

Resulta curiós constatar que sovint aquesta mena de jocs donen lloc a superfícies del fust en forma de paraboloides hiperbòlics o d'intersecció de paraboloides. Això pot fer pensar que aquestes formes no són més que la transposició, al cas de columnes i formes d'eix vertical, del coneixement geomètric i constructiu del paraboloides, que Gaudí acredita tenir a partir de la seva experiència a la Colònia Güell. Fins a cert punt, l'argument pot semblar lògic, però hi ha també bones raons per plantejar que els mecanismes de pensament que en un i altre cas condueixen al paraboloides hiperbòlic són totalment diferents.



Il·lustració II-6 En torsionar el volum, les cares de la imatge de la dreta són paraboloides hiperbòlics si es mantenen les arestes laterals com a línies rectes.

II.3.6.2 Forma construïda i forma modelada

Els paraboloides de les voltes del porxo de l'església de la Colònia Güell són el resultat d'un procés constructiu. Per bé que hi pugui haver discussió sobre si les voltes es van fer amb formigó o amb morter i gruixos de maó, és obvi que es tracta d'elements construïts in situ, amb tècniques tradicionals de treball de paleta. El que ja no és tradicional és la forma que Gaudí dona a aquestes voltes; una forma que requereix una prèvia racionalització del procés, per mitjà de la geometria, a fi de poder-la anar controlant amb la guia d'uns regles i uns cordills. Per contra, l'execució de columnes de pedra respon a un procés de talla, un procés que té molts punts de contacte amb el de l'escultura. Són múltiples els testimonis, tant escrits com fotogràfics, que donen fe del pes que l'art escultòric tenia en el treball de Gaudí en el seu Obrador. A la Sagrada Família, si més no, sembla evident el pes que, des del primer moment, tenen els treballs d'escultura, els modelatges i les maquetes d'escaiola. Sembla clar que Gaudí coneixia bé el procés d'elaboració d'una escultura, partint del modelatge previ amb un material plàstic, escaiola o fang, i traspassant la forma a la pedra tallada, per mitjà de compassos de 3 punts.

La forma de les columnes de Gaudí és doncs una forma modelada, en la seva concepció inicial. La seva geometria no respon a un procés de racionalització prèvia del procediment constructiu, sinó a l'assaig de diferents mecanismes per modelar un material plàstic en el trànsit entre 2 seccions. És des d'aquesta manualitat, que Gaudí coneix prou bé, com es planteja la recerca de noves formes. Tot fa pensar que Gaudí experimentava amb aquestes superfícies de transició, des del modelatge amb escaiola, pensant en la posterior transposició a la pedra. Però tot i així, no renuncia a portar també al terreny dels elements construïts, no tallats, algunes de les formes resultants d'aquesta mena de processos. Si més no, aquest sembla ser l'origen generador de la forma de les xemeneies del Palau Güell o de xemeneies i badalots de la Pedrera.

II.4 Els mètodes de treball de Gaudí

Gaudí no fóra el Gaudí que coneixem si no hagués viscut a la Catalunya de principis del segle passat; un temps en què la tradició constructiva i les particulars condicions economicosocials de l'època havien propiciat l'aparició d'una nombrosa generació de grans artesans en els diferents oficis d'aplicació a la construcció. Gaudí, que prové de família de menestrals, podia entendre bé la manera de treballar de cada disciplina i aportar-hi la seva creativitat per tal de conduir-la fins a uns alts nivells d'excel·lència. Tant per orígens com per formació, era ben capaç d'*arremangar-se* i treballar amb plena empatia amb artistes, artesans i oficials de tota mena formant equips on cadascú contribuís amb el millor de la seva expertesa en benefici d'un projecte compartit. Sens dubte, la genialitat de l'arquitecte havia de fer que, en més d'una ocasió, aquest projecte no fos a priori ben entès per tothom (són nombroses les anècdotes que s'expliquen en aquest sentit) però l'entusiasme de Gaudí, la seva convicció i la trajectòria de la seva obra l'envoltaven d'un prestigi que forçosament havia de donar confiança als diferents col·laboradors. Aquesta confiança i la necessària implicació entusiasta amb idees i projectes innovadors li haurien estat difícils d'obtenir si no hagués comptat amb un grup d'artistes, artesans i oficials d'alt nivell en cada una de les disciplines. Però el fet d'haver assolit ja altes cotes d'excel·lència en el domini de l'ofici havia de predisposar aquests oficials a l'entusiasme en la consecució de reptes nous, que superessin els seus propis límits. És probable que en altres latituds Gaudí també hagués reeixit com a gran arquitecte i artista però la seva exploració de la forma, la seva manera de treballar, necessitava emmarcar-se en un àmbit de taller i seguir un procés de prova i error en què la forma es generés no tant sobre el paper com sobre el banc de treball de cada ofici o sobre maquetes de guix i assajos a peu d'obra.

II.4.1 El concepte taller.

En la manera de treballar de Gaudí, és habitual que els models d'escaiola juguin un paper fonamental, no només en la recerca de les formes sinó també en el propi procés de construcció, en què es fa el pas a l'escala real des d'una maqueta a escala 1/10, per mitjà de plantilles¹⁵. Encara que el pas a obra no segueixi sempre un procés tan escultòric, Gaudí usa igualment la maqueta amb profusió com a instrument sobre el qual determinar perfectament la forma de la peça final i

¹⁵ Aquesta manera de treballar encara és recordada pels antics maquetistes de la Sagrada Família. També es menciona en més d'una publicació i la constaten les fotografies dels diferents tallers de Gaudí.

estudiar i definir la solució constructiva a adoptar i la millor manera d'executar-la¹⁶.



Il·lustració II-7 Fotografia del taller de Gaudí a la SAGRADA FAMÍLIA amb estudis de maquetes de columnes, (arxiu SAGRADA FAMÍLIA)

Un mode de treball tan experimental, manual, tàctil i vinculat estretament al procés constructiu real, requeria disposar d'un espai, apropiat per fer tota mena d'assajos, que, a més, fos proper a l'obra; un espai on el projecte es pogués desenvolupar i evolucionar en paral·lel a l'execució de l'obra, és a dir: un taller a peu d'obra.

Un exemple prou conegut d'aquests tallers és el que Gaudí tenia a tocar de les obres de l'Església de la Colònia Güell. En aquest cas, la informació gràfica conservada mostra un espai protagonitzat, de manera gairebé exclusiva, pel model estèreo-funicular. És de suposar que entre aquest model i l'obra realitzada, hi hagueren estudis intermedis de detall, però el cert és que, atès el mètode seguit en aquesta ocasió, el projecte, pròpiament, és el model funicular. Sobre el model es prenen coordenades que, convenientment canviades d'escala, eren portades al replanteig de l'obra.

Un cas, igualment extrem, de transposició directa del model a l'obra és el de la Pedrera; projecte en què també està fotogràficament documentat que es comptava amb un taller, al carrer de Provença, on s'havia construït la maqueta a 1/10, des de la qual s'extreien les dades necessàries per tallar les pedres de la façana¹⁷.

¹⁶ (Flores, y otros, 1999) pag 55

¹⁷ (Flores, y otros, 1999) pag 55

Però el taller de Gaudí més conegut i fotogràficament més ben documentat és l'anomenat Obrador de la Sagrada Família, una construcció auxiliar, situada a un dels extrems de l'illa on s'ubica el Temple, que creixia i es modificava en funció de les necessitats d'espai que reclamaven les maquetes que s'executaven en el seu interior. L'Obrador i les seves transformacions, a mesura que el projecte avançava, donen una imatge força ajustada dels modes de treballar de Gaudí. Reflecteixen una activitat febril, un desbordant i permanent impuls creatiu i uns modes de treball més propers als d'un escultor que als que, en teoria, es pressuposen en un arquitecte.

De l'obrador de la Sagrada Família se'n conserven nombroses fotografies, amb prou bona qualitat per fer-ne anàlisis força exhaustives sobre la conformació dels diferents espais. Però sobretot aquestes fotografies donen una idea prou nítida de la particular manera de treballar d'Antoni Gaudí. Plànols, fotografies, escultures, maquetes de macles o sòlids comuns penjant del sostre, elements de vegetació, quadres, llibres, eines, claus, cables, fils... No s'hi observa cap superfície plana que no estigui coberta per piles de materials. Per a un observador aliè a l'activitat que s'hi duia a terme, l'aspecte és d'un desordre monumental però, per als implicats en el projecte de la Sagrada Família, ben segur que la percepció era tota una altra. Per a ells cada objecte formava part d'una experiència, d'un estudi que perseguia un objectiu concret.



**Il·lustració II-2 Fotografia d'època del taller d'Antoni Gaudí al peu de la Sagrada Família.
Arxiu de la Sagrada Família.**



Il·lustració II-3 Fotografia d'època del mateix espai que la fotografia anterior. Arxiu de la Sagrada Família.

II.4.2 Els modelistes

Tant a les fotografies conservades dels tallers de Gaudí, com en els testimonis escrits dels seus col·laboradors, queda provada la importància que els models o maquetes, particularment d'escaiola, tenien en el seu procés de definició dels projectes. Sembla clar que, entre els artesans que treballaven amb Gaudí, els maquetistes tenien un paper fonamental; un paper, però, que, per la seva consideració d'auxiliar, sovint queda a l'ombra, en un cert anonim. De manera que és difícil trobar testimonis directes dels maquetistes que treballaven amb Gaudí. No obstant, aquesta forma de treballar gaudiniana queda arrelada en els seus col·laboradors, de manera que quan, passada la Guerra Civil, es planteja la represa de les obres de la Sagrada Família, la recomposició del taller de modelistes apareix com un primer pas inqüestionable. Puig Boada explica que, el 1944, en constituir-se la nova Junta Constructora, a la qual ell s'incorpora juntament amb Lluís Bonet i Francesc Quintana, la primera feina que feren fou "... plegar tots els trossos de maquetes rompudes, amuntegats en l'obrador dels guixaires i en el badiu annex, junt amb un equip de modelistes entusiastes i experts, i començar la tasca de classificació i acoblament de tots els menudalls..." Sembla clar doncs que, malgrat el tall de la guerra, hi ha una continuïtat en la metodologia de treball, també pel que fa al paper dels modelistes.

Conseqüentment, té sentit tractar d'indagar noves dades, sobre els mètodes de Gaudí, parlant amb persones que durant uns anys van treballar en el taller de modelistes de la Sagrada Família¹⁸, per bé que naturalment ho vagin fer ja sense la presència de Gaudí. Val a dir, però, que aquests intents d'acostar-se a la metodologia original gaudiniana es recolzen en les explicacions de persones d'edat relativament avançada, atès que, encara que les obres de la Sagrada Família segueixin comptant amb el seu taller de modelistes, els mètodes actuals, d'ençà de la incorporació de sistemes informàtics en el disseny del temple, tenen poca cosa a veure amb els que seguia Gaudí. Aquesta edat avançada dels entrevistats fa que, bé pel temps passat, bé pel salt tecnològic i de maneres de pensar entre el temps actual i els anys 50 del segle XX, sovint el discurs sigui poc intel·ligible per a algú que inevitablement té el pensament forjat en un temps culturalment molt allunyat d'aquell i que, per tant, ha de fer grans esforços de traducció i interpretació per seguir les explicacions.

D'aquestes entrevistes es desprèn, per una banda, que sempre, abans d'arribar-lo a construir, s'acabava fent un model d'escaiola de cada element que es dissenyava. L'habitual era que se'n fes més d'un, introduint-hi canvis i rectificacions, fins a arribar a la forma definitiva. És a dir doncs que aquests models eren autèntics instruments de treball sobre els quals es reflexionava i es prenen decisions; decisions que no es podien adoptar des del pla sinó que requerien disposar de la visió tridimensional que oferien les maquetes de guix.

Sembla clar també que els models amb què es treballava no eren únicament d'escaiola. Es començava per aquest material si existia un disseny previ, amb una geometria inicial ja definida. Encara que posteriorment, ja sobre el model tridimensional, aquesta geometria s'anés modificant, els dibuixos de partida permetien als modelistes treballar directament amb l'escaiola. Però també sembla provat, a partir de les manifestacions d'aquests testimonis, que sovint el procés començava per uns esbossos, amb intenció formal, però encara sense una regulació geomètrica. Llavors el primer pas era fer un model amb fang.

Expliquen, els antics modelistes, que el guix és un material que, tot i permetre formes infinites, bé sigui treballant-lo en positiu o en negatiu, no admet gaires modificacions sobre la marxa, un cop iniciat el modelatge. D'altra banda, el treball amb guix requereix sovint la prèvia confecció de motlles, cosa que

¹⁸ Jordi Cussó va entrar al taller de modelistes, en qualitat d'aprenent, el 1957 i en fou el cap entre 1967 i 2006 ([Jordi Cussó a BTV](#), [Jordi Cussó i Josep Tallada](#)). Domènec Fita, notable escultor gironí, també va passar uns anys al taller de modelistes de la Sagrada Família i va mantenir una relació estreta amb Jordi Brunet, maquetista d'Olot ja desaparegut, que fou l'artífex de la recuperació del taller, a la represa dels treballs, després de la guerra de 1936.

comporta haver definit ja la peça abans de construir-la. En canvi, el fang és un material molt més modelable i permet experimentar i corregir la forma, mentre el material encara és humit.

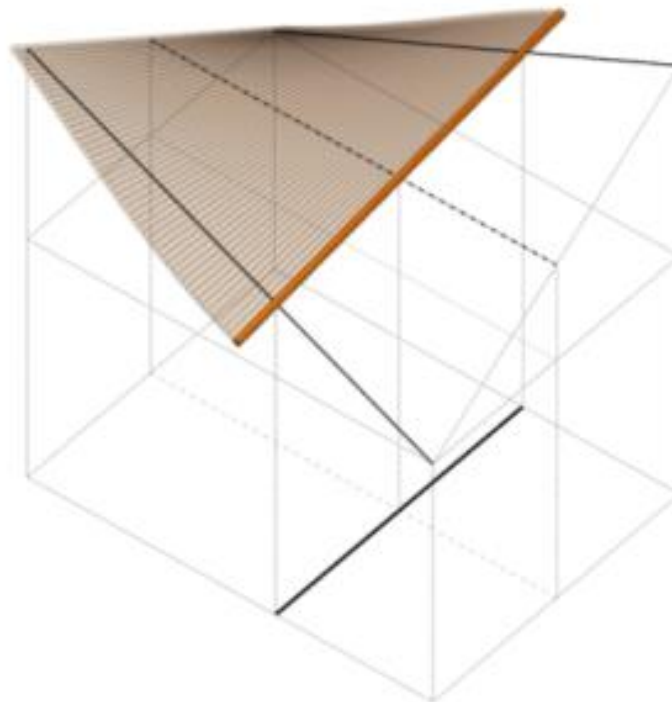
Començant per un primer model de fang, i un cop la peça estava prou definida per considerar que responia a les intencions del disseny, es passava a l'escaiola per mitjà de motlles extrets a partir del model de fang. Els experts consultats coincideixen a considerar imprescindible aquest pas, per bé que pugui semblar redundant, perquè el blanc de l'escaiola dona molt més matisos que el fang i fa més visible el relleu de la peça. Però, a més, aquest pas del fang a l'escaiola és remarcat com un moment clau del procés perquè és a l'hora de confeccionar els motlles quan la peça és definitivament ajustada a una geometria reguladora de la forma.

El model així obtingut podia ser encara revisat i ajustat, donant pas a noves versions, si era necessari, fins a arribar al moment de portar-lo, en pedra, a obra. Sempre que fos possible, s'acabaven fent models d'escaiola a escala real, a partir dels quals els picapedrers tallaven les peces per mitjà de plantilles o de l'anomenada màquina de punts, la qual permet anar fent la transposició d'un material a l'altra. Si no era possible elaborar un model a escala real, calia fer un canvi d'escala per arribar a la magnitud real de la peça en pedra. Aquesta operació requereix l'ús de compassos i un domini tècnic força superior, raó per la qual acostumen a evitar-se les transposicions a escales diferents¹⁹. De tota manera, és

¹⁹ Enrique Rabasa Díaz, catedràtic de l'ETSA de Madrid i expert en estereotomia de la pedra respon així a una consulta sobre el procés per fer la talla: "En épocas anteriores hubo diversas estrategias para la talla escultórica en piedra, pero en el siglo XIX la copia por puntos era el sistema habitual en la práctica de la escultura. Hoy día permanece. Lo más habitual era copiar al mismo tamaño, para asegurarse de que se controlaba la apariencia a la escala real, pero también se podía aumentar a partir de un modelo un poco más pequeño (o, más raramente, reducir). El escultor hacía un original de barro y por vaciado sacaba una reproducción en yeso. A veces trabajaba directamente con el yeso, aunque esto era más raro. Sobre el original de yeso se marcaban una gran cantidad de puntos; A partir de ese yeso se hacía la copia en piedra. El artista, o, en el caso de los reconocidos canteros que trabajaban para él, iban tallando para alcanzar sobre la piedra puntos que tuvieran la misma posición espacial que los del yeso. Para copiar al mismo tamaño se empleaba lo que los canteros llaman "máquina de puntos". Es una varilla puntiaguda, extremo de un brazo con varias articulaciones, que marca la posición espacial de un punto en el original y la copia. Pero para aumentar de tamaño se usaba el sistema de los "compases". En el sistema de los compases era necesario empezar marcando tres puntos de referencia homólogos sobre el original y la copia; para cualquier otro punto se tomaba la distancia a esos tres, con tres compases enormes. En el caso de copia al mismo tamaño, sobre la copia había que tallar la piedra hasta que los mismos tres compases encajaran (se trata del punto común a tres esferas). En la práctica es fácil orientarse de lo que queda para llegar al punto correcto, porque las marcas de los tres compases se van acercando. Si se trata de aumentar, se puede recurrir al teorema de Tales para cambiar la escala de las tres medidas de compás, pero también había compases de reducción, en forma de X, como los que se empleaban en el dibujo.

clar que els primers models de cada peça no es feien a escala real. Per tant, en el procés amb escaiola sempre s'havia de produir, com a mínim, un canvi d'escala, per a arribar al model real. Això explica la necessitat de sotmetre cada peça a una regulació geomètrica estricta, ja que, sense una geometria reguladora ben definida, la confecció de motlles a diferent escala esdevindria un procés d'una dificultat fora de mida. Majoritàriament, aquesta geometria reguladora era la de les superfícies reglades.

Els antics modelistes de la Sagrada Família parlen reiteradament de “trenar”, identificant una operació habitual en el seu procés de treball. En aquest context, “trenar” és un terme manllevat del lèxic dels teixidors, per analogia amb el procés per mitjà del qual aquests fan passar els fils de la trama, alternativament per sobre o per sota dels de l'ordit. De manera semblant, els modelistes feien lliscar una barra o un llistó sobre dues guies rectes, generant així, per un procés d'escombratge, superfícies reglades guerxes.



Il·lustració II-4 Fotograma del vídeo explicatiu de la construcció d'un paraboloid hiperbòlic²⁰. La barra de color taronja llisca per sobre de dues línies guies generant en la seva trajectòria una superfície.

²⁰ Àvila Casademont, Genís; Giménez Mateu, Lluís; Santana Roma, Galdric/ Audiovisuals explicatius per al museu de la Sagrada Família .

CAPÍTOL III

CAPÍTOL III. UN PERFECCIONAMENT DEL GÒTIC?

III.1 Introducció.

Com a element arquitectònic, és un fet que un pinacle és una peça característica de l'arquitectura gòtica, amb una funció mecànica clara: introduir pes al coronament dels contraforts per tal de donar verticalitat a la resultant de les càrregues, i estabilitzar així el sistema estructural d'arcs i voltes de creueria. Al marge d'aquesta funció primària, els pinacles, per la seva posició, conformen el coronament de l'edifici i, mentre tinguin prou massa per complir la seva missió mecànica, admeten una infinitud de jocs formals. De manera que, més enllà de la funció mecànica, inevitablement n'assumeixen una altra de compositiva que té també un caràcter rellevant. En conseqüència, amb posterioritat al gòtic, la idea de situar un o més elements afuats a la part superior d'un edifici és recurrent en arquitectures formalment goticitzants o de caire eclèctic. Gaudí utilitza aquest mena de remats en moltes de les seves obres. En alguns casos sense altra funció aparent que la compositiva -com ara en l'ampliació del Col·legi de les Teresianes- i en altres amb missions funcionals però no estructurals, com és el cas del Palau Güell o de la Pedrera. Però a la Sagrada Família Gaudí usa els pinacles exactament com ho faria un gòtic, amb l'evident funció estructural d'introduir pes en el remat de les torres i poder així donar-los una esveltesa més gran.

D'altra banda, s'explica que, quan el projecte de la Sagrada Família va ser presentat el 1910 en una exposició al Grand Palais de París, Gaudí, que no hi va voler assistir, va donar instruccions a Jeroni Martorell -membre de l'equip que havia preparat l'exposició i que sí que viatjava a la capital francesa- en el sentit d'advertir-lo que allà segurament no entendrien el seu projecte i que, si li preguntaven què era allò, els digués que era "un perfeccionament del gòtic". Entre altres factors, aquesta frase ha donat força a un argument molt estès en el sentit de considerar Gaudí com un perfeccionador del gòtic.

L'objectiu d'aquest capítol és aprofundir sobre la qüestió i tractar d'esbrinar millor quina podia ser la relació de Gaudí amb l'arquitectura gòtica, i com aquesta relació va poder incidir en el disseny dels pinacles de la Sagrada Família.

III.2 La influència de Joan Martorell

El doctor Jaume Aymar, en la seva tesi “L'Arquitecte Joan Martorell i Montells (Barcelona, 1833-1906) mestre d'Antoni Gaudí”, estudia la figura de Joan Martorell i dóna proves de l'ascendent que aquest tenia sobre el Gaudí jove.

Nascut a Barcelona el 1833 en el si d'una família benestant, Martorell era un home de salut delicada, que passà pràcticament 10 anys apartat d'una vida normal, afectat per diverses dolències. Amb 29 anys, ja més recuperat, la família l'empeny a realitzar els estudis de mestre d'obres, que després continuarà per graduar-se com a arquitecte. I ho va fer el 1876, és a dir amb 43 anys, poc més d'1 any abans que ho fes Gaudí, que es graduaria amb 26. Ja des de la finalització dels estudis de mestre d'obres, Martorell va rebre encàrrecs, sobretot d'obres de caràcter religiós. De manera que, quan obté el títol d'arquitecte, és ja un professional experimentat i molt instruït, atès que, en els anys de malaltia, havia aprofundit en la seva formació a través de la lectura i era bon coneixedor, entre d'altres, de l'obra de Viollet le Duc.

Martorell pertany a la primera promoció d'arquitectes que es graduen a l'Escola d'Arquitectura de Barcelona, i quan acaba la carrera juntament amb Emili Sala i Adrià Casademunt, l'esdeveniment se celebra amb un dinar al qual són convidats els estudiants que llavors estaven cursant l'últim any, entre els quals hi havia Antoni Gaudí. Aymar assenyala aquest dinar com el primer acte en què es té constància de la coincidència d'ambdós arquitectes. Però ell mateix apunta que és molt probable que la seva relació vingués ja de força abans. I no sembla aquesta una suposició sense fonament. De les relacions de Martorell amb els seus professors a l'Escola d'Arquitectura, Aymar destaca les que tenia amb Josep Casademunt i amb Joan Torras Guardiola. Com recull Serrallonga²¹, a la seva tesi, Torras Guardiola sentia una estima especial per Gaudí, d'ençà que Fontserè li havia mostrat els càlculs que un Gaudí encara estudiant li havia fet per al dipòsit d'aigües de la font monumental del Parc de la Ciutadella. No és improbable, doncs, que Torras hagués parlat elogiosament de Gaudí a Martorell. En tot cas, el cert és que Gaudí, ja com estudiant i després com a jove graduat, va treballar per a Martorell. I, fins i tot, Bassegoda apunta que fou Martorell qui inicià Gaudí en els mètodes de l'estàtica gràfica per al càlcul d'estructures monoresistents. Una tesi d'altra banda discutida per autors com Serrallonga que posa en dubte que el coneixement d'aquestes tècniques li arribés a Gaudí a través d'una única persona. En la seva tesi, Aymar fa notar un bon nombre d'afinitats de caràcter, i fins i tot d'aspecte físic, entre Martorell i Gaudí. Entre tals afinitats, un paper important l'havia de tenir la religiositat d'un i altre. Aymar esmenta que el pare de Martorell tenia una vinculació orgànica amb la Parròquia de Sant Agustí de Barcelona, on, entre altres qüestions, s'encarregava de l'administració; cosa que ja pressuposa un entorn familiar d'una religiositat marcada. Una religiositat que, en el cas del fill Joan, es devia veure encara més accentuada com a conseqüència dels anys de

²¹ (Serrallonga Gasch, 2003)

malaltia. Coneixent d'altra banda el profund sentiment religiós de Gaudí, no costa imaginar que el grau d'empatia entre un i altre havia de ser alt. No és estrany doncs que s'establís una relació ja no professional sinó d'amistat entre ells i que, més enllà de les col·laboracions de feina, anys més tard apareguessin tots dos compromesos amb la formació del Cercle Artístic de Sant Lluc, constituït precisament per aixoplugar artistes de profundes conviccions catòliques.

Fos quina fos la realitat històrica, Aymar dóna proves d'una amistat intensa entre ambdós arquitectes; una amistat, però, que forçosament havia de tenir un caire de mestre/alumne, atesa la diferència d'edat i de bagatge d'experiències entre l'un i l'altre. Té ple sentit, doncs, la tesi d'Aymar en el sentit que Gaudí va ser fortament influït per Martorell.

Més enllà de possibles influències en el seu pensament arquitectònic, l'amistat amb Martorell havia de ser determinant en la carrera de Gaudí. Com és sabut, en veure una vitrina de vidre i ferro colat on el guanter barceloní Esteve Comella mostrava els seus productes a l'Exposició Internacional de París de 1878, el comte Güell s'interessà per conèixer-ne l'autor. De tornada a Barcelona, va voler-ho esbrinar i, seguint la pista, arribà fins a Martorell, a qui ja coneixia, que fou qui finalment li presentà Gaudí i l'identificà com l'artífex de la peça en qüestió. Igualment va ser Martorell qui recomanà Gaudí a l'Ajuntament per al disseny dels fanals de la Plaça Reial de Barcelona.

Però no acaba aquí l'acció benèfica i protectora de Martorell sobre la carrera professional de Gaudí. Com és sabut, Josep Maria Bocabella, fundador de l'Associació de Devots de Sant Josep i impulsor del Temple Expiatori de la Sagrada Família, havia encarregat l'obra a l'arquitecte Francisco de Paula del Villar Lozano, que féu el projecte i n'inicià la construcció. Martorell, membre destacat de l'associació de devots fundada per Bocabella, actuava d'assessor d'aquest, en el seguiment de l'obra. I el 1883 es produeixen un seguit de desacords entre Villar i Martorell sobre la manera de resoldre part de la fonamentació de les columnes de la cripta. La discussió pujà de to, fins al punt que Villar va acabar presentant la seva renúncia. Llavors, semblava lògic que Martorell, "josefí" rellevant i home de confiança de Bocabella, es fes càrrec de la continuació. Però l'arquitecte considerà que, tal com havien anat les coses, Villar creuria que tot plegat havia estat una maniobra seva per desbancar-lo i ocupar el seu lloc. De manera que optà per declinar l'encàrrec i recomanà Gaudí com al més adequat per substituir Villar.

És probable que un home amb les capacitats de Gaudí hagués acabat igualment per obrir-se camí, però, si es considera que Güell va ser el seu principal client i mecenes i que la Sagrada Família representa l'obra central de la seva vida, és innegable que Martorell i les seves accions en favor d'aquell jove arquitecte, fill de menestrals i sense contactes entre la burgesia barcelonina, van tenir una enorme transcendència en la seva trajectòria. És lògic pensar doncs que Gaudí va mantenir sempre un sentiment d'agraïment i fidelitat envers aquell amic, mestre i protector.

III.3 L'arquitectura de Joan Martorell

L'adscripció personal i familiar de Martorell als ambients catòlics i eclesiàstics li obre les portes a rebre encàrrecs que, com s'ha dit, són majoritàriament de caràcter religiós. Un caràcter que, atès el seu misticisme i el tarannà de l'Església de l'època, ell enfoca amb tons d'un romanticisme pietós que el porten a connectar amb els corrents neogòtics. Per tant -i Aymar en dona proves- Martorell és un profund coneixedor dels principis de l'arquitectura gòtica; uns principis que ell intenta reinterpretar per adaptar-los al moment en què viu.

Les paraules següents, extretes de la memòria en què defensa la seva proposta per a la façana de la catedral de Barcelona, donen una idea prou clara del sentit religiós i romàntic que l'impulsava:

-“És, doncs, per a donar vida enèrgica a la fatxada la causa del emplaçament d'aquest grandiosos cos a un temps lucernari y agulla, índex colossal que senyali als pobles del pla y de les montanyes circumvehinas la residència de Deu entre'ls homes en la primera Iglesia de la diocesis, y á tots nos indiqui contínuament aquella felix pàtria immortal, destí dels justos, y sia també expressiu emblema de la elevació del ànima cristiana, divinisada ab lo desprendiment de las coses que tenen fi y aspiració a las celestials”.

Per bé que l'obra probablement més coneguda i valorada de Martorell és l'Església de les Saleses, al Passeig de Sant Joan, de Barcelona, un dels fets més rellevants de la seva trajectòria és la participació, el 1882, en el concurs per fer la façana de la catedral de Barcelona. Martorell hi presentà un dibuix que proposava una façana gòtica, inspirada en models nòrdics, en la línia del de la catedral de Colònia. Essent com era un profund coneixedor del gòtic, la seva era una proposta de gran solidesa arquitectònica. De fet l'opinió pública barcelonina es va decantar clarament per ella. Però qui havia de prendre la decisió era la Real Academia de San Fernando. I aquesta va escollir un dibuix que havia presentat el banquer Manuel Girona, per bé que aquest, en no ser arquitecte, l'havia fet signar a Josep Oriol Mestres. Val a dir que Girona era el promotor de l'obra i qui, en definitiva, s'havia compromès a pagar-la. Però la decisió va provocar un notable escàndol, que es pot seguir a través de les publicacions de l'època. I, en la polèmica, Gaudí s'alinea clarament en defensa del projecte del seu amic. Dins de la campanya que es va organitzar a favor de la proposta de Martorell, el periòdic “La Renaixença” va repartir un dibuix a gran escala del projecte de Martorell; un dibuix que havia estat delineat pel mateix Gaudí, amb la col·laboració de Domènech i Montaner.

Més enllà de la fidelitat a l'amic, aquesta implicació activa de Gaudí en la defensa del projecte de Martorell, fa pensar que n'era un bon coneixedor i que participava dels principis en què es recolzava la proposta. De fet, en la memòria corresponent, Martorell formula principis que més tard es podran veure aplicats per Gaudí a la Sagrada Família. Així, Martorell afirma que el lloc idoni per al cimbori és el creuer i no la façana, però que atesa la irregularitat de la seu barcelonina,

considerava encertat remarcar-lo amb una agulla, per tal de donar-li èmfasi. També defensa portar les torres a la façana per tal de donar més verticalitat a aquesta, en contraposició als models més habituals en el gòtic català i alineant-se per tant amb els gòtics alemany i francès. En aquest sentit, responent a les crítiques que li fan els membres de l'Academia, en la línia de considerar que el seu projecte s'adiu poc amb les maneres de fer autòctones, Martorell argumenta:

“...y si esta es la manera mejor de expresar las aspiraciones del espíritu cristiano, ¿no se ha de admitir porque así se expresaron en Friburgo, en Colonia y en Viena? ¿Por ventura los deseos más puros de las almas cristianas no son iguales en todo el mundo? ¿Igual valdría no querer oír debajo de las bóvedas de nuestra catedral las inspiradas composiciones de Mozart o Haydn porque no fueron escritas en nuestro país?”

Deixant de banda el debat sobre si la Sagrada Família és o no és un perfeccionament del gòtic, sembla innegable que, com a imatge externa global, s'associa millor a la dels grans temples gòtics germànics i neogòtics anglesos que no pas a la de les catedrals i temples del gòtic català. No deixa de sorprendre, en primera instància, que l'home que constantment es reivindica com a mediterrani, a l'hora de concebre una catedral recorri a imatges manllevades d'aquells que qualifica de “ceguets ultra-alpins”. Però no és tan estrany si es té en compte la influència de Martorell. Cal situar-se en el moment i en l'ambient en què es movien un i altre. El neogòtic era més que una tendència estilística; era l'expressió d'un sentiment de religiositat romàntica; un sentiment amb el qual Gaudí s'identificava plenament, i que té una traducció arquitectònica que Martorell domina amb expertesa. Quan el mestre va cedir la continuació de la Sagrada Família al seu apadrinat, és lògic pensar que aquest va encarar l'empresa sota uns plantejaments que no podien qüestionar d'entrada les idees del seu tutor. Tàcitament, Gaudí s'havia de sentir deutor d'un compromís de fidelitat amb l'amic i mestre. D'altra banda, no es pot oblidar que, en origen, Gaudí no fa altra cosa que fer-se càrrec de les obres, ja iniciades, de construcció d'un temple que havia projectat Villar; un temple d'una traça clarament neogòtica.

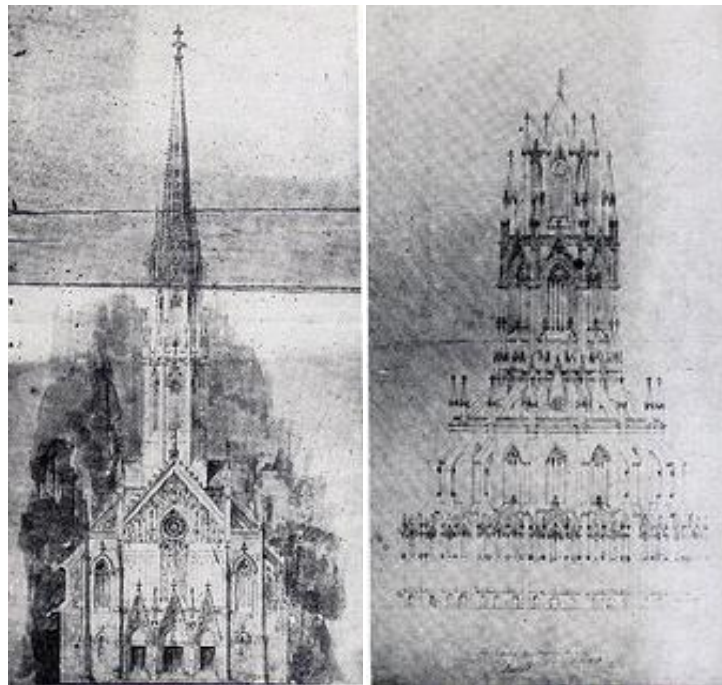


Il·lustració III-1 Façana Catedral de Barcelona projectada per Joan Martorell i passada a tinta per Antoni Gaudí

III.4 L'herència de Villar

La primera idea de Bocabella, quan decideix impulsar la construcció d'una basílica consagrada a la Sagrada Família, era fer una reproducció de la basílica que Bramante havia erigit a la població italiana de Loreto. Per tirar endavant el seu projecte es posà en contacte amb F. De Paula del Villar. No es coneix bé el procés que el portà a aquesta elecció, però sembla que un bon motiu podia ser el fet que Villar era aleshores l'arquitecte diocesà. I no costa imaginar que Villar li havia de treure del cap la idea de replicar el temple de Bramante. Una proposta així contravenia tots els principis del romanticisme imperant, per tant Villar reconduïx el projecte de Bocabella cap a un plantejament neogòtic, molt més adient amb el pensament de l'època.

Crida l'atenció que el projecte que proposa Villar²² mostra importants coincidències amb les idees arquitectòniques de Martorell. Cal tenir en compte que la proposta de Martorell per a la catedral barcelonina, desestimada per la Real Academia de San Fernando, va acabar essent plagiada en bona part pels arquitectes que acabarien fent l'obra, forçats per un rebuig popular que els obligava a anar-hi fent reformes i modificacions sobre la marxa, fins a arribar a un resultat final que integra bona part de les idees de Martorell. Tot fa pensar doncs que, quan Villar es planteja el projecte d'aquella "catedral dels pobres" que li encarregava Bocabella, la seva imatge de catedral estava fortament influïda pels criteris de Martorell. D'altra banda, observant el dibuix d'aquest primer projecte de Villar, l'associació mental amb el temple de Les Saleses, obra de Martorell, resulta inevitable.



Il·lustració III-1 Façana principal i absis del projecte de Villar

²² Plànols originals de la planta i alçats de Villar que es troben al museu del temple. S'adjunta en els annexos l'article publicat a la Vanguardia l'any 1968 on es descriuen els plànols de Villar. Annex 9.3.

Amb tot, el projecte de Villar manté un aire contingut, de relativa modèstia. Però, tot i tractar-se de la “catedral dels pobres”, Bocabella i els seus Devots de Sant Josep devien aspirar a quelcom més grandios, que expressés una major exaltació de la fe. De manera que Villar dibuixà una segona proposta, molt més agosarada, més esvelta i més impregnada de l'esperit del gòtic victorià. I aquest va ser el projecte amb què s'iniciaren les obres i, per tant, el projecte que heretà Gaudí.

III.5 El primer projecte de Gaudí per a la Sagrada Família

Quan Gaudí es fa càrrec de les obres, s'havia excavat per complet la cripta i se n'estaven fent els murs i aixecant les columnes. El nou arquitecte respecta allò que està començat²³ (Bassegoda Nonell, 1968).



Llevat d'alguna modificació d'ordre menor, però considera que la cripta no hauria de ser un espai soterrat. Conseqüentment, li excava un fossat perimetral per tal de dotar-la de llum i ventilació. Per dues vegades, Villar escriu articles de premsa, criticant les decisions de Gaudí i, per dues vegades, aquest s'absté de respondre, seguint el consell de Martorell, tot i estar disposat a fer-ho. Fet que prova, una vegada més, l'ascendent que sobre ell tenia el seu amic i mestre perquè, com mostren les cites dels seus col·laboradors, Gaudí no era precisament dels que defugen la polèmica.

²³ (Bassegoda Nonell, 1968) “...como los concibiera Villar, y que Gaudí respetó. Indica, pues, una gran consideración hacia la obra de su antecesor, ya que su fértil imaginación no entró en funciones hasta tanto no se hubo terminado la parte del edificio iniciada por Villar.”

Tot i així, bo i adaptant-se a aquelles decisions de Villar que l'obra començada feia ja irreversibles, Gaudí fa un replantejament del projecte i dibuixa una primera proposta de com pensa reconduir-lo. D'aquesta proposta, se'n conserva un croquis que anys més tard va publicar la revista que editaven els Devots de Sant Josep. Correspon a un alçat posterior i, tot i els profunds canvis que més tard hi anirà introduint, el dibuix ja anuncia els grans trets del que acabarà sent el projecte definitiu, pel que fa a: allargament del creuer, torres altes a les façanes, una torre grandiosa en el cimbori i una imatge de conjunt dominada per agulles i pinacles. Tot i la indefinició del croquis, l'aspecte general és indubtablement el d'una catedral neogòtica, amb un aire romàntic i certament gens mediterrani. Una proposta, en definitiva, que, intencionadament o no, havia de ser del gust de Martorell i de Bocabella.

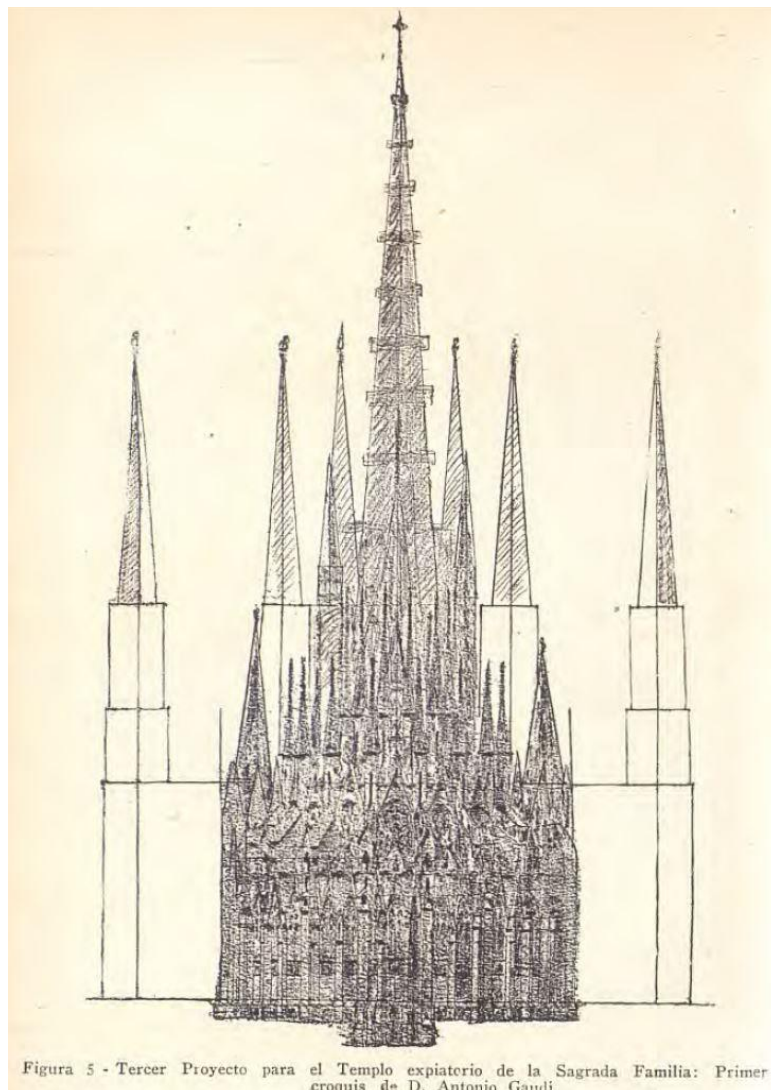


Figura 5 - Tercer Proyecto para el Templo expiatorio de la Sagrada Familia: Primer croquis de D. Antonio Gaudí

Per bé que el croquis publicat no és d'una claredat gaire gran, tot sembla indicar que la construcció de l'absis -la part per on Gaudí inicia l'edifici un cop enllestida la cripta- segueix les línies d'aquesta primera proposta; unes línies que, com pot comprovar-se in situ, prenen unes formes arquitectòniques inequívocament gòtiques.

III.6 Els traçats reguladors

Sovint l'arquitectura gòtica s'associa a uns traçats geomètrics sotmesos a unes regles de caràcter esotèric, que, com fórmules màgiques, assegurin la bellesa i grandiositat de les construccions i en garanteixin l'estabilitat. Aquesta mena de creences o teories han donat peu a abundant literatura de tota mena, des de novel·les fins a textos teòrics de temàtica artística o científica. Però, com assenyala Ruiz de la Rosa entre altres, els que alimenten aquesta mena de teories semblen oblidar el context social en què es desenvolupa l'arquitectura gòtica.

En temps de la Grècia clàssica, la geometria teòrica es dissocia de la geometria pràctica, la dels artesans i els constructors. Aquesta desconexió s'accentua a la decadència de l'Imperi Romà occidental i especialment a l'Edat Mitjana, períodes en què el coneixement de la ciència matemàtica pateix un fort estancament a Occident, alhora que les invasions provinents del nord d'Europa provoquen un notable retrocés en el coneixement pràctic heretat. A l'Edat Mitjana les capacitats de càlcul numèric, més enllà d'aquell que se circumscriu als nombres enters, eren molt limitades. Per tant, moltes operacions numèriques només tenien solució, exacta o aproximada, per mitjà de traçats geomètrics que es transmetien de pares a fills com a regles empíriques, sense una explicació científica que fos coneguda pels artesans que les aplicaven. D'altra banda, les dificultats per controlar mesures, especialment decimals, portaven a plantejar mètodes de generació i control formal, tant en planta com en altura, en què tot es despenia d'una primera i única mesura. A partir d'aquesta longitud inicial, un conjunt de traçats geomètric senzills, basats en l'ús de regla i compàs, i de divisions proporcionals determinava per complet la forma de l'edifici.

Cal tenir en compte també que en aquella època no s'havien desenvolupat encara teories de resistència de materials ni mètodes científics per calcular estructures. No obstant això, és un fet que els constructors gòtics aixecaven estructures cada vegada més agosarades. Tal gosadia fou possible perquè l'experiència havia anat generant un coneixement empíric de les relacions geomètriques que s'havien de donar en una estructura per tal que aquesta fos estable. Per a qui coneix l'estàtica de les estructures monoresistents, és clar que aquestes relacions no fan més que tractar de garantir, amb cert marge de seguretat, que les línies de pressió dels esforços passen per dins de la secció dels elements resistents, evitant per tant l'aparició de traccions que provocarien la ruptura de la pedra. Però, per als que ignoraven tals coneixements, aquest conjunt de lleis empíriques havia de semblar una saviesa oculta, un coneixement esotèric i màgic.

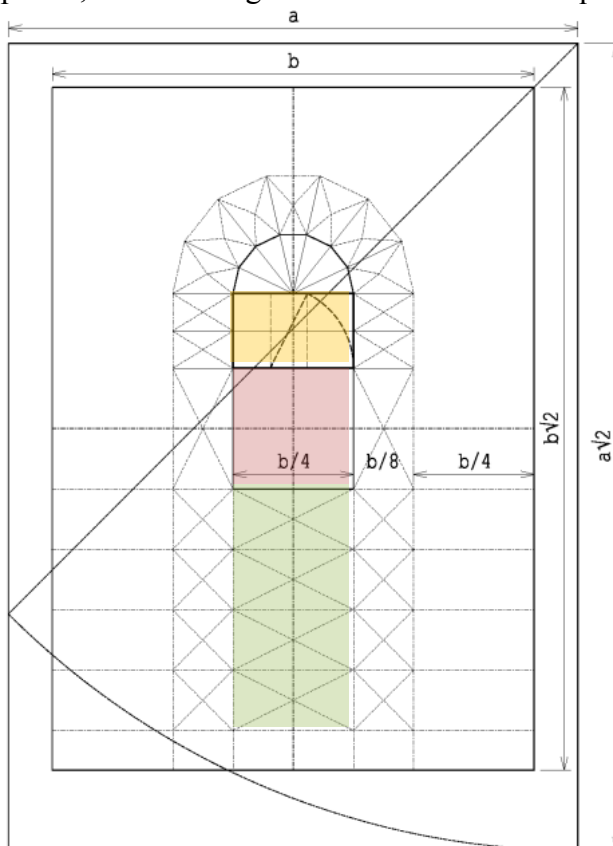
Aquesta dissociació entre la geometria teòrica i la geometria pràctica, o geometria *fabrorum*, s'acaba amb l'arribada de l'època moderna, que dona pas al Renaixement. No cal dir que el grau de desenvolupament i difusió dels coneixements tècnics en temps de Gaudí no té res a veure amb el del període gòtic. Els neogòtics han rebut la formació necessària per calcular les seves estructures i disposen d'unes capacitats que fan innecessàries totes aquelles regles

de traçat amb què funcionaven els seus predecessors medievals. Però no s'ha d'oblidar que els neogòtics s'inscriuen en el romanticisme i que la recuperació d'una saviesa antiga i perduda és una idea que havia d'entroncar bé amb l'esperit romàntic. Per tant no tindria res d'estrany que tant Villar com Martorell com el mateix Gaudí, a l'hora de proporcionar les principals dimensions dels seus temples, recorreguessin a velles fórmules medievals, no tant com una necessitat o com l'aplicació d'un coneixement al qual calia subjectar-se, sinó més aviat com un joc compositiu, propi de l'esperit de l'època.

III.7 Els traçats geomètrics de la Sagrada Família

L'anàlisi geomètrica de la planta de la Sagrada Família revela que, com feien els gòtics, el seu traçat segueix unes senzilles regles geomètriques.

Estudiant la relació entre les parts de la primera planta de Gaudí es pot comprovar amb molta claredat²⁴ quina és la proporció entre l'amplada i la llargada de la planta, així com la geometria on es recolza aquest traçat.



1. S'inicia amb el traçat d'un quadrat de costat $[a=70 \text{ m}]$ i, prenent-ne la diagonal, es construeix el rectangle exterior que per tant té una proporció de $1/\sqrt{2}$.

2. Es genera un segon rectangle de base $[b]$, amb la mateixa proporció que el primer, que se situa amb una equidistància de 5 m respecte del segment de partida i dels laterals del rectangle inicial, distància que dona lloc al claustre. Alhora, la segona base d'aquest nou rectangle determina la posició del pla de la façana principal.

3. Al centre del mateix rectangle interior es traça un quadrat de costat $[b/4]$ que marca la posició del creuer de la nau, amb unes dimensions, per tant, de 15×15 .

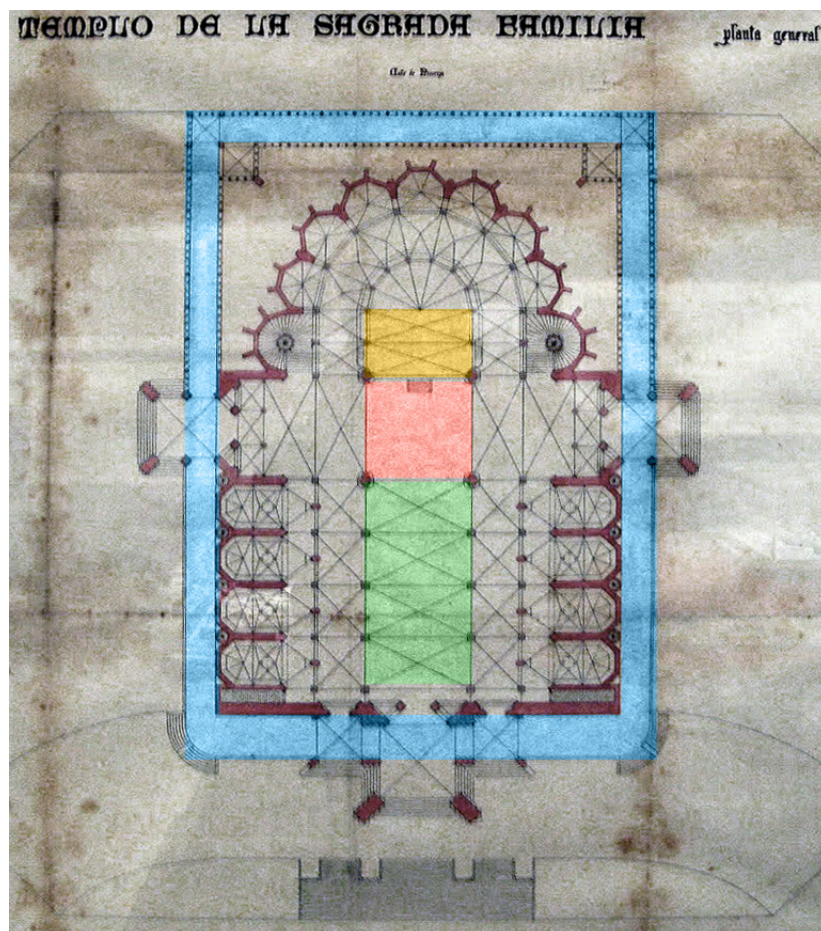
4. La llargada de la nau (color verd) resulta de repetir dues vegades la mida del creuer.

5. El presbiteri (àrea de color groc) ve també definit per un rectangle, d'amplada ja donada pel quadrat del creuer i fondària definida per una relació de proporció àuria amb l'amplada.

És clar doncs que, exactament com feien els gòtics, totes les mides de la planta parteixen d'una mesura inicial, en aquest cas els 70 m. A la següent imatge, es

²⁴ F:_TESI2013_TESI_DGN\TEMPLE2d.dgn

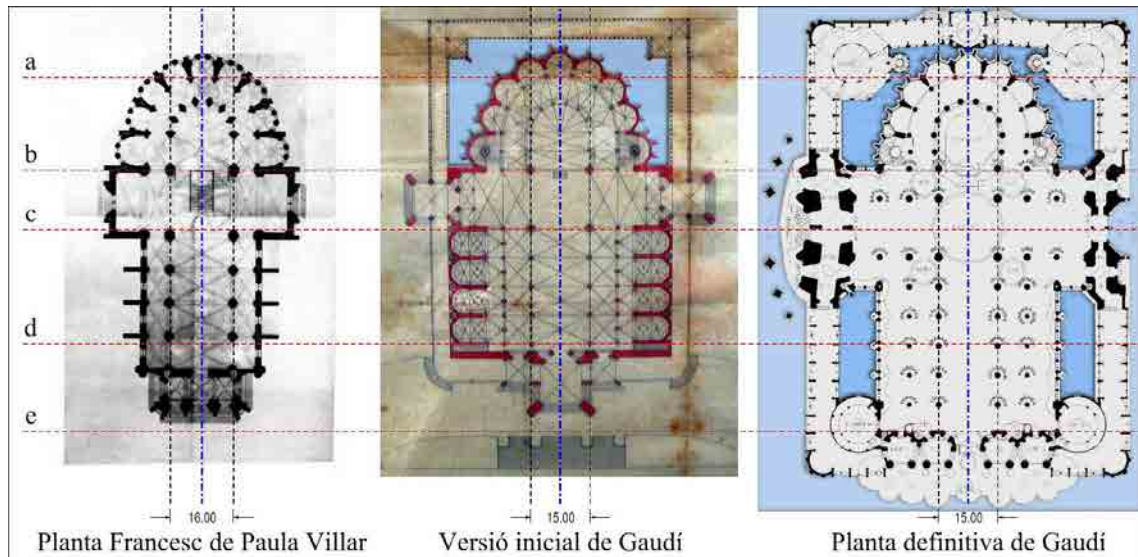
mostra el primer plànol de planta de Gaudí (coneguda)²⁵ ressaltant amb color els rectangles que s'acaben de descriure com a definidors del traçat.



Il·lustració III-2 Primera planta de Gaudí amb els traçats bàsics explicats abans.

Amb independència dels seus propis plantejaments arquitectònics, Gaudí ha d'adaptar-se a la trama de Villar, com a punt de partida, i a les limitacions que li marca l'ordenació urbana del Pla Cerdà. Però no per això deixa d'introduir canvis notables a la planta: per una banda, inclou, la innovadora idea de situar el claustre en el perímetre, però en aquesta primera versió, no el fa circumdar per complet el temple sinó que en limita el traçat al recorregut que va d'un costat de la façana principal a l'altre, passant per darrera de l'absis i per les façanes laterals; unes façanes laterals que, absorbeixen les costelles dels contraforts a modus de capelles i que fan que la façana es presenti neta, sense aquests elements "crosses" a la vista; ampliació de tres naus a cinc naus; també, canvia l'accés a la cripta que enlloc de fer-se pel centre de la nau es fa per dues de les absidioles que formen l'absis; repeteix la torre de la façana principal del projecte de Villar a les façanes laterals; I finalment, introdueix una nova modulació que ja pren com a número base el 7.5.

²⁵ (Faulí Oller, 2009)

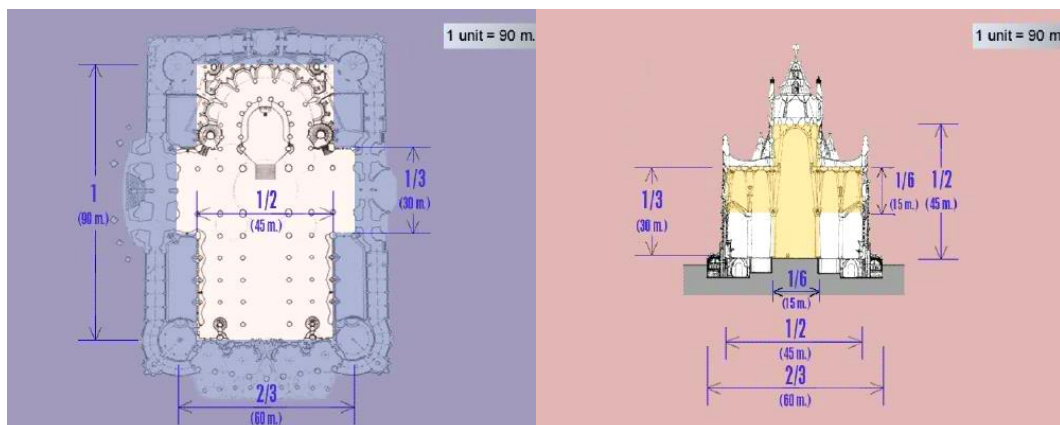


Il·lustració III-3 Evolució de la planta del Temple

En el projecte definitiu, Gaudí revalorava les façanes donant-les més altura i augmentant la longitud de la nau del creuer; nau que apareixia tot just insinuada en el projecte de Villar. Aquest allargament del creuer comporta un desplaçament, en paral·lel, de les dues galeries laterals del claustre, les quals d'aquesta manera se separen més del cos principal del temple. Tal separació, juntament amb la supressió de les capelles laterals que disposava a banda i banda de la nau, deixa un espai lliure, o pati, paral·lel a les galeries laterals del claustre; unes galeries que, en el projecte inicial, quedaven adossades al temple. Per últim, com es pot veure a la il·lustració **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el cos del temple s'allargava, amb dues crugies addicionals, cap a la façana del carrer Mallorca.

L'il·lustració mostra com, tot i l'adaptació general al traçat de la primera planta, només la capçalera del temple es manté fidel al que aquest havia projectat. Una fidelitat forçada pel fet que aquesta part queda just damunt de la cripta que Gaudí ja va trobar a mig construir. La il·lustració mostra també com el nou arquitecte introdueix la modulació de 7,5 m i la idea del claustre perimetral. Però, més enllà d'aquí, la subjecció a una geometria reguladora sembla molt més relativa. Gaudí es mou per criteris propis. Considera que cal engrandir el presbiteri i, per aconseguir-ho, no dubta a fer un desplaçament de 7,5 m del creuer, amb la qual cosa, el rectangle auri de la primera versió deixa de tenir sentit. Elimina les capelles i allarga la nau, alterant així la circumscripció inicial a un rectangle de proporcions $1/\sqrt{2}$, per bé que mantenint relativament el concepte dels dos rectangles superposats, en conservar la idea del claustre perimetral.

Bonet considera un valor de mòdul de 25 m, i exposa com tots venen formats per una agulla principal de 25 m i un cos que, en el cas de les torres dels apòstols és de 75 m, de 100 m en les dels evangelistes i de 150 en la torre central o de Jesucrist.



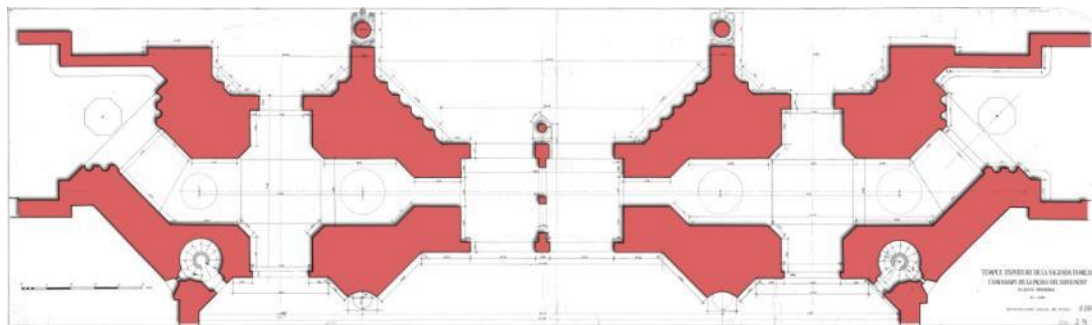
Il·lustració III-6 Fotografies explicatives Proporcions del Temple

Per la seva banda, Claudi Alsina fa notar com les principals dimensions del projecte de Gaudí es poden comptar per nombres enters de dotzenes parts d'una donada dimensió unitària. Remarca, en aquest sentit, les facilitats del número 12 per ser dividit per 1,2,3,4 i 6. I és fàcil veure que l'observació d'Alsina és perfectament coherent amb la de Bonet, alhora que corrobora les paraules que Martinell recull del mateix Gaudí quan, parlant justament dels pinacles, diu: "Els pinacles que ja estan fets a l'absis tenen uns 50 metres d'alçària; els campanars de la porta del Naixement en tindran uns 100 i el cimbori uns 150".

III.8 La planta dels campanars

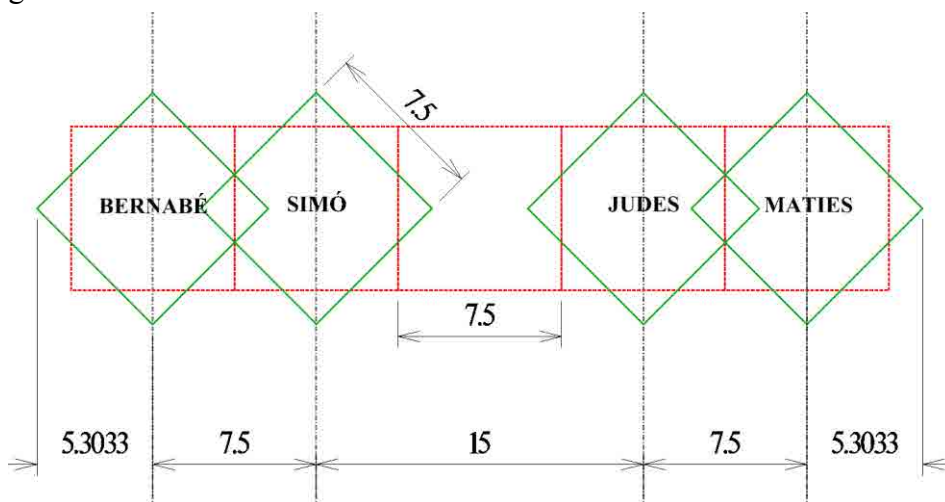
Com a modesta contribució a aquesta mena d'estudis, i atès que els pinacles que centren la tesi són la culminació dels campanars de la façana del Naixement, ha semblat interessant analitzar-ne les dimensions principals i veure si també donen peu a vincular-les a algun tipus de llei geomètrica implícita. Per fer-ho amb un mínim de rigor, s'ha treballat sobre plànols existents²⁶ a l'arxiu de la Sagrada Família que corresponen a un aixecament, és a dir, que reflecteixen el que realment Gaudí va construir, sense especular per tant sobre allò que tal vegada hauria fet.

²⁶ A l'annex 4 s'adjunten ordenats aquests plànols



Il·lustració III-2 Planta Primera de la Façana Naixement en detall segons plànol acotat cedit per l'arxiu del Temple Expiatori de la Sagrada Família

Com bé mostren aquests plànols i és prou conegut, la façana del Naixement no és perfectament simètrica. Les dues torres de la banda de muntanya, a l'esquerra del plànol, tenen una separació de 6,85m, entre eixos, mentre que les del cantó de mar tenen un intereix de 7,52m. Són longituds properes als 7,50m del patró que regeix la planta, cosa que porta a plantejar un esquema teòric com el que es representa a la següent il·lustració.



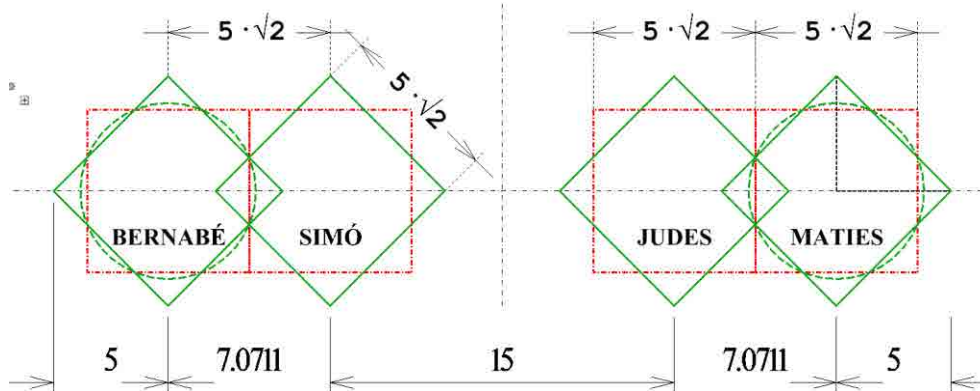
Il·lustració III-3 Base geomètrica teòrica 1 Façana Naixement²⁷

En ell, sobre els eixos de la modulació de la planta, s'han disposat els quadrats vermells, cada un de 7,5 m de costat. Rotant-los 45° entorn dels seus centres, s'han obtingut els quadrats verds. Aquest és l'esquema teòric que semblaria més coherent amb la trama adoptada de 7,5 m. Però Gaudí no partia de zero. Venia condicionat per un replanteig previ, part del qual ja no admetia modificació. Això explica la ja esmentada asimetria de la façana i la necessitat de repercutir-hi l'adaptació d'una manera compensada per tal de fer imperceptible aquesta anomalia.

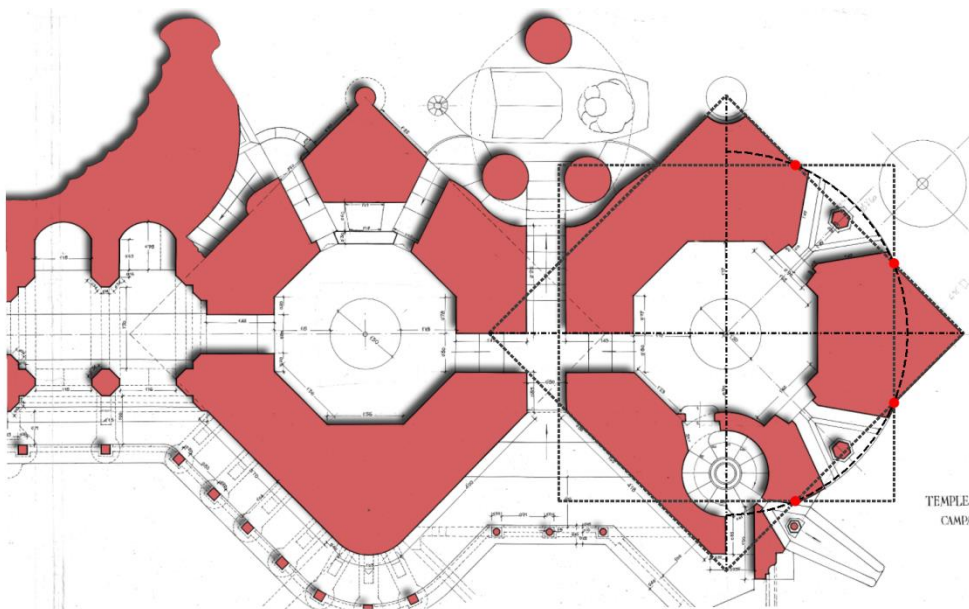
Quan es compara amb els plànols d'aixecament real, es veu que la realitat queda lluny de l'esquema teòric anterior. En els plànols, el quadrat base de cada torre apareix dibuixat amb línia discontinua i té un costat aproximadament de 7,1 m. Una dimensió, aquesta, que indueix a pensar en una mesura de $5\sqrt{2}$ o, el que és el

²⁷ Fitxer dgn [_DGN\TEMPLE2d.dgn](#)

mateix, un quadrat de 10 metres de diagonal. Aquesta hipòtesi té molt més sentit, i encaixa millor amb la planimetria, atès que fent una còpia d'aquest quadrat i girant-lo 45°, el cercle circumscrit a l'octògon resultant de la intersecció d'ambdós quadrats coincideix clarament amb la secció circular del tram cilíndric de la torre.



Il·lustració III-7 Base geomètrica 2 Façana Naixement



Il·lustració III-8 Planta Quarta. Solapament entre el quadrat i la circumferència.

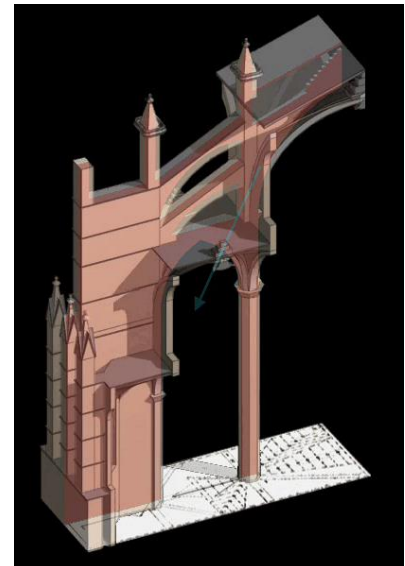
Amb aquestes restriccions, el diàmetre del cercle que defineix la torre cilíndrica és de 7.65 metres, 15 centímetres més gran dels 7.5 metres que es donen com a diàmetre de la torre en la majoria de textos i estudis. 7,5 metres pel diàmetre de les torres del Naixement, 7,5x10 metres pels diàmetres que defineixen la planta el·líptica de les torres de la Façana de la Passió i finalment 10 metres de diàmetre per les torres de la façana de la Glòria.



Il·lustració III-9 Filades amb el naixement de la base cilíndrica de la torre de Sant Bernabé

III.9 El concepte estructural

Una de les modificacions més significatives que Gaudí introdueix en el primitiu projecte de Villar és la supressió de les capelles laterals. Com és sabut, en el gòtic català les capelles laterals no són més que un recurs arquitectònic per reduir l'impacte visual d'uns massissos contraforts - imprescindibles per absorbir l'empenta de les voltes- i per integrar a l'espai interior el buit que queda entre un contrafort i el següent. Encara que la massa d'aquests elements pot rebaixar-se per mitjà d'arbotants o boterells que separant-los de la nau central i reduint-ne les dimensions, la seva presència és inevitable en una estructura gòtica. Per tant la desaparició de contraforts i capelles de la planta de Gaudí, és de gran transcendència perquè implica la decisió de recórrer a un sistema estructural completament diferent al del gòtic.



Il·lustració III-10 Imatge extreta de la tesi de Serrallonga, realitzada per mí mateix on s'analitza la catedral de Mallorca

El croquis del primer projecte de Gaudí no és prou explícit per saber si ja incorporava aquest plantejament d'una estructura alternativa a les del gòtic. Això no obstant, és clar que, a diferència dels dibuixos de Villar, en el croquis de

Gaudí no s'hi veuen arbotants de cap mena. I és lògic pensar que no n'hi havia perquè són reiterades les ocasions en què Gaudí critica el que ell considera malaptesa del gòtic que, diu ell, ha de posar “crosses” als edificis per tal que s'aguantin. Enfront d'aquests artificis, Gaudí contraposa la saviesa dels arbres que, amb una constitució aparentment fràgil i lleugera, resisteixen vents i tempestats. Davant d'aquesta lleugeresa, d'aquesta saviesa natural que ell considera provinent directament de Déu, rebutja l'artificiositat i malaptesa dels edificis gòtics. Per tant, coneixent el seu pensament, tal com ens l'han fet arribar el que foren col·laboradors seus, resulta impensable imaginar Gaudí construint una estructura gòtica.

Això no obstant, i sense deixar el terreny de la mecànica dels edificis, hi ha un punt en què Gaudí sí que coincideix plenament amb els gòtics: el seu gust, gairebé en diríem obsessió, pel treball amb estructures monoresistents. En aquest camp, tant per la seva especial relació amb la natura, una relació que no és formal sinó profunda i espiritual, com potser pel seu gust pels mètodes de l'estàtica gràfica, Gaudí mostra un amor gairebé apassionat per les estructures equilibrades, amb compensació d'esforços. Per a ell, la mecànica de les estructures no és tant una qüestió de millorar la resistència dels materials amb què es construeixen com de distribuir les masses en la forma adequada; en la forma en què poden absorbir millor els esforços. Com els arbres.

III.10 Conclusions del capítol

¿Tenen raó, doncs, els que sostenen que Gaudí pren el gòtic com a referent i model a superar en la seva arquitectura religiosa? La recomanació que fa a Jeroni Martorell en el sentit que, quan vagi a París, hi presenti la Sagrada Família com un perfeccionament del gòtic, té fonament? o és un dels seus habituals estirabots? Són preguntes que no tenen una resposta concloent.

Bo i sense estar acabat, una visita al temple ha de portar forçosament a una resposta negativa a totes aquestes preguntes. Ni l'espai ni l'estructura ni les formes ni els colors fan pensar en un edifici gòtic. La Sagrada Família és una altra cosa. Però, si n'analitzem la història, la gènesi del projecte, els diferents valors simbòlics que dona a cada element de l'edifici, alguns dels seus aspectes formals, les relacions proporcionals i compositives, etcètera, hi ha prou raons per pensar que l'afirmació que Gaudí li fa a Jeroni Martorell no deixa de tenir el seu sentit.

És innegable que Gaudí es troba amb l'encàrrec d'assumir la construcció d'una catedral, la ja esmentada “catedral dels pobres”. Sembla que injustificadament, s'atribueix al bisbe Torras i Bages, contemporani i amic de Gaudí, la frase: “Catalunya serà cristiana o no serà”. Sigui certa o no la cita, sembla oportú parafrasejar-la per dir que, en el pensament del temps de Gaudí, es podia dir que “una catedral serà gòtica o no serà”. Encara avui, quan ja no se'n fan de catedrals, és freqüent que instintivament associem els conceptes “catedral” i “gòtic”. Per tant, sembla lògic que, tant per la història dels fets (el projecte de Villar) com per

concepte cultural, el punt de partida de Gaudí, quan rep l'encàrrec de fer una catedral, sigui el d'una imatge goticitzant. Tinguem en compte que tot just llavors s'estava construint la façana gòtica de la catedral de Barcelona i que el neogòtic era el llenguatge amb què s'expressava l'arquitectura religiosa de l'època. Per tant, des d'aquest punt de vista, si es considera que la resposta esperada a l'encàrrec rebut era, de manera natural, la de fer un edifici gòtic, té raó Gaudí quan diu que el que ha fet és un perfeccionament del gòtic.²⁸

Però més enllà d'aquest punt de partida i del substrat cultural de l'època, hi ha moltes raons per afirmar que no, que, més enllà d'alguns formalismes, la Sagrada Família té poca cosa a veure amb el gòtic.

Certament Gaudí pot adoptar alguns traçats geomètrics reguladors com a recurs pràctic per controlar i ordenar un edifici de dimensions tan colossals, però no com a subjecció a regles gòtiques de caire esotèric. Fóra absurd pretendre que l'home que ha tingut la gosadia de projectar l'església de la Colònia Güell i construir-ne la cripta, replantejant-la per coordenades a partir del model funicular, pugui concebre la Sagrada Família subjectant-se a uns rígids traçats reguladors.

Igualment, si s'analitza l'obra des de l'aspecte estructural, és difícil, si no impossible, reconèixer en la Sagrada Família cap dels elements que defineixen un temple gòtic. De fet, com a concepte estructural, aquest és un temple que no es pot associar amb cap altra de cap època. Gaudí és Gaudí.

Per últim, si parlem de solucions constructives, poden establir-se certes relacions, pel que fa a l'ús de la pedra tallada. Però Gaudí és un home amb una formació avançada i, tal com proven les anàlisis d'altres elements i detalls gaudinians que s'han fet per a aquesta mateixa tesi, el seu gust per les estructures equilibrades no el priva, en absolut, d'assajar procediments constructius que incloguin el ferro, la modulació i els elements prefabricats. Tot plegat, situa la Sagrada Família en unes coordenades prou distanciades del gòtic i dels neogòtics, llevat, això sí, d'un esperit de religiositat romàntica que impregna el temple de Gaudí i que sí que comparteix amb Martorell i amb els neogòtics.

²⁸ (Samper Sosa, 2014) pàgina 125 / pàgina 131

2part
CAPÍTOL IV

CAPÍTOL IV. DE PINACLES I TORRES, PRÈVIES ALS PINACLES DE LA SAGRADA FAMÍLIA.

IV.1 Anàlisi dels pinacles més rellevants realitzats per Gaudí directament o indirecta.

Abans d'entrar en el tema que ens ocupa: els pinacles de la Sagrada Família, val la pena fer un repàs d'elements que Gaudí hagué de treballar i que, per la seva concepció i disseny, tenen relació amb els pinacles de la Sagrada Família. Com ja s'ha dit, es pot entendre que tota l'experiència constructiva de Gaudí està representada en aquest element, el pinacle dedicat a Sant Bernabé atès que és l'última cosa que va construir en vida.

Cada una de les peces analitzades en aquest capítol té el seu context i especificitats, i és interessant veure la similitud entre unes i altres. En tots els casos, l'estudi se centra en els elements verticals de remat, o en forma de torre, en la seva composició i construcció, així com en la seva geometria implícita, deixant de banda l'estudi complet de l'edifici que els conté.

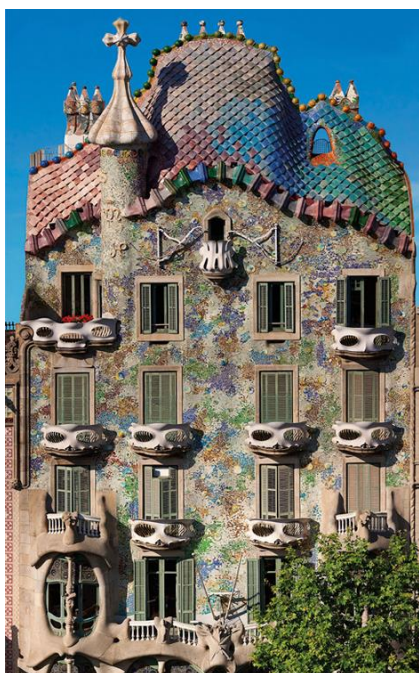
La tria es fa essencialment per la geometria que els defineix i per la situació com a element de culminació dins el conjunt arquitectònic, però també pel seu emplaçament en el territori. Així doncs, amb els elements més propers i accessibles l'estudi és més incisiu mentre que, en els casos d'edificis fora de Catalunya, l'estudi aprofundeix menys. Els exemples presentats i comparats a continuació són tots d'Antoni Gaudí a excepció de la torre "La Miranda" i la torre de l'edifici de les escoles a la Colònia Güell. S'opta per presentar-los de manera continuada perquè el lector en tingui una visió propera i, sense cap altra consideració, només en valori la volumetria. Al final del recull, s'expliquen els trets més fonamentals dins del context que ens ocupa.



“Capricho (1883 – 1885) a Comillas”



Torre Damià Mateu, La Miranda (1906-1907)²⁹



Casa Batlló



Convent Teresianes



Palau Güell

²⁹ (La Miranda, un edifici de Llinars del Vallès, 2003) / (Gómez Serrano, y otros, 2012)



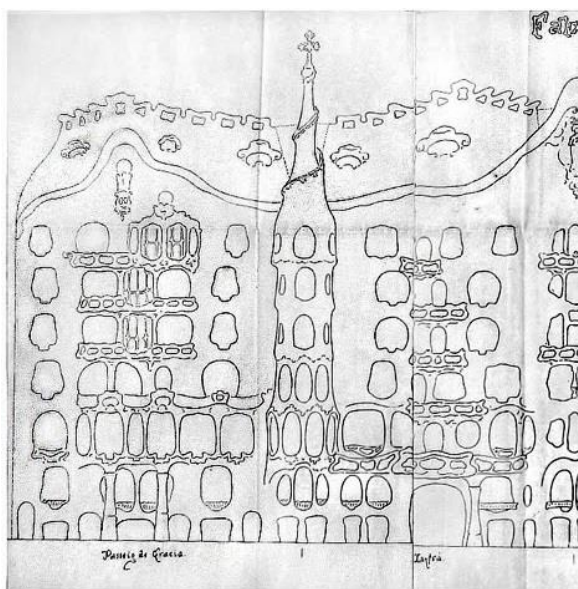
Pavellons d'entrada al parc Güell



Casa Bellesguard



Escoles de la Colònia Güell (Francesc Berenguer)



“La pedrera”

En una categoria apart de la dels elements considerats com a torre, es para atenció a un ampli ventall de propostes per a remat de xemeneies, destacant els casos del Palau Güell i de La Pedrera, per bé que Gaudí solia aprofitar qualsevol d'aquests elements per resoldre'n la volumetria de manera original, seguint els seus principis compositius, sense renunciar en absolut a millorar-ne la funcionalitat.



Il·lustració IV-1 Xemeneies del Palau Güell

IV.1.1 Façana de la Pedrera (1905)

Tal com la coneixem avui, aquesta façana no és igual que la que apareix dibuixada en el projecte amb què es va demanar llicència per edificar. En l'alçat original, i just a la cantonada amb el Passeig de Gràcia, hi apareixia una torre que sortia del pla de façana i es rematava, per sobre de la cornisa del conjunt, amb un element helicoïdal i la característica creu de quatre braços³⁰. La torre se situava just a l'aresta entre el Passeig de Gràcia i el xamfrà, segurament perquè és en aquest punt on l'element vertical té més presència, vist des de la perspectiva del Passeig de Gràcia.

Es tracta d'un element que neix de la façana³¹ i no arriba al terra. La seva geometria és molt similar a la de la resta de pinacles. Consta d'un tronc vertical, en aquest cas cilíndric, i d'un remat més o menys cònic que es corona amb la creu de quatre braços. Al voltant de la forma cònica, una hèlix s'enfila fins a la base de la creu, aparentant connectar el passadís exterior de les golfes amb la mateixa creu.

A partir del dibuix, precisar la geometria de les obertures de l'element és difícil, per dos motius: primer perquè sembla un dibuix a mà alçada (encara que segurament és fet sobre una plantilla regida per un mínim de lleis internes) i, en segon lloc, perquè a la casa Milà no hi ha arestes ja que totes s'arrodoneixen i per tant seria molt difícil poder-les concretar en un dibuix tan inicial. El que sí es veu amb claredat és la simetria de les obertures en vertical, que només es trenca per l'element helicoïdal. La creu, col·locada amb els eixos perpendiculars al dibuix, podria estar orientada segons la façana al Passeig de Gràcia o segons el xamfrà o, fins i tot, segons el bisector entre un pla i un altre³².

³⁰ (Flores, y otros, 1999) pag. 51

³¹ Veure també els exemples de la casa Bellesguard i del convent de les Teresianes.

³² En ocasions, la creu representa la brúixola marcant el nord.

partir de la planta primera i s'hi diferencien tres cossos geomètrics: la part baixa, determinada per un cilindre, la part alta, formada per un con, i, finalment, l'element de coronació corresponent a la creu. La relació d'alçades entre el con i el cilindre és d'1:1.

Pel que fa a l'orientació que manté la creu³⁴ podria interpretar-se de dues maneres, en funció de com es faci el desplegament de la façana. La creu cau just sobre l'aresta on es produeix el gir del xamfrà més proper a Passeig de Gràcia, per tant, una interpretació podria ser que la creu segueix la direcció de la bisectriu, en planta (color vermell), entre una façana i l'altra, ajustant-se així a les obertures que hi ha representades a la planta; però aquesta orientació no correspon a la dels punts cardinals i, per tant, com en d'altres exemples, domina l'orientació de l'element sobre el qual descansa predominantment per sobre de l'orientació nord-sud, de color blau i línia discontinua en el gràfic anterior.

Si es compara amb el projecte construït, podria ser que la geometria en planta s'hagués mantingut, tot i que la superfície de la pell de l'edifici desdibuixa molt el traçat original. És clar, però, que en la façana definitiva, tant per la geometria com per les obertures que la formen, no s'aprecien indicis de la torre projectada. En l'edifici construït la continuïtat de la façana prima per sobre de possibles interrupcions. Tot i això, els arquitectes autors de la restauració integral de l'edifici manifesten haver detectat variacions a l'estructura de la cantonada per tal de fer-la més sòlida, possiblement per suportar el pes de la torre que finalment no es construï.



Il·lustració IV-3 Fotografia de la façana de La Pedrera, tal i com la coneixem avui.

³⁴ ("L'ànima geomètrica dels elements pinaculars en l'arquitectura gaudiniana", 2014)

IV.1.2 *Xemeneies al Palau Güell (1886 – 1888)*

Construïdes entre el 1888 i el 1890, les xemeneies del Palau Güell són característiques de l'edifici i representen una important font d'experimentació per a Gaudí, en la seva primera etapa, pel que fa al treball amb elements de remat. Això no obstant, són elements que s'allunyen de la dimensió i composició vertical que caracteritza els pinacles de la Sagrada Família, raó per la qual aquí són estudiats sense gaire profunditat. Tot i això, sí que s'han analitzat algunes de les seves constants, i algun d'aquests exemples s'ha pres de motiu per a experiències en l'àmbit de la comunicació visual de temes de geometria constructiva³⁵. Existeixen a més estudis molt rigorosos d'alguns d'aquests elements, com ara els de Nocito³⁶, que en fa un anàlisi i descripció a la seva tesi doctoral, també un treball força exhaustiu sobre el moment en què es fa la rehabilitació del Palau Güell³⁷.



Il·lustració IV-4 Alguns exemples de les xemeneies del Palau Güell

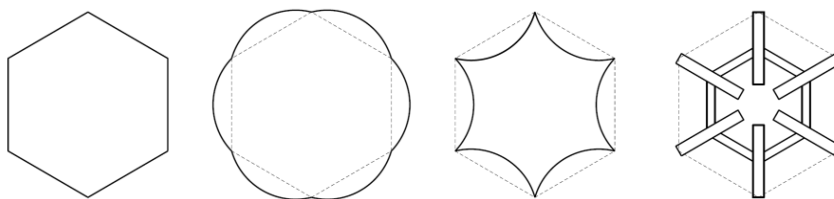
En qualsevol cas, les xemeneies són un element de coronament no gens mancat de simbolisme³⁸ i amb una important dosi de geometria en estat pur. El fet que es repeteixin fins a 13 vegades i que l'essència de cada una sigui si no la mateixa molt similar ens porta a pensar que l'execució en obra havia de tenir un planteig molt controlat pels operaris. En tots els casos les xemeneies tenen forma piramidal, i les seccions horitzontals responen a polígons de 4, 6 o 8 costats. El que varia principalment és la manera com es passa d'una secció horitzontal a la següent i el perímetre d'aquestes seccions, a vegades lobulades i a vegades estrellades o poligonals.

³⁵ Àvila, G.; Crespo, I.; Font, J. (2013). [Animation to explain constructive geometry](#). In: 2CO Communicating Complexity 2013 Conference Proceedings, Nuova Cultura - Roma, pp. 214-222, ISBN: 9788868121662.

³⁶ (Nocito, 1998)

³⁷ Capítol 6.1 dels annexos d'aquest document.

³⁸ (Cabanyes, 2002) pag.122."-La que simbolitza, lúcida en la fosca, aquest ratpenat que Gaudí ha volgut al pinacle de la cúpula d'aquest palau. Segles enllà, no coronava aquesta sàvia au de Minerva l'elm de Jaume el Conqueridor?..."



Il·lustració IV-5 Diferents tipus de seccions horitzontals

Els exemples es poden classificar segons la disposició de les generatrius, és a dir, segons com es fa el pas d'una secció situada a la cota z a una altra secció situada a la cota $z+1$. Se'n diferencien dos tipus bàsics: en el primer, la generatriu va d'un vèrtex d'una secció horitzontal al seu homòleg a la secció següent. Tal seria el cas dels models fotografiats 4/5/6, on l'aresta es llegeix perfectament. En el segon tipus, en canvi, la generatriu no va a buscar el vèrtex corresponent més proper sinó que busca el següent. L'efecte és que, secció rere secció, les generatrius es cargolen des de la base inferior fins la superior. Aquest joc dóna lloc a un desplaçament helicoïdal, de vegades girant en un únic sentit, com al cas 2, i de vegades creuant-se en els dos sentits, com els casos 1 i 3. L'hèlix és una constant en la definició d'aquestes formes, i Gaudí l'estudia experimentant amb ella una vegada i una altra, com mostren algunes fotografies del taller on apareixen maquetes d'anàlisi de formes helicoïdals.

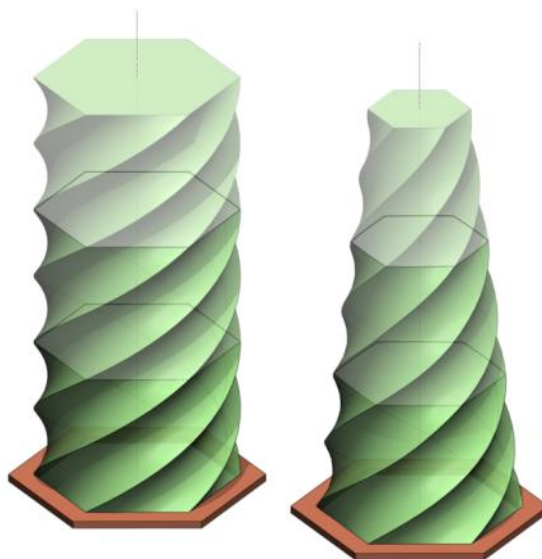


**Il·lustració IV-6 Hèlix cònica, localitzada en una fotografia de l'estudi "Obrador" de Gaudí.
Arxiu Sagrada Família**

Aquesta mena de superfícies helicoïdals és molt poc habitual en arquitectura, i no és comparable amb el cas de les columnes salomòniques de traça cilíndrica, les quals es poden treballar per mitjà de seccions horitzontals paral·leles. Aquí, en tractar-se d'hèlixs còniques, les seccions es van empentint i, per tant, la seva construcció requereix de molt més enginy, per part de l'executor. Gaudí fa un ús reiterat d'aquesta superfície, la qual forma també part del disseny inicial del

pinacle per al remat de les torres de la Sagrada Família, disseny que posteriorment seria desestimat ³⁹.

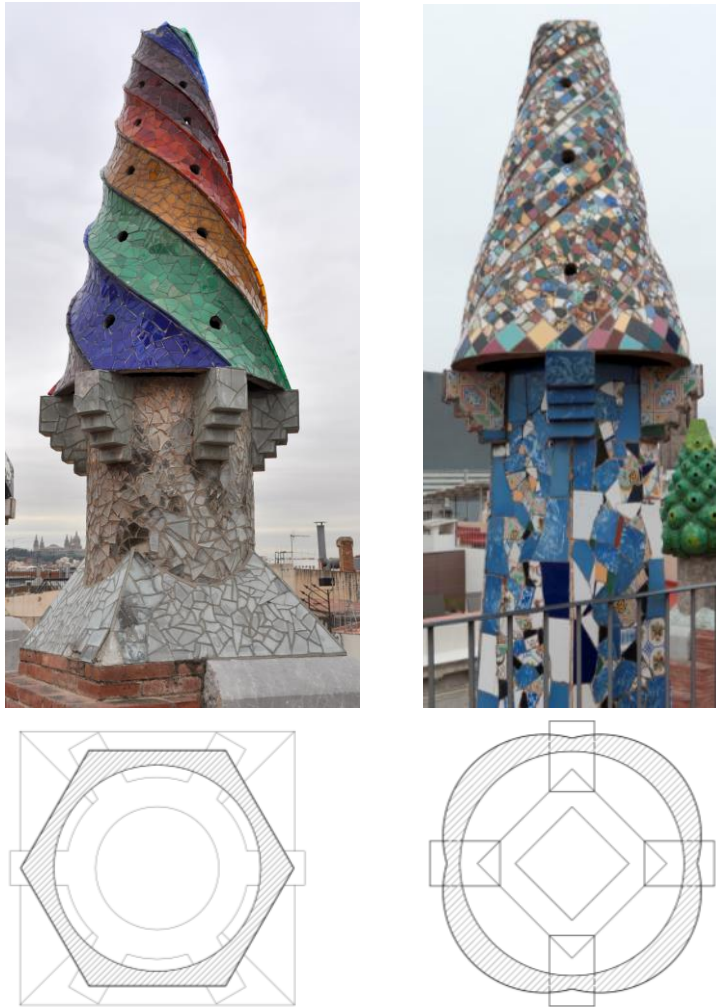
Les següents imatges mostren la diferència entre un element amb torsió, que manté la mida de la secció, (a l'esquerra) i un element també de torsió però en el qual la secció va disminuint en proporció a l'alçada. En el primer cas, l'operari pot fer servir de guia l'eix de l'element i anar rotant una plantilla al seu voltant; en canvi, en el cas cònic, la plantilla ha de lliscar necessàriament sobre les hèlixs. Com si no fos prou la dificultat de traçar les hèlix en obra i controlar-ne el farciment intermedi, Gaudí es planteja realitzar-ho amb una secció lobulada.



Il·lustració IV-2 Comparació columna salomònica de secció horitzontal hexagonal, cilíndrica a l'esquerra i cònica a la dreta

En el cas de la xemeneia de tronc torçat i secció horitzontal poligonal, que es redueix en proporció a l'alçada, es podria executar utilitzant les hèlixs com a guies i fent que una barra recta llisqui sobre d'elles. Però en el cas de secció lobulada el traçat no és, ni de bon tros, tan senzill, perquè no es pot recolzar cap plantilla sobre les guies. A cop d'ull, i sobre les xemeneies actuals, sembla que la superfície resultant no és tan polida com en el primer cas, on la secció és poligonal recta. Gaudí intenta repetidament utilitzar aquesta solució però es pot afirmar que aquest és l'únic exemple construït que tingui secció horitzontal lobulada, com mostren les fotografies anteriors. Més endavant, quan s'analitzi la part final dels Pinacles de la Sagrada Família, es veurà que la solució proposada, que utilitzava en bona part aquesta geometria, va acabar sent desestimada.

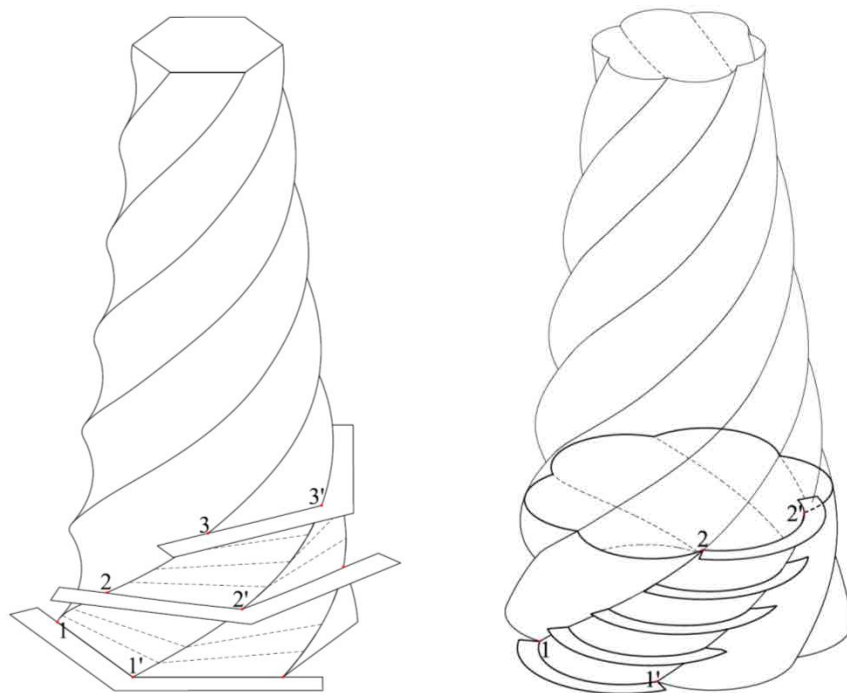
³⁹ Capítol V.3



Il·lustració IV-7 Secció Poligonal a l'esquerra i Secció Lobulada a la dreta

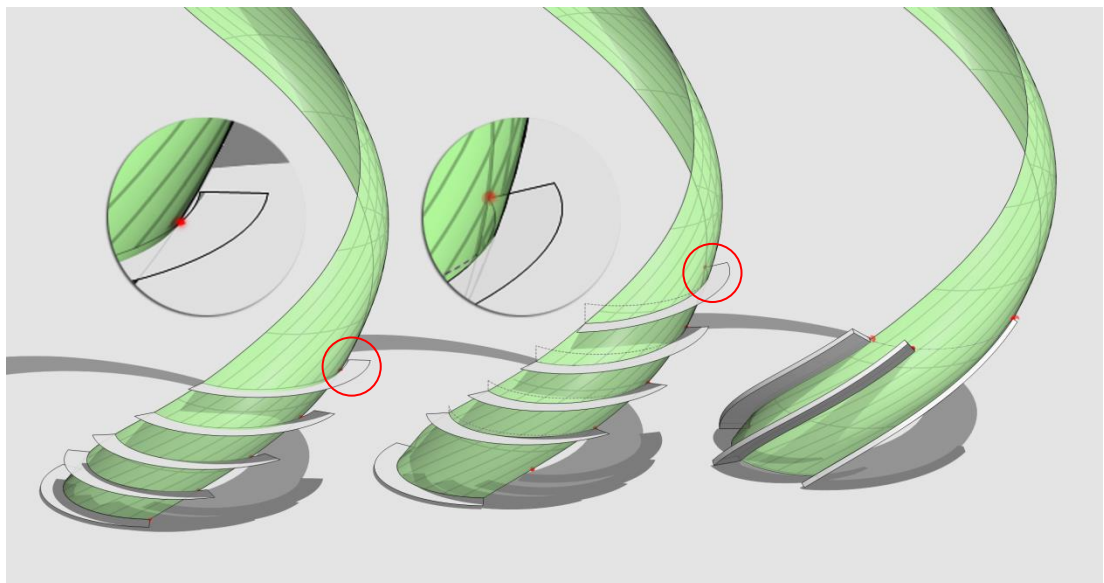
Cal fer notar que Gaudí utilitza l'hèlix en múltiples ocasions, especialment en elements de suport. Possiblement aquesta geometria tan bàsica, però de difícil execució, i d'altra banda tan repetida en nombroses maquetes i estudis, és l'embrió de les columnes de doble gir utilitzades a la Sagrada Família. Gaudí s'hi refereix per manifestar les capacitats resistents de les formes d'estructura helicoïdal ⁴⁰.

⁴⁰ (Codinachs, 1982) Conversacions amb Bergós



Il·lustració IV-8 Xemeneies del Palau Güell, a l'esquerra amb seccions poligonals rectes, a la dreta amb la secció lobulada.

La imatge de l'esquerra mostra una possible manera de generar la superfície helicoidal, en obra. A partir de les hèlixs marcades i regruixades sobre el con de base, un element recte i rígid es desplaça guiat per elles i permet anar generant la superfície intermèdia. Un procés ben diferent del del cas de la dreta, en què l'element que hauria de lliscar sobre les dues hèlix seria corb. Com es pot veure a la imatge la distància 1- 1', no és la mateixa que la distància 2- 2', fet que no tindria més importància si només es construïa un full dels sis.

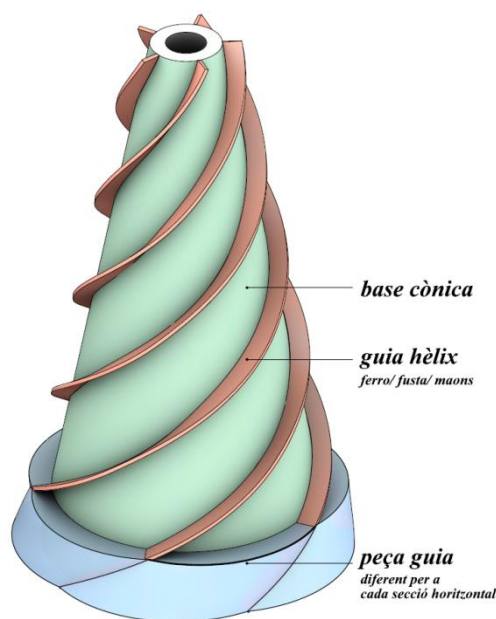


Il·lustració IV-9 Diferents solucions per a la construcció de la superfície helicoidal utilitzant un element guia.

En les tres imatges anteriors es representen les tres solucions proposades, els resultats de les quals permeten la discussió següent:

1. A l'esquerra, un perfil corbat es fa lliscar mantenint-ne l'horitzontalitat, recolzant-se en les hèlixs que prèviament s'han construït sobre el con i que podrien ser arestes fetes amb morter. En vermell s'indiquen els punts de contacte entre el perfil i les hèlixs i, com es pot veure, el perfil sobrepassa l'hèlix (en el punt vermell), fet que implicaria la seva entrada dins del con, circumstància físicament impossible.
2. En la imatge del centre, el mateix perfil corbat d'abans llisca sobre les hèlixs, però ara mantenint els seus extrems sobre aquestes. En conseqüència, a mesura que es va enlairant, el perfil s'inclina. És l'opció més senzilla, encara que caldria veure com es podria controlar el perfil a la part final, on la inclinació es gran i no es compta amb el recolzament del con base. Evidentment les seccions horitzontals de la xemeneia no serien trossos d'arcs encadenats, com en el primer cas. Això porta a descartar aquesta opció, atès que el treball per seccions és una constant en tots aquests elements dissenyats per Gaudí i, per tant, la geometria de la base es manté en totes les seccions, encara que se'n variï la mida.
3. Finalment, hi hauria la tercera opció, segurament la més enrevessada de plantejar; però cal no oblidar que és Antoni Gaudí qui n'hauria fet la proposta i, de fet, un cop realitzat el perfil que llisca sobre les seccions horitzontals d'arcs encadenats, sembla l'opció més factible, atès que el perfil es pot fer servir en totes les seccions ja que, en aquest sentit, la curvatura de l'hèlix varia poquíssim. El punt més delicat és construir una guia que segueixi la curvatura de l'hèlix a l'espai, però això pels operaris de l'època no semblaria ser cap mena de repte insalvable.

Cal tenir present que l'execució d'aquests elements no es fa desbastant, com es faria si fos pedra o fusta, sinó que es fa per agregació. Per tant algunes tècniques usades a la pedra, com per exemple la d'anar trobant la geometria final a partir del traspàs de punts amb compassos, no serien vàlides en aquest cas, almenys com a sistema operatiu. Aquí, cal anar trobant la forma partint del con base interior, en un procés que va de dins cap a fora..



En tots els casos, sembla clar que la superfície resultant es recolza sobre hèlixs traçades sobre l'element que conforma la base (con), que pot realitzar-se amb fusta, ferro o maons col·locats de pla. L'aresta de l'hèlix (guia hèlix) pot aconseguir-se creixent enfora, tot afegint material. Un cop definit el perímetre "exterior" amb les hèlixs, cal definir la geometria de la secció horitzontal en cada punt de l'alçada. En el cas de la imatge, la peça guia és un arc diferent per a cada alçada. A la superfície resultant, Gaudí li aplica un trencadís que acabarà de polir la forma de la pell final.

Arribats a aquest punt, i encara que sigui aliè al Palau Güell, convé fixar-se en un dels badalots de sortida a la coberta de l'edifici de la Pedrera. Aquest cas, se surt per complet de tota lògica constructiva que vagi en la línia del que s'acaba d'exposar per al Palau Güell, i fa pensar que es tracta més aviat d'un treball de modelatge escultòric, a partir de les maquetes a escala 1/10, que no pas d'una sistematització en base a uns elements de traçat geomètric. Així doncs, en aquest cas, el paleta, o millor caldria dir l'escultor, ha d'anar traspasant tota la superfície de la forma, secció a secció, fins arribar a culminar-la.

El cert és que aquests processos de caire escultòric, aplicats a la resolució d'un element arquitectònic, no són tan habituals a la Sagrada Família, i menys encara en els pinacles. Sembla clar que, a 75 metres sobre el terra, aquests artificis haurien comportat una complicació un punt excessiva. Això no obstant, la introducció de tècniques de treball amb formigó armat, amb la conseqüent utilització d'encofrats, permetrà finalment que Gaudí recuperi, també en el pinacle, el recurs a les "formes lliures".

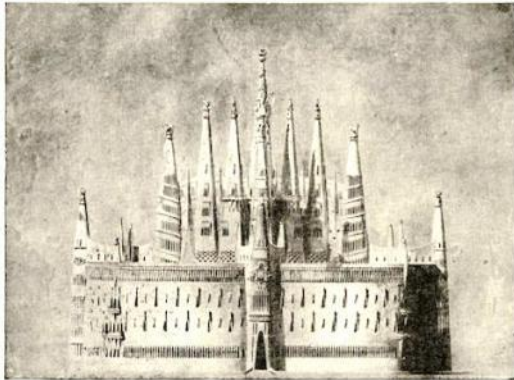


A la imatge es poden veure els traçats a, b i c. El traçat serveix per reforçar la concavitat o convexitat de l'element recolzant-se en la geometria de l'hèlix.

Aquest joc es va intercalant en cada una de les hèlixs i converteix l'element en una autèntica escultura on es combinen les dues solucions abans estudiades a les xemeneies del Palau Güell. Il·lustració IV-7. Caldria analitzar on i com es produeix el traspàs entre còncav i convex (recta b). O potser sigui més raonable deixar-se d'anàlisis geomètriques i considerar-ho com una escultura, sense més llei que la pròpia de la forma modelada a sentiment.

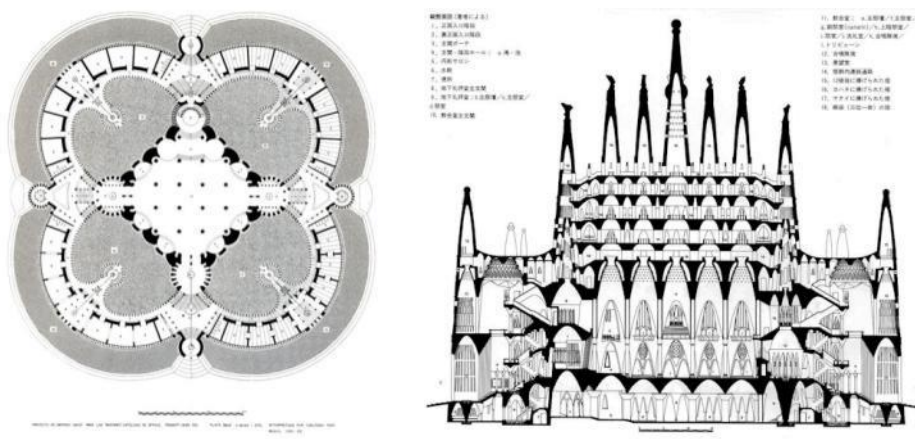
Il·lustració IV-10 Badalot de sortida a la coberta de La Pedrera

IV.1.3 Projecte no realitzat de las misiones católicas África a Tànger (1893)



Il·lustració IV-11 Fotografia dibuix original de Gaudí

El projecte que Gaudí realitzà per fer un convent a Tànger es caracteritza per dos elements fonamentals: l'aspecte emmurallat del conjunt, format per un recinte perimetral de 30 m d'alçada des del fons del fossat, i les torres de 45, 67,5 i 80 m d'alçada que apareixen en totes les façanes i a la part central del conjunt. A hores d'ara l'únic document original que existeix són les fotografies de l'alçat que Gaudí tenia penjat al seu estudi⁴¹ i el croquis original de la planta. L'arquitecte Japonès Tokutoshi Torii⁴² estudià a fons la documentació i en dibuixà la planimetria que es coneix fins avui, la qual apareix publicada en tots els llibres i catàlegs que es refereixen a l'obra.



Il·lustració IV-12 Planimetria feta per Torii l'any 1982

⁴¹ En les darreres investigacions realitzades pel Gaudí Research Institut s'han documentat còpies dels plànols originals a l'arxiu del Vaticà, encara no publicades.

⁴² (Torii, 1983)

Tal i com mostra l'esquema cronològic del capítol V.2 aquest projecte es desenvolupa entre els anys 1892-1894 però ja forma part de la segona etapa de l'arquitectura de Gaudí, la que es coneix com a 2^a plàstica del temple⁴³. La similitud entre les torres d'aquest projecte i les torres de la Sagrada Família és evident, especialment en el seu tram central.

Tot i que la concepció de l'edifici podria semblar molt diferent a la del Temple Expiatori de la Sagrada Família, hi ha algunes semblances remarcables quant a plantejament compositiu. La façana exterior del convent de Tànger presenta una torre al bell mig de cada façana. L'element torre és doncs important, però on la seva presència esdevé magnífic és a la segona pell, la que limita amb tots els patis intersticials, que està formada completament per torres. També són dotze els campanars que envolten la torre central, a banda dels quatre disposats en diagonal i també dedicats als Evangelistes. En aquest projecte l'alçat de les torres varia lleugerament entre les unes i les altres, i se'n poden diferenciar clarament dos tipus. Les que estan situades prop del centre tenen una forma més cònica amb unes generatrius de contorn que s'acosten molt a una recta, mentre que les que estan situades al perímetre presenten una certa curvatura en les seves generatrius que les fa més semblants a les de la Sagrada Família. Sense entrar en més detall, el cert que la imatge general de l'edifici porta inevitablement a establir paral·lelismes entre la Sagrada Família i la concepció d'aquest convent, en la qual, a diferència del temple barceloní, Gaudí va poder plantejar el projecte des de zero sense les restriccions heretades del projecte de Villar.

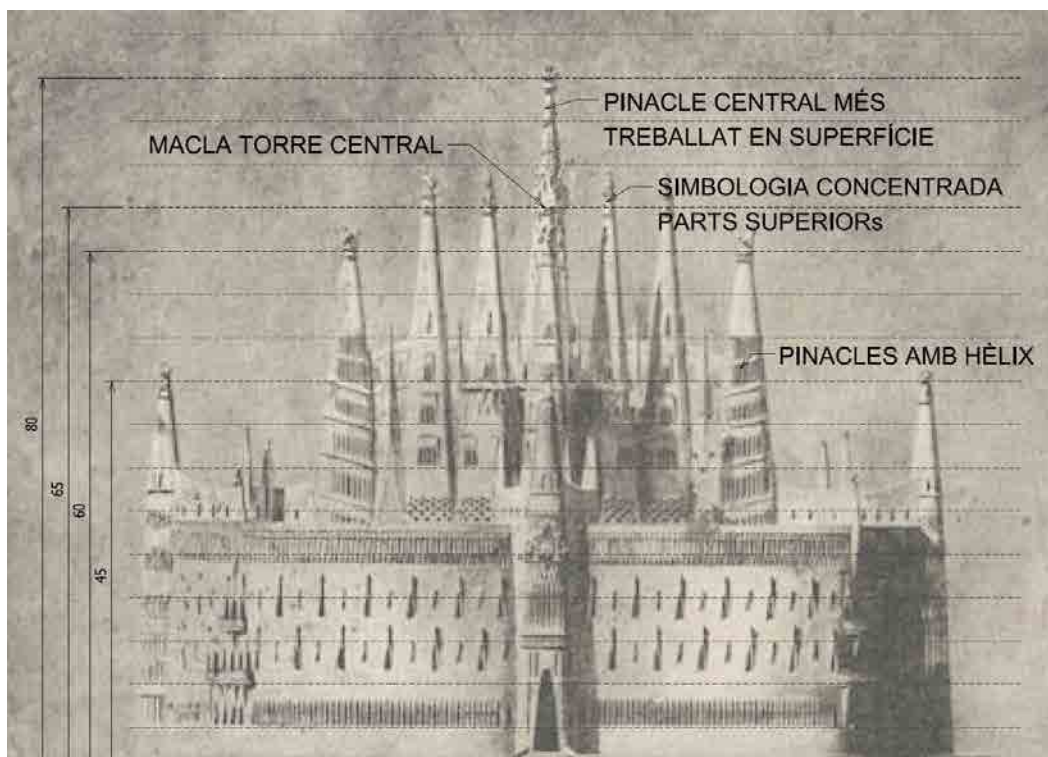
Pel que fa als pinacles, el disseny és molt més auster que el que mostren els primers dibuixos dels de la Sagrada Família. Tots els elements de culminació es concentren a la part final, sense indicis de la macla que, en aquest darrer cas, situa a mitja alçada del pinacle. Això no obstant, la torre central del projecte de Tànger presenta també un element, just abans del pinacle, que, com a la Sagrada Família, trenca la seva continuïtat vertical.

En el dibuix original, els remats finals del pinacle s'assemblen, en proporció, als elements que apareixen a la casa Bellesguard o als de la torre del Parc Güell, que concentren els elements simbòlics a l'extrem superior de la peça. Igualment, el component helicoïdal torna a ser present en algunes torres, possiblement les que contenen les comunicacions verticals. Al centre del conjunt destaca una torre més alta (80m) on s'intueix un pinacle superficialment més treballat que neix a sobre d'una mena de macla. Sembla intuir-se que les alçades de tots els elements estan traçades en base a una quadrícula que es fonamenta en els números 10 i 15, però caldria aprofundir més en l'estudi de plantes i seccions per tal d'arribar-ho a afirmar. La planta evidencia una doble simetria, tant longitudinal com transversal.

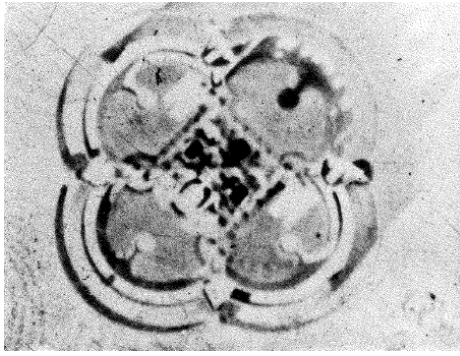
⁴³ (Puig Bermejo, 2014) Tesi doctoral



Il·lustració IV-13 Visió actual de la Sagrada Família. Aquest punt de vista permet veure totes les torres del conjunt, i en dóna una imatge ben diferent a la visió frontal a les façanes.



Il·lustració IV-14 Alçat original Convent de Tànger acotat. Aquest alçat recorda la visió esbiaixada de la fotografia anterior.



Il·lustració IV-15 Croquis original de la planta del convent. Al costat, secció horitzontal d'un tronc, casualitat?

IV.1.4 Pinacles a la Colònia Güell (1890-1910)

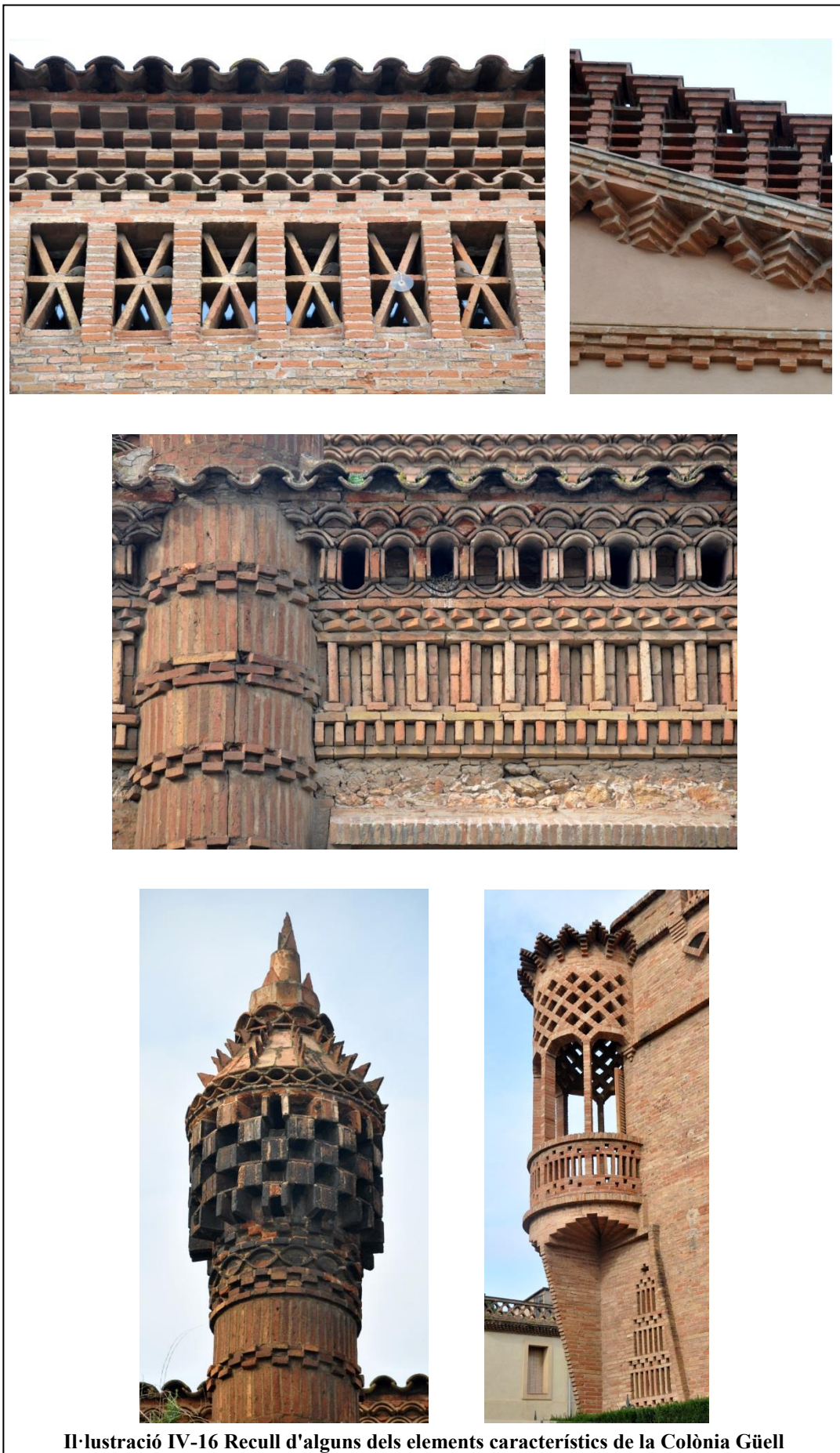
Molt menys conegudes, però no per això menys remarcables, són les diferents solucions de remats i elements en cantonada que planteja Gaudí als edificis de la Colònia Güell, la qual, segons Manuel Medarde⁴⁴ constitueix l'autèntic banc de proves de Gaudí. Una afirmació que resulta òbvia a la cripta de l'església de la Colònia, però que pot rastrejar-se també en altres construccions del mateix indret, executades per Francesc Berenguer i Mestres⁴⁵ i Joan Rubió i Bellver, col·laboradors de Gaudí i presumiblement influïts pels seus pensament i maneres de procedir.

Gran estudiós de la Colònia Güell, Medarde n'és un expert coneixedor, fet que li ha permès accedir a dades importants i remarcables sobre les maneres de fer de l'arquitecte Antoni Gaudí, en base a documents i testimonis directes. Coincidint en el temps amb la redacció d'aquesta tesi, s'estan desenvolupant diversos treballs d'investigació paral·lels que cal esperar que aportaran nous coneixements i reflexions sobre el pas de Gaudí per la colònia industrial que el comte Güell va fer construir a Santa Coloma de Cervelló.

Centrant-nos en els seus habitatges, una de les característiques remarcables de la Colònia Güell és la gran diversitat de solucions per rematar xemeneies i elements verticals. Ja sigui en balconades, escales, xemeneies o frontis, el joc amb el maó massís és una constant, i les solucions constructives i de disseny formal són múltiples i variades. Una observació atenta d'aquestes cases fa pensar en una mena de competició per veure qui és més agosarat o qui és més hàbil en l'ofici. Més enllà del resultat final que, des d'un punt de vista arquitectònic i urbanístic, es pot considerar excel·lent, cal pensar que la discussió que en el seu dia es devia produir entorn d'aquests elements havia de ser d'enorme riquesa, en termes de pràctica constructiva.

⁴⁴ Manuel Medarde Sagrera. Doctor en Història Antiga i Prehistòria, arqueòleg i enginyer electrònic. Autor de nombrosos estudis i investigacions sobre Gaudí, especialment a la Colònia Güell. Secretaria del Comité Assessor Internacional de la Colònia Güell i Conservador de la Cripta. Forma part del comissionat de l'Espai Gaudí del Museu Diocesà de Barcelona.

⁴⁵ Projecte final d'edificació "Estudi Històric i gràfic de l'Escola i Casa del Mestre a la Colònia Güell" d'Imma Nadal López i Marc Molina Bové(2002).

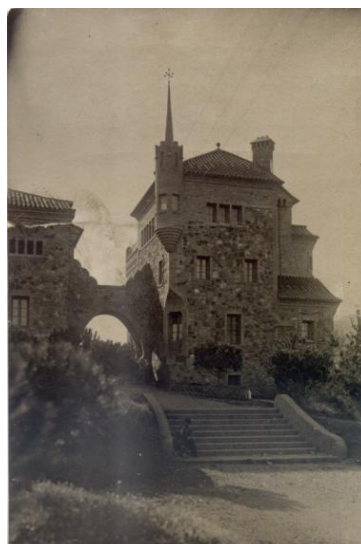
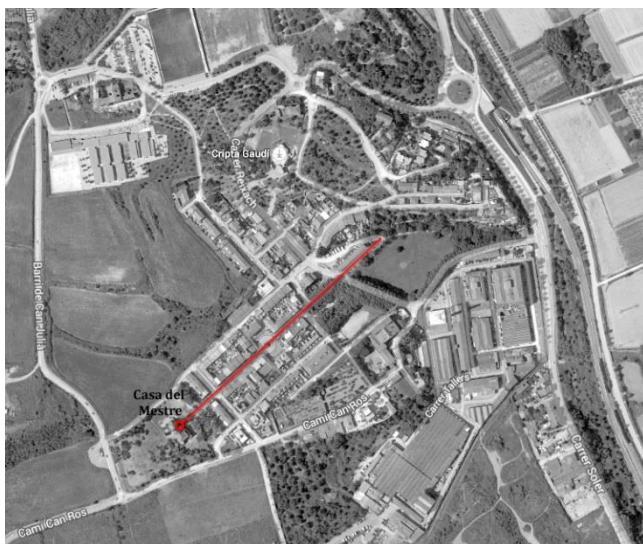


Il·lustració IV-16 Recull d'alguns dels elements característics de la Colònia Güell

Un element clau dins el conjunt de la Colònia, per la seva situació i per la similitud amb altres elements de remat treballats per Gaudí, és la torre amb agulla situada a la casa del Mestre, al costat de l'edifici de les escoles, al final de l'actual carrer Barrau. La situació de la torre, a la cantonada, té clares similituds amb la de la torre de la casa Bellesguard⁴⁷, també situada en un angle, al costat de l'accés a l'edifici. Aquesta situació en cantonada i a prop de l'accés ha estat interpretada com a símbol de benvinguda al visitant. Una interpretació que sembla més apropiada en el cas de Bellesguard, considerant la seva situació aïllada, i potser no tant en el d'aquesta casa del Mestre, en què la torre, a més de ser fita per ella mateixa, juga també un paper de referència visual de l'avinguda que té el seu davant. De fet, existeix un dibuix, que s'atribueix a Gaudí, on s'expressa aquesta idea.



Fotografia amb el dibuix al fons.



Il·lustració IV-17 Plànol de situació de la Casa del mestre dins la Colònia Güell. Fotografia des de l'eix que ens hi porta.

En les dues fotografies següents es mostra l'agulla que corona la torre situada a la cantonada sud-est de l'edifici destinat a l'habitatge del mestre de l'escola. La

^o Veure el punt IV.1.7 d'aquest document.

construcció data de l'any 1911-1915 i ha sofert algunes reformes, tant interiors com exteriors. Actualment no té cap ús i es té constància de l'existència d'alguns problemes estructurals que provoquen fissures i esquerdes en algunes parts, en particular de les escoles.



Il·lustració IV-18 Pinnacle a les Escoles de la Colònia Güell, de Francesc Berenguer, just abans de ser rehabilitat.

L'agulla va ser reformada l'any 1985 per l'arquitecta Conxita de la Villa⁴⁸, dins el programa integral de restauració de tot l'edifici que es va duent a terme de mica en mica. En concret, i referint-se a l'agulla en qüestió, en el seu projecte l'arquitecta escriu:

“Un element piramidal amb forma d'agulla amb un recobriment en trencadís de teula àrab vidriada, coronada per una creu metàl·lica. El seu interior està format per un rodó metàl·lic de 4 cm al qual s'adhereix una mena de morter massís fins a donar la forma piramidal. Estructuralment aquesta piràmide es recolça en dues IPN de ferro disposades en paral·lel.”

A banda de la descripció que se'n fa en el projecte tècnic, una conversa amb la arquitecta ha permès ampliar una mica més la informació de l'element, sobre alguns dels records que ella conserva d'aquesta feina. Diu De la Villa: “sobre les bigues metàl·liques del sostre del torrelló, hi descansava un element de secció

⁴⁸ “Anàlisi històrica, anàlisi i proposta de les diferents actuacions i pla director valorat de l'edifici de l'escola i casa del mestre de la Colònia Güell a Santa Coloma de Cervelló” Conxita de la Villa, arquitecta – JDVDP ARQUITECTES, SL. Còpia a l'ajuntament de Santa Coloma de Cervelló.

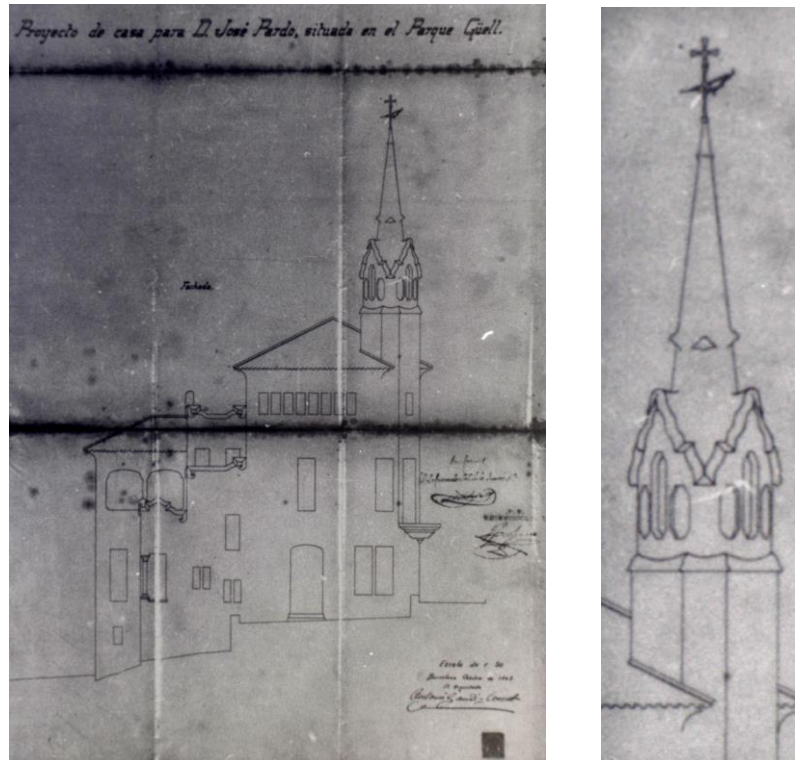
rodona, de ferro massís, possiblement de fosa, el qual estava envoltat d'una mena de conglomerat amb què es definia la forma del con exterior; i sobre aquesta massa hi havia el trencadís de teula verda." Sembla clar, doncs, que l'element de forma cònica no estava realitzat amb maons, deixant buit el seu interior, sinó que era totalment massís.

Per la seva banda, l'arquitecte tècnic Ramón Bermudo, que com a cap d'obra va executar la rehabilitació de la torre i recorda perfectament la intervenció, ratifica l'existència de l'element metàl·lic, que assegura que és el mateix que sosté la creu i que, per tant, travessa tot el con. Segons ell, la causa principal de la degradació de la peça de remat és l'addició dels elements del parallamps, els quals han accelerat el procés de corrosió de les parts metàl·liques. Bermudo afirma que en el decurs de la rehabilitació no es van seguir les especificacions del projecte executiu atès que, un cop a peu d'obra, es va optar per restaurar la creu original i tornar-la a col·locar.

L'agulla té una forma clarament cònica de 35cm de radi, a la base, i una altura de 4.90 m, amb una proporció doncs d'1 és a 7. Està rematada per una creu metàl·lica formada per tres eixos perpendiculars entre sí, amb una bola als extrems de cadascun. Aquesta composició, amb més o menys mesura, es repeteix en moltes de les creus que utilitza Gaudí. L'interès d'aquest element és la seva simplicitat, tot i usar la mateixa geometria implícita.

Molt semblant a aquest element és l'agulla de la casa on residí Gaudí al Parc Güell, obra també de Francesc Berenguer. De mides més grans i situada també a la cantonada, en aquest cas la torre no sobresurt, en relació a l'aresta, sinó que recula lleugerament. Des del punt de vista del descens de càrregues, la torre s'acosta més a la solució de Gaudí per a la casa Bellesguard però, pel que fa a l'agulla, és molt semblant a la de la casa del Mestre de la colònia Güell.

Observant la foto inferior esquerra de la següent pàgina, s'aprecia la semblança entre la balconada circular i el suport de la torre de l'escola de la Colònia Güell. En aquest cas, però, la torre no és a sobre sinó que queda desplaçada cap a l'interior i trenca la continuïtat de l'aresta inferior. La torre s'eleva en forma de prisma de secció poligonal irregular de vuit costats, sobre el qual es munta un cilindre i, finalment, un con que suporta i eleva el remat final de la creu.



Il·lustració IV-19 Fotografia del Plànol de l'edifici al Parc Güell



Il·lustració IV-20 Fotografies de J. Gutiérrez Marcos

IV.1.5 Pinacles al Convent de les Teresianes. (1889-1895)



En relació amb la Sagrada Família, aquesta obra s'inscriu en la primera etapa, corresponent a la primera plàstica del temple⁴⁹, i cronològicament se situa just després de la construcció del Palau Güell i en paral·lel a les de la casa Calvet i el palau episcopal d'Astorga. Es tracta d'un edifici sense postissos exteriors, en què el maó, col·locat de diferents maneres, és l'encarregat de donar presència i vibració a la façana⁵⁰. Té una lectura geomètrica i constructiva transparent, en la qual estructura, construcció i ornamentació es mostren de manera explícita i sense recobriments.

A les quatre cantonades del bloc, amb forma de paral·lelepípede, s'hi manifesten clarament agulles que suporten creus de quatre braços. Aquestes agulles neixen a mitja façana i sobresurten del seu pla, trencant-ne l'aresta i exagerant la verticalitat de l'element en aquest punt. El material continua essent el maó massís, que creix a manera de mènsula i, més amunt, decreix fins arribar a la creu. Es produeix un canvi important en la forma de suportar l'element en cantonada, si es compara amb els casos de la casa del Mestre i del Palau d'Astorga. Aquí la mènsula neix de la pròpia façana i es percep com un element integrat en el conjunt, no com un element sobreposat. Tot i això la càrrega del conjunt que forma el pinacle queda limitada a la cantonada i concentrada al pilar cantoner de 61x61 cm, que està lligat a les façanes.

Aquest element compleix perfectament la funció decorativa, alhora que resol el gir entre façanes, però, més enllà d'aquest rol compositiu, també pot ser analitzat des d'un punt de vista estructural considerant el sobrepès que provoca en el gir de façana, que fa que el pilar abans esmentat rebi més càrrega axial i per tant

⁴⁹ (Puig Bermejo, 2014) Tesi doctoral

⁵⁰ (Barranco Martín, y otros, 2002) pag. 46

estabilitzi millor la cantonada.

L'esquema formal és molt senzill. En planta es tracta d'una creu de quatre braços que sobresurt del pilar de cantonada, de manera que dos dels braços s'alineen amb les façanes. A l'element pinacle, en alçat, es diferencien tres parts: la corresponent a la mènsula, que ocupa aproximadament una tercera part de l'alçada; el tram central, de brancals verticals; i finalment el darrer terç, que s'inclina per acabar en el pilar que hi ha a la cantonada. L'alçada total de la cantonada, des del terra fins a sota la creu, és de 25 m. A l'alçat que es mostra a la làmina [IV.1.5-02](#) es pot veure clarament la modulació segons el número 5.



Il·lustració IV-21 Fotografies de la Creu situada a la cantonada nord oest

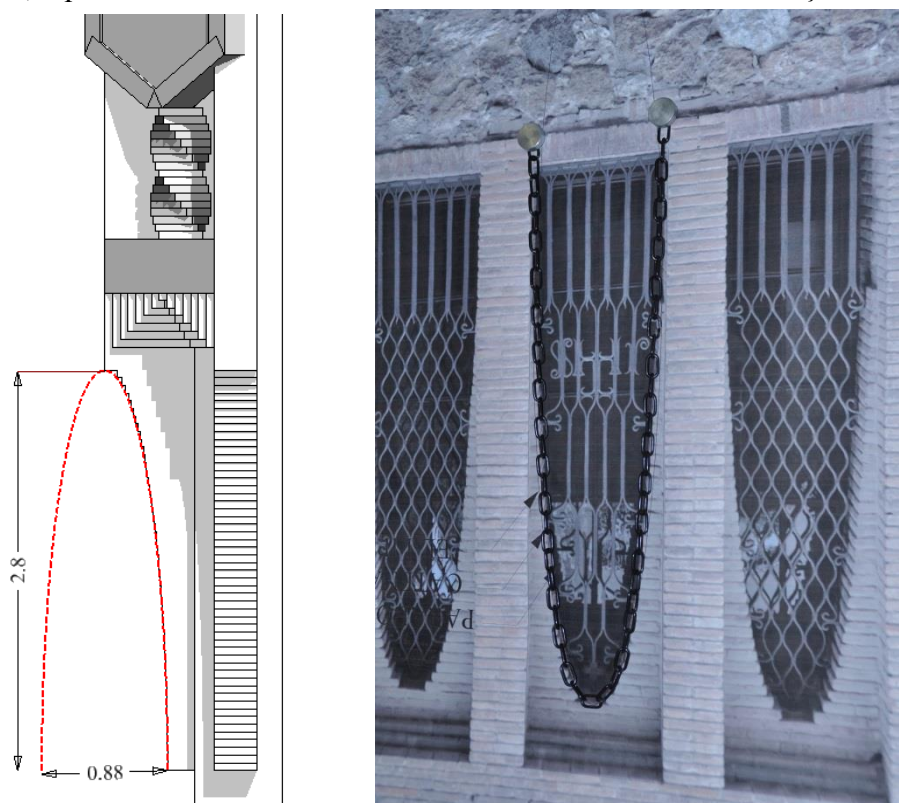
Un cop més apareix la creu de quatre braços, aquí caracteritzada per un cub que sustenta els cinc florons més el de suport de la base. Tota la peça, que és igual a les 4 cantonades de l'edifici, és de ceràmica esmaltada. En analitzar la creu, s'observa que també hi apareixen: la corona, a la part baixa; les hèlixs, en forma d'incisions que enlairen la creu; i la pinya, inserida en cada un dels braços. Símbols tots ells que es repeteixen, d'una manera o altra, en els remats gaudinians d'aquesta època. Fóra interessant localitzar els motlles originals d'aquest element perquè és possible que existeixin ⁵¹.

El cub que sustenta les sis pinyes superiors té la mateixa mida que el pilar que arrenca des de terra, és a dir, 61x61 cm o, el que és el mateix, dos maons més el junt. En la decoració del pinacle torna a aparèixer la columna salomònica, situada a la part central de l'alçat, ara feta amb massissos de 15x30 cm, disposats de dos en dos, creant una torsió de 30x30cm en planta, amb una alçada d'aproximada d'1

⁵¹ En la visita realitzada al convent, el conserge que s'ocupa del manteniment de l'edifici ens va citar, de l'existència del motlle del birrets dedicats a Santa Teresa. És fàcil pensar que també existeixin els motlles de la creu. En qualsevol cas fora important fer-ne un aixecament tridimensional per tal de preservar-ne la seva geometria.

m, en el tram inferior, i d'1,25m en el tram superior. Entre tram i tram s'hi situa l'escut.

Dins del context d'aquesta tesi, atenent a les seves característiques, tant de proporció com de composició i articulació amb la resta de l'edifici, s'ha considerat interessant aprofundir més en l'estudi d'aquest element mitjançant l'elaboració d'un model tridimensional. Després de fer-ne una minuciosa anàlisi in situ, la metodologia que s'ha seguit, a l'hora de fer el model, ha estat la de fer un espejament totxo a totxo de la cantonada. Amb el control del totxo com a unitat i a partir de fotografies, el treball d'anàlisi i modelatge de cada part ha estat relativament senzill. L'element de secció quadrada, que va de baix fins a dalt de tot, i que mostra tres de les seves quatre arestes de manera contínua, ha facilitat molt el control de cada filada de la peça, amb un total de 460 filades corresponents als 25 m d'alçada. A la làmina corresponent [IV.1.5-01](#) a banda d'acotar-hi les principals dimensions també s'hi ha marcat en color vermell el traçat que més s'aproxima a la corba de la mènsula. S'observa que es tracta d'una catenària de 88 cm de llum per 2.80 m de fletxa. Amb proporcions lleugerament diferents, aquesta forma és coincident amb la de les obertures de la façana.⁵²



Il·lustració IV-22 Fotografia invertida del conjunt de tres obertures situades a la planta baixa. La superposició d'una cadena constata de manera evident la base del seu traçat, esquema que també serveix per al traçat de les cartelles a la base dels elements de cantonada.

⁵² Antonio Gaudí y Enrique de Ossó. El simbolismo del Colegio de las Teresianas. M^a Carmen Franch, stj Barcelona 2 febrero 2013.

IV.1.5.1 [Làmina IV.1.5-01](#)

IV.1.5.2 [Làmina IV.1.5-02](#)

IV.1.6 La Torre al Pavelló d'accés al Parc Güell. (1901-1903)

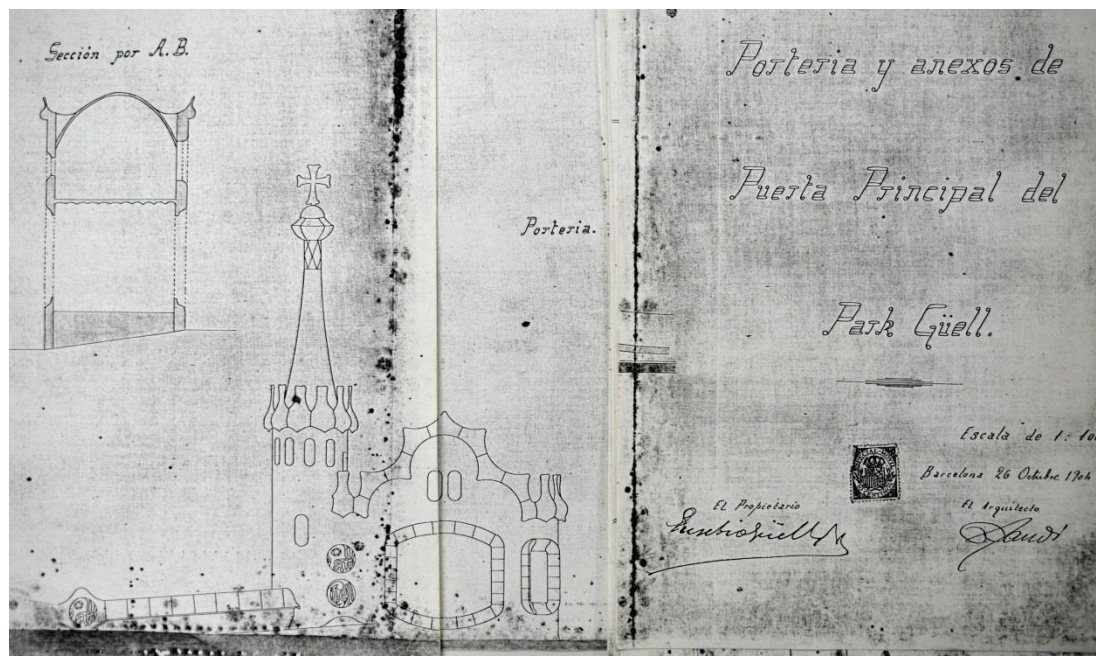


La torre del Pavelló de serveis del Parc Güell, situada sobre el cos que hi ha a la banda occidental de l'accés pel carrer Olot, fou construïda, juntament amb els pavellons, aproximadament entre els anys 1900 i 1905. L'edifici ha sofert diverses restauracions que també han afectat la torre, la qual, amb el pas dels anys, s'havia malmès molt a conseqüència de la corrosió dels elements metàl·lics que hi ha encastats a la seva pell.⁵³ Algunes d'aquestes restauracions ha variat lleugerament la forma original de la peça, per bé que pel que fa a aquest estudi, centrat en els seus processos d'execució i concepció, no són modificacions que afectin substancialment l'anàlisi.

Es tracta d'un tema que té el seu interès si es té en compte la proximitat temporal que guarda amb el disseny del pinacle de la Sagrada Família tal com apareix a la maqueta que s'exposa a París (de fet, la torre és prèvia al pinacle). Les seves

⁵³ (García Gabarró, y otros, 1999) pag 64/65

formes recorden lleugerament les del pinacle, per bé que en aquest cas se segueix una mateixa llei formal en tota la seva longitud. De fet, tant per proporció com per esquema compositiu -esquema format per un cos piramidal, una suport a la creu, i la mateixa creu- es tracta d'un element que té molts paral·lelismes amb la torre de la casa Bellesguard, que també és objecte d'anàlisi en el punt següent.



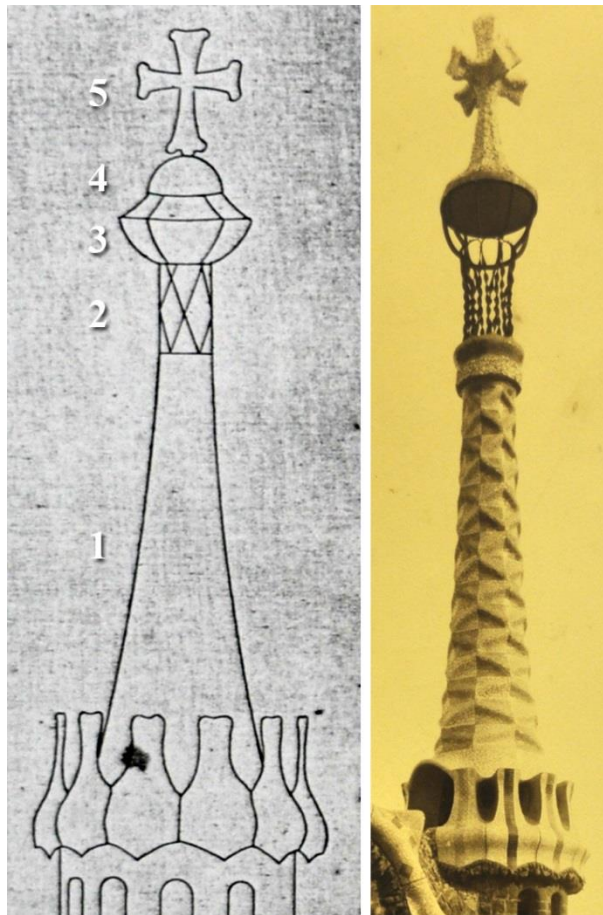
Il·lustració IV-23 Alçat Porta principal del Parc Güell, arxiu Càtedra Gaudí.

Comparant el dibuix d'alçat presentat per tramitar el permís d'obres amb la fotografia actual de l'element, es poden veure i avaluar les següents diferències, sector a sector:

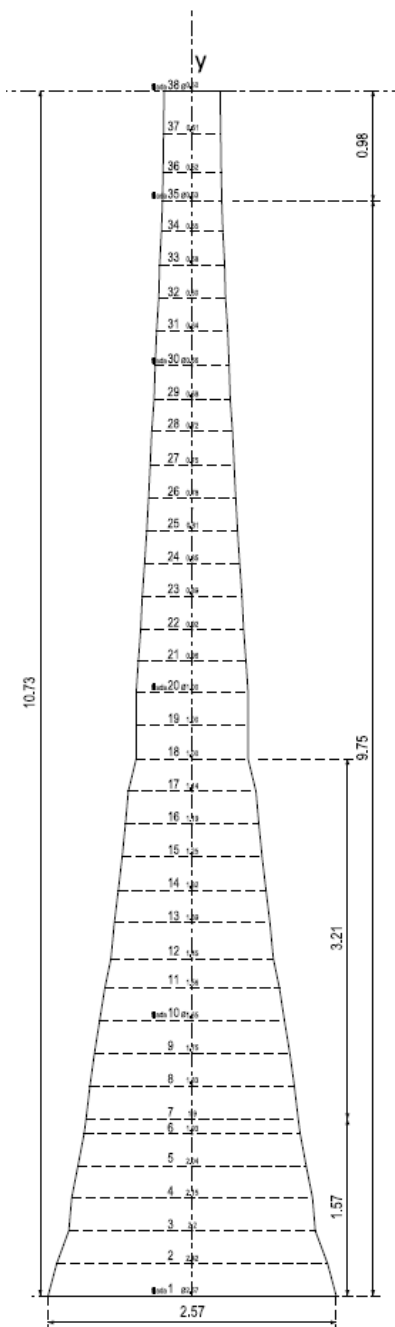
1. Vista a l'alçat, la part baixa de la torre fa pensar que es tracta d'un hiperboloide hiperbòlic, amb la gorja situada a l'extrem superior, just per sota del sector 2.

Aproximadament, l'alçada d'aquesta part, segons el dibuix, havia de ser de 6,70 m. Però a la fotografia s'aprecia que és molt més esvelta, i s'ha comprovat que en realitat té una alçada de 10,70 m. D'altra banda, en el dibuix no s'observa cap referència a la rugositat superficial que acabarà tenint la pell de l'element, un cop construït; i costa pensar que es tracti d'una simplificació, atès que aquest joc de concavitats i convexitats és prou rellevant, en la forma final. Sembla més plausible interpretar que tal descuit aparent és degut al fet que, en el moment de fer el dibuix, Gaudí encara no havia decidit com atendria els requeriments estructurals de la torre. I no és descartable pensar que, un cop iniciat el primer tram, es decidís donar-li més alçada, fent una adaptació, allà mateix a peu d'obra, del concepte geomètric de partida.

2. La segona part enlaira la "cistella" del sector núm. 3. En aquests cas, alçat i fotografia són molt similars, tret d'un augment considerable en la densitat dels elements de suport que s'acaben col·locant en obra, segurament per garantir millor la transmissió de les càrregues verticals de la corona. A més, entre el sector 1 i el 2, a la foto apareix una element bàsicament cilíndric que probablement amaga les unions de l'entramat d'elements metàl·lics i la torre. D'altra banda, aquest anell cilíndric culmina la construcció feta amb maons i fa funcions de cercol perimetral, a l'hora que emmarca la sortida a l'exterior per a funcions de manteniment.
3. Per bé que es pot discutir si hi ha coincidència en el nombre de suports que es mostren al dibuix i els que apareixen a la fotografia, en aquest sector la correspondència entre una i altra vista és pràcticament total.
4. Aquesta part sembla canviada del tot, si més no en aparença. De nou sembla un canvi provocat per la realitat constructiva que imposen els materials amb què finalment s'acaba executant l'element.
5. Si bé la creu que apareix en el dibuix és de 2 braços, presenta una silueta no gaire diferent de la de la fotografia, encara que aquesta és de 4 braços i clarament més esvelta.



Il·lustració IV-24 Comparació entre el dibuix de l'alçat i la fotografia d'època de l'estat final.



Segons mides preses
Il·lustració IV-26 Mides interiors

Després d'aquest primer contacte gràfic, s'ha passat a fer un contacte directe, per mitjà d'una visita a la torre, amb l'objectiu de comprovar-ne les dimensions i tractar de determinar la seva lògica formal des de la realitat constructiva. Atenent a aquest objectiu, la visita es fa amb un instrumental bàsic i elemental: un nivell, un metre, i un distanciómetre làser.

La inspecció es guia fonamentalment per les juntes de morter, que es perceben clarament a l'interior i que acoten força els marges d'error possible. Amb la utilització del nivell s'asseguren les verticals i les horitzontals en la presa de mides, i les funcionalitats del distanciómetre asseguren, en cada cota, l'obtenció d'una mesura ponderada del diàmetre interior el més ajustada possible.



Il·lustració IV-25, presa de dades interior

El procés constructiu de la torre es basa en la generació, amb maons plans, d'una xemeneia de secció circular. Per l'interior es veu perfectament el totxo amb totes les seves filades; filades de maó col·locat vertical, que són totes senceres a excepció d'una. En l'anàlisi in situ, doncs, es va

prenent el diàmetre interior a cada filada. Per bé que les filades de maó mesurades no són les originals és considera molt probable que segueixin la geometria d'aquelles. Un cop preses les dades de l'interior, es passa a fer fotografies per la part exterior, buscant punts de vista llunyans per tal de minimitzar la distorsió perspectiva tenint cura d'assegurar la verticalitat del quadre.



Il·lustració IV-27, fotografia exterior

De la successió de mides es poden treure algunes observacions prou ajustades. Així, per exemple, queda clar que el diàmetre de la part alta, concretament a la darrera filada, filada 38, és de 50 cm exactes. Igualment, es constata que, a mitja alçada, es frena la progressiva reducció de diàmetres i, en un tram de 3 filades consecutives –concretament les 18, 19 i 20- és manté constant un diàmetre de 100 cm. S’observa també que la 6a filada, la que correspon a la cota de les llandes de les obertures inferiors, no és sencera.

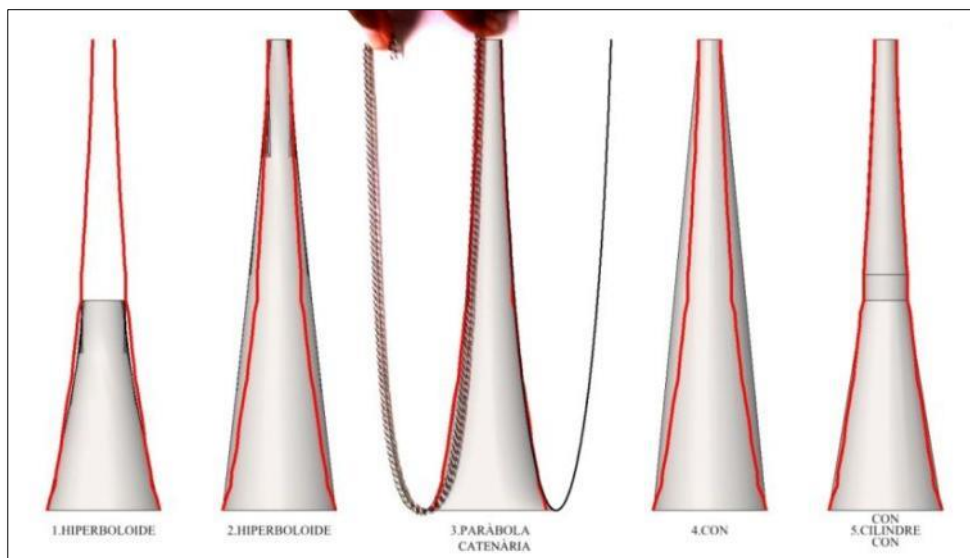
A l’hora de generar el model de la superfície, a partir de les mesures preses, s’entén que el més apropiat i fidel a les dades és anar traçant una poligonal que uneixi els extrems de cada diàmetre, un cop tots ells han estat col·locats a la seva cota relativa. D’aquesta manera, cada segment de la cadena correspon a la longitud d’un maó més la junta, amb una longitud total de 29,5 cm cadascun. És obvi que el resultat reflecteix perfectament la forma que avui podem observar, però cal preguntar-se si és així com realment fou concebuda aquesta peça. Donant per fet que les altures venen determinades pel nombre de filades, el que no és evident és amb quina llei es van reduint els diàmetres.

No són pocs els testimonis⁵⁴ que afirmen haver vist Gaudí modificant, a peu d’obra i a sentiment, el traçat inicial de les seves formes constructives. Amb tot, però, cal suposar que els operaris havien de partir d’unes directrius inicials amb

⁵⁴ Lluís Permanyer en el seu article "Gaudí i Barcelona" del llibre "Gaudí 2002. Miscel·lània", d'Editorial Planeta, a la pàgina 38.

les quals iniciaven la peça. Té sentit, doncs, tractar de determinar quines podien ser aquestes directrius.

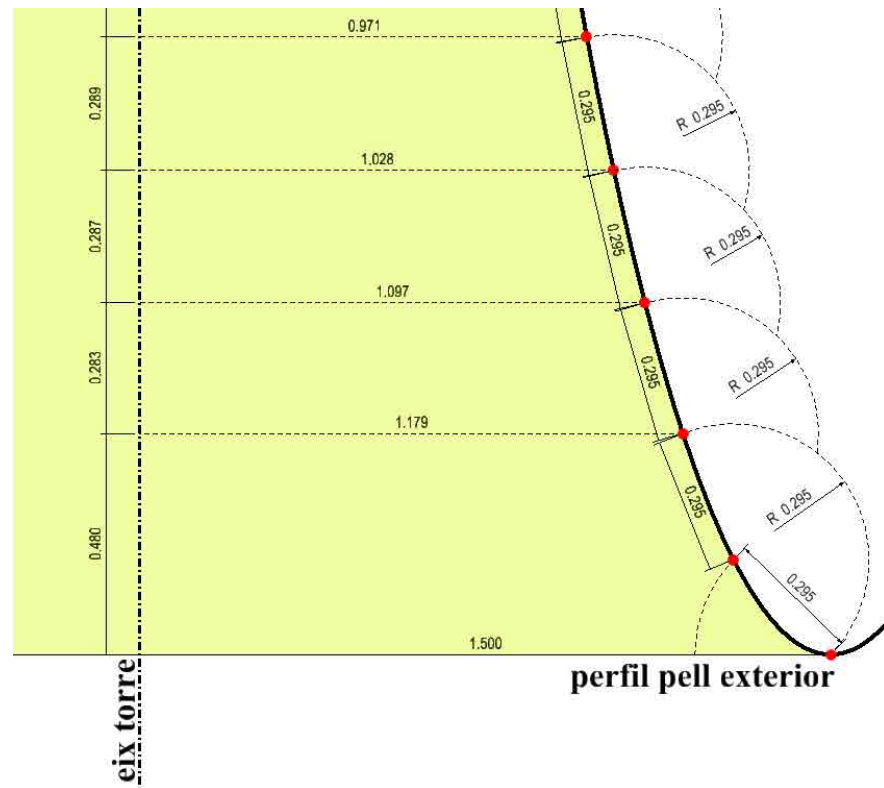
Per fer aquesta discussió, es pren com a referència el perfil resultant de les mesures preses in situ que, a l'esquema següent correspon a la poligonal marcada en vermell. Sobre aquest perfil real, se superposa en cada cas, amb color gris, el perfil resultant d'aplicar diferents criteris per a la reducció del diàmetre de cada filada.



Il·lustració IV-1 -Comparativa de diferents solucions torre Parc Güell, en vermell el traçat de la secció amb les mides preses filada a filada directament de la torre construïda

1. **Hiperboloïde fins a mitja alçada.** En aquesta hipòtesi, la superfície correspondria a un hiperboloïde determinat a partir dels diàmetres de la base i de la gorja, la qual se situaria a la part central, on el diàmetre és d'1 m. El contorn resultant s'aproxima molt a la traça de l'aixecament, però només explica la part baixa de la torre i no en resol la continuació. De ser certa la hipòtesi, caldria pensar en una definició de la torre en tres peces: hiperboloïde, a la base, seguit d'un tram cilíndric (les 3 filades d'1 m de diàmetre) i tram final en forma de con.
2. **Hiperboloïde.** En aquesta hipòtesi, la superfície vindria determinada per un hiperboloïde hiperbòlic definit a partir de les dues seccions circulars extremes, inferior i superior. El dibuix deixa clara la notable desviació de tal hipòtesi respecte del traç en vermell. De manera que cal descartar aquesta possibilitat.
3. **Paràbola / Catenària.** En aquest supòsit la superfície resultaria de la revolució d'un perfil parabòlic. Si es pren la peça en la seva totalitat, el dibuix mostra que el resultat d'aquesta hipòtesi dóna un contorn que s'aproxima molt al de l'aixecament fet. Amb tot, tractant-se d'una torre, es fa difícil justificar-ne la forma amb criteris de comportament mecànic. Això no obstant, bé sigui amb plantilles o bé amb una cadena penjada, la paràbola podria donar una llei relativament fàcil de seguir, per anar

marcant el diàmetre de cada filada. La següent imatge mostra la secció amb les mides que resultarien de seguir aquest procés. Atès que els maons són col·locats pel cantó llarg, la seva posició, sobre la paràbola, ve donada per la intersecció amb arcs de 29,5 cm.



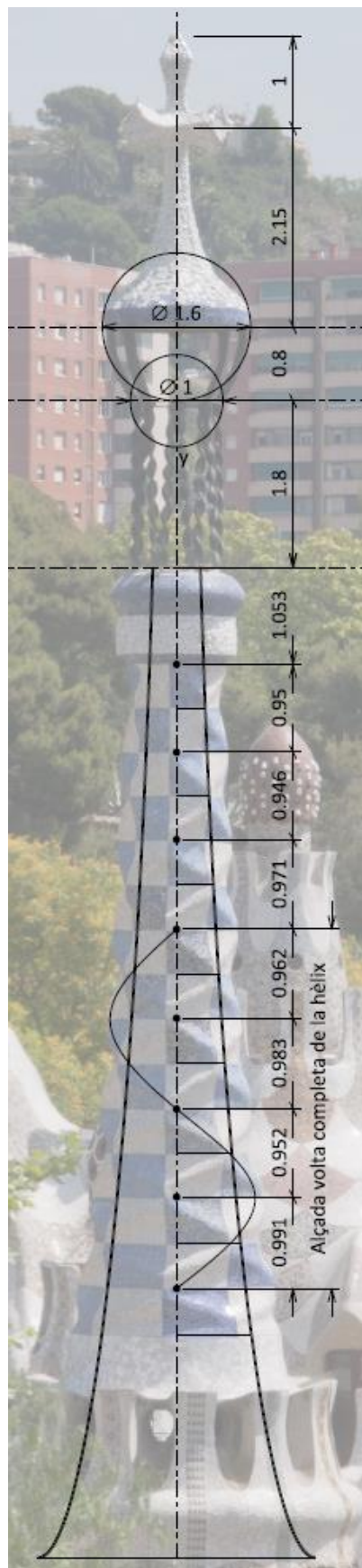
4. **Con.** Com s'aprecia a la figura, aquesta hipòtesi s'allunya clarament del perfil de l'aixecament. Conseqüentment, és descartada.
5. **Con- cilindre- con.** Amb les desviacions pròpies del treball en obra, la part baixa de la torre, entre les filades 1 i 17, pot assimilar-se a un tronc de con, per bé que això s'adapta malament a l'arrodoniment de la base que, en la realitat, va a buscar la tangència. En canvi, el tram que formen les tres filades següents, de la 18 a la 20, sí que és, indiscutiblement cilíndric, cosa que sembla descartar les hipòtesis anteriors. A partir de la filada 21, el contorn sembla sensiblement recte i, per tant, és molt probable que efectivament es tracti d'un con.
6. **Hiperboloide- cilindre- con.** La hipòtesi més probable. La base vindria formada per un hiperboloide hiperbòlic, tal com s'ha descrit en el supòsit 1, mentre que, a partir de la filada 18, se seguiria l'esquema de la hipòtesi anterior. Val a dir, per acabar, que alguns autors s'han decantat per considerar l'hiperboloide com a forma teòrica de la torre, bé que amb les desviacions pròpies del control en obra ⁵⁵.

⁵⁵ (Bassegoda i Nonell, 1996)

Acabat l'estudi de la forma interior, l'anàlisi se centra ara en la morfologia exterior. Realitzada des de l'accés al parc pel final del carrer Olot, la fotografia ⁵⁶ presenta la torre en una visió pràcticament frontal, de manera que permet prendre'n algunes mides, un cop posada a escala. De l'observació de la fotografia es desprèn que la distància en vertical entre les interseccions dels rombes que apareixen, com dibuixant un sanefa, és aproximadament d'un metre, i es manté constant. Més enllà de la mida concreta, el fet rellevant és que aquesta mida es manté invariable, cosa que indica que la llei seguida és diferent de la que regia les xemeneies del Palau Güell, on alvèols similars a aquests anaven reduint la seva dimensió a mesura que el perfil s'estrenyia.

Un cop construïda la base interior de la torre, intuïtivament sembla fàcil traçar, sobre la superfície exterior d'aquesta base, una hèlix que vagi resseguint-la amb un increment de cota d'aproximadament un metre per cada quart de volta. En realitat, no cal ni tan sols que l'operari tingui consciència que es tracta d'una hèlix. De fet, un cop marcats els punts a cada metre, sembla fàcil anar resseguint-los amb un material prou flexible perquè s'adapti a aquest recorregut. Tot indica que, poc o molt, aquest va ser el procés seguit, i que el material flexible utilitzat va ser el fleix metàl·lic. Un material que apareix ben visible a les parts metàl·liques que sustenten la creu, que també és present a les reixes del mateix Parc Güell i que es trobava en abundància, com a material de rebuig procedent de l'emballatge dels fardells de cotó, a les fàbriques del Comte.

D'aquesta manera, aplicant el fleix sobre la base de maó, es tracen 4 hèlixs girant cap a la dreta i 4 més girant cap a l'esquerra, generant-se una malla metàl·lica que és recoberta amb morter, amb un gruix suficient per modelar,



⁵⁶ Realitzada amb un tele-objectiu de 300mm, i per tant amb un angle d'obertura molt tancat, i assegurant l'horitzontalitat del raig visual.

de manera manual, la trama d'alvèols que defineixen la pell de la torre, la qual s'acaba amb un revestiment de trencadís.

Es conserven documents i altres proves que venen a ratificar que aquest va ser el procediment seguit. A la Càtedra Gaudí es conserva un tros d'aquest fleix, procedent de la torre, abans de ser restaurada el 1955. D'altra banda, en el número 70 de la revista CAU (Construcción, Arquitectura y Urbanismo), que editava el Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Barcelona, apareixen unes fotografies del procés de restauració de la torres i de la sala hipòstila del Parc Güell, que mostren clarament la presència del fleix com a armadura, bé sigui amb finalitats resistents o bé com a esquelet formal.



Il·lustració IV-28 Retall del perfil metàl·lic identificat com de la torre del Parc Güell



Il·lustració IV-29 Fotografia de la reixa i de l'element de coronament de la torre realitzat amb el passamà descrit

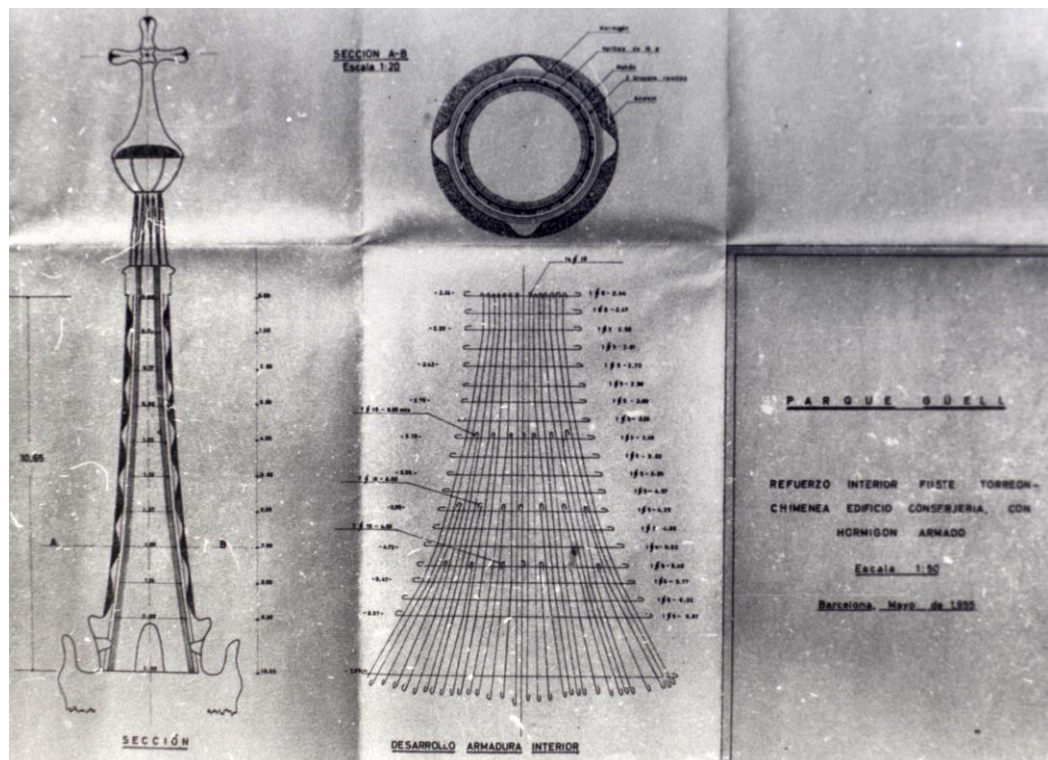
Però, més enllà d'aquests documents gràfics, a la mateixa revista s'explica el procés de construcció de la torre, en els termes següents.⁵⁷

L'hiperboloide de la torre de l'edifici de serveis estava compost per successives filades de rajol formant una volta tabicada de tres o quatre gruixos. En la massa del morter, entre fulla i fulla, s'hi embegueren fleixos cargolats. Sembla que aquests fleixos provenien dels fardells de cotó de les fabricques de Güell, encara que n'hi havia de més grans en alguns llocs. Sobre el parament extern de l'hiperboloide i mitjançant una barreja de rajols trencats i ciment ràpid es varen formar els relleus que llavors varen ser arrebossats i aplacats amb el trencadís de colors blanc i blau. Amb el temps, la humitat penetrà fins els ferros que, a l'oxidar-se provocaren importants fissures i risc de ruïna.

Per ordre de l'arquitecte Florensa, el contractista Montero, va col·locar a la part interior de l'hiperboloide una armadura de ferro rodó i estreps, de la mateixa forma que l'envolupant reglada, prenent els ferros la direcció de les generatrius de l'hiperboloide. Un cop col·locada l'estructura es va anar aixecant una nova fulla de volta tabicada deixant el ferro embegut en morter de ciment portlant. Un cop consolidada l'estructura es va procedir al rejuntat de les esquerdes i a la reconstrucció del recobriment ceràmic.

⁵⁷ Colegio oficial de aparejadores y arquitectos técnicos de Barcelona -Construcción, Arquitectura, Urbanismo - numero 70

El text anterior fa referència a una primera restauració de la torre duta a terme el 1955, per l'arquitecte Adolf Florensa, per tal de fer front al seu mal estat com a conseqüència de la degradació dels elements metàl·lics. Observant fotografies antigues, es constata que, tant en aquesta restauració com en altres de posteriors, alguns dels elements constructius foren substituïts, i fins i tot la forma d'algunes peces va ser modificada. Aquesta degradació podria explicar-se en part per l'elevat cost d'una restauració més fidel i també per l'impossibilitat de comptar amb el domini de l'ofici que tenien tant Gaudí com els operaris amb què ell va treballar.



Il·lustració IV-30 Fotografia del plànol de maig de 1955 amb els detalls del reforç interior⁵⁸.

Una maqueta “casolana” en prova el procés constructiu i justifica amb força evidència el resultat formal.

⁵⁸ Arxius de Puig Boada.



Il·lustració IV-31, maqueta il·lustrativa de la suposada superposició dels elements metàl·lics.

Aquestes dues fotografies, una de la maqueta i l'altra de la torre poden fer entendre a uns ulls inexperts, la radiografia de la torre. El cordill es va enllaçant a mesura que puja resseguint la superfície ja construïda en maons. En realitat el cordill estaria realitzat amb el fleix de la imatge anterior i molt probablement fos reblonat⁵⁹ en les interseccions per tal de garantir l'estabilitat del conjunt, tant en el moment d'executar l'obra, com un cop realitzada.

La mida del fleix és de 3x50mm. de secció i la torsió és d' aproximadament una volta cada 50cm. Aquestes mides més un parell d'imatges trobades a la catedral Gaudí ens fa pensar en la possibilitat que l'element metàl·lic no s'enllaci com en la maqueta passant un per sobre de l'altra, degut a que això donaria molt gruix a l'element, sinó que pugi en paral·lel i estigui lligat en el moment que es troben el de la dreta i el de l'esquerra.

A mesura que aprofundim en la investigació apareixen noves dades que ens aclareixen el camí. L'any 1955 l'arquitecte Adolf Florensa feu una primera rehabilitació del conjunt degut a què estava en molt mal estat a causa de la degradació de l'element metàl·lic interior. El cert és que en aquesta reforma i en les posteriors alguns dels elements constructius foren substituïts i fins i tot la forma d'algunes peces va ser canviada. Això té dues explicacions, per una banda el cost econòmic que suposa una rehabilitació ben feta i per l'altra, al nostre entendre, la impossibilitat de repetir el que el Mestre Gaudí i els operaris de l'època eren capaços de realitzar.

⁵⁹ Veure la imatge Il·lustració IV-29 Fotografia de la reixa i de l'element de coronament de la torre realitzat amb el passamà descrit



Il·lustració IV-32, comparació remat original i actual

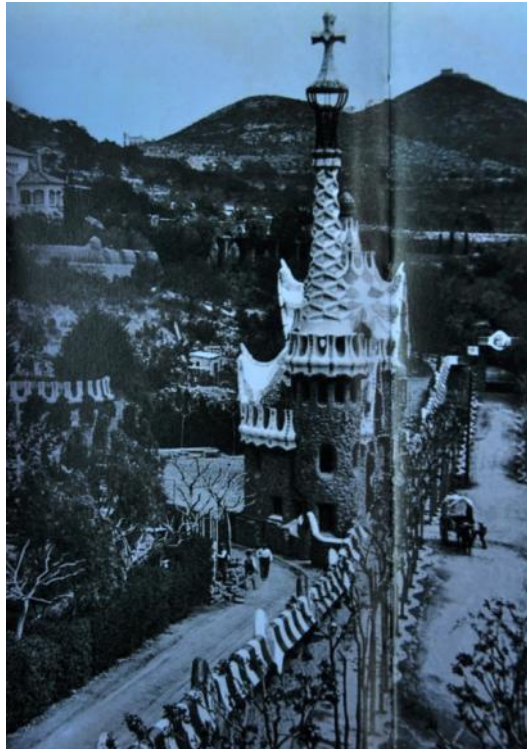
La fotografia de l'esquerra, que es conserva a la Càtedra Gaudí, està datada abans de 1911 (va ser feta per a l'exposició de París) i mostra la peça del coronament en el seu estat original. Per la seva banda, la de la dreta és una fotografia del juliol de 2012. Comparant-les, s'observa que, en l'estat original, els fleixos formen bagues que es van unint amb reblons, les unes amb les altres, connectant directament amb els fleixos o passamans que baixen de la corona⁶⁰. La fotografia actual, per contra, mostra una solució molt menys subtil. Els fleixos pugen i s'uneixen per soldadura a una anella intermèdia que és la que, també per soldadura, recull els passamans que aguanten la corona. L'original de Gaudí segueix una lògica propera a la de l'estructura metàl·lica que aguanta el tap d'una ampolla de cava, on el mateix filferro es va doblegant per formar un element continu. Pel que fa a la creu, les variacions que s'aprecien entre una foto i una altra fan de mal jutjar ja que poden ser conseqüència d'uns enquadraments i unes il·luminacions diferents.



Per bé que també pateix d'una il·luminació deficient, la imatge següent és més reveladora pel que fa a modificacions de la torre degudes a les restauracions. Si

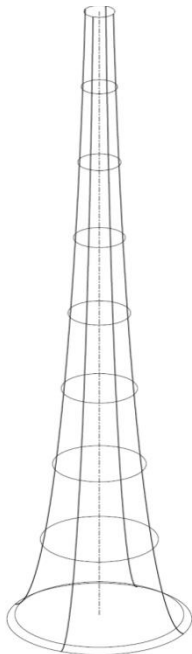
⁶⁰ Existeixen nombrosos exemples de peces metàl·liques realitzades a base de doblegar un perfil metàl·lic n vegades. Veure capítol dedicat a Bellesguard.

s'observen els alvèols de la superfície, es fa palès que, a la fotografia històrica, el seu relleu és molt més acusat que no pas a l'actualitat. Tot fa pensar que les diferents rehabilitacions que ha sofert la torre n'han anat desdibuixant la geometria original. Encara que en essència ha estat respectada, la seva força inicial s'ha anat reduint i les formes s'han anat arrodonint.



Il·lustració IV-33, Fotografia d'època

Tot plegat dóna consistència a la idea que, en la seva concepció, la torre parteix d'una primera base amb un perfil més o menys hiperbòlic sobre la qual s'aplica un element metàl·lic de reforç que, un cop tapat amb algun tipus de morter⁶¹, s'enrajola amb el trencadís blanc i blau característic.



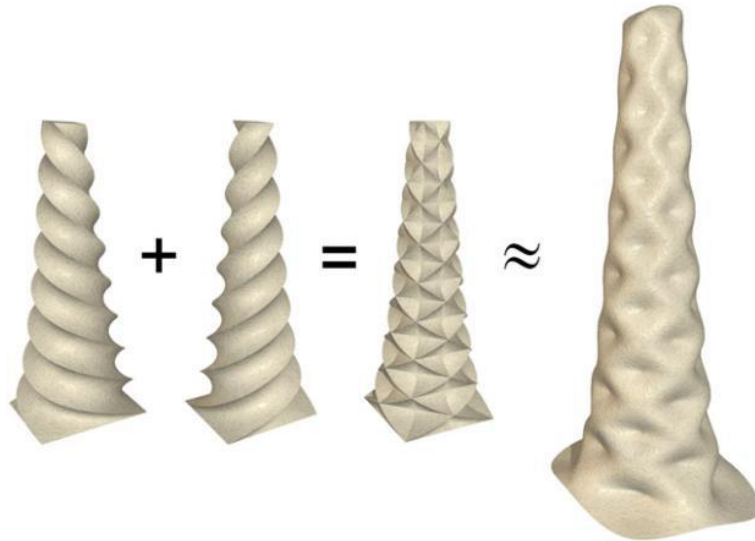
Sense ànim de posar en qüestió la tesi de Bassegoda, en el sentit que conceptualment la base fos un hiperboloide, el cert és que resulta un punt estrany que Gaudí no posi de manifest la geometria reglada d'aquesta superfície, en el tractament superficial amb trencadís. Sorpren perquè no és la seva pauta habitual, per bé que també es pot entendre que el que fa, amb aquest tractament exterior, no és altra cosa que emfasitzar les seccions verticals i horitzontals de la suposada superfície hiperbòlica de base.

En última instància, el que sembla cert és que amb les hèlixs i els fleixos metàl·lics Gaudí no fa sinó donar consistència i capacitat resistent a una torre molt esvelta resolta amb paret de

⁶¹ Tesi (Grima López)

maó de pla.

Complementant aquesta secció sobre la torre del Parc Güell, sembla interessant reproduir, per la seva capacitat explicativa, les imatges de Cameron Browne sobre aquest element gaudinià, interpretant-ne les lleis de generació formal.



Il·lustració IV-34, imatge de la web [cameronius.com](http://www.cameronius.com)
Cameron Browne, "Gaudí's organic geometry," *Computers & Graphics*, 32:1, 105-115. 62

⁶² <http://www.cameronius.com/graphics/gaudi/>



Il·lustració IV-35 Imatge virtual realitzada a partir del model tridimensional seccionat en part, deixant veure la malla metàl·lica de la totalitat de la peça.

IV.1.6.1 L'ús del color per reforçar la geometria/volumetria.

A banda de la definició formal i del procés constructiu seguit, el cas de la torre del Parc Güell constitueix un exemple prou clar de les lògiques amb què Gaudí defineix la policromia del elements. Resulta gairebé sempre amb materials ceràmics, aquesta policromia no acostuma a ser independent de les lleis geomètriques i/o estructurals que defineixen la forma. En el cas d'aquesta torre, la disposició dels rectangles de colors, uns en blanc i uns altres en blau, segueix clarament el recorregut helicoidal dels fleixos que hi ha a sota. Un recorregut que apareix d'una manera molt més manifesta a les fotos antigues, que reflecteixen l'original de Gaudí, que no pas a les imatges actuals que mostren la imatge resultant de de les successives restauracions.

Aquesta utilització del color o de la disposició del trencadís amb intenció de reflectir la geometria implícita es pot dir que és una constant en l'obra gaudiniana. Es pot veure, per exemple, a les voltes del porxo de l'església de la Colònia Güell. Com han fet notar González i Casals i es feia veure en el clip d'animació del CAIRAT per a l'exposició "Gaudí. La recerca de la forma", en aquest cas les peces ceràmiques triangulars amb què es revesteixen les voltes es disposen seguint les generatrius i directrius de la superfície, en forma de paraboloides hiperbòlics.

En la mateixa línia, i per agafar un altre exemple paradigmàtic, caldria situar el revestiment ceràmic de les voltes hiperbòliques de la Sagrada Família. També en aquest cas les peces remarquen un seguit de rectes que no són sinó generatrius de la reglada corresponent.

En el capítol següent, en parlar específicament dels pinacles de las torres de la Sagrada Família, es veurà que, també en aquest cas, el color es usat com a recurs per fer explícites lleis geomètriques que determinen les formes.

IV.1.6.2 Làmines il·lustratives

[LÀMINES IV.1.6-01](#)

[LÀMINES IV.1.6-02](#)

IV.1.7 La Torre de la casa Bell Esguard.

La casa Bellesguard fou construïda en el període 1900-1904, coincidint en el temps amb la construcció dels pavellons del Parc Güell. Es diu que Gaudí va voler treballar aquest projecte, que correspon al final de la etapa neogòtica, d'una manera molt personal, sense comptar amb col·laboradors.



Bellesguard(1900-1909) Parc Güell(1900-1905) Sagrada Família(1910-1920) Roriczer(1485-1488)

L'obra s'aixeca sobre les restes d'un antic palau de Martí l'Humà, que fou l'últim rei de la dinastia catalana, atès que morí sense deixar descendència masculina, fet que donà peu al compromís de Casp i, amb ell, a l'entronització de Ferran I, de la dinastia dels Trastàmara. S'entén doncs que, per a un home de la Renaixença, aquest projecte tingués un significat especial, cosa que es traduiria en l'adopció del neogòtic i en tot un conjunt de referències -tant en els elements decoratius com en la mateixa arquitectura- a aquell mític passat de la nació catalana.

En un angle de la planta, bàsicament quadrada, Gaudí articula un volum que sobresurt, a manera de baluard, on situa l'entrada, el vestíbul i l'escala que dona accés a les diferents plantes. I és a l'angle exterior d'aquest baluard on disposa la torre i l'agulla en què se centra l'estudi d'aquesta secció. Una agulla rematada per

un pinacle compost de 3 seccions que fan clara referència al passat de l'indret i a l'esperit de recuperació nacional que caracteritza la Renaixença: un coll ornat amb els colors de la senyera catalana, una corona i una creu de quatre braços.



Il·lustració IV-36, casa Bell Esguard des de les runes del castell

Igual com la torre del Parc Güell, aquesta de Bellesguard també ha estat objecte de diverses restauracions. Rastrejant-ne la documentació, es pot fer un recull de descripcions de les seves característiques formals i constructives. Descripcions que no sempre són coincidents en les seves conclusions. Aquestes discrepàncies s'expliquen pel fet que les inspeccions que s'hi han realitzat han tingut diferents graus de profunditat, en funció de la patologia que es buscava resoldre en cada cas. Joan Bassegoda, parlant de la restauració de 1983, escriu⁶³:

“La torre, amb el seu capçat de vidres trencats i pintats de diferents colors, ensems que els mainells de les coronelles de la façana, foren restaurades el 1983 per la propietat amb una ajuda econòmica de la Generalitat.

Aleshores es pogué comprovar que la torre, de 35 metres d'alçada no té cap mena d'armadura metàl·lica interior.

El capçat té la creu de quatre braços amb els extrems de vidres pintats de vermell i la resta de color beix. Dessota hi ha la corona reial de vidres blaus i, més avall, la bandera catalana amb les barres torçades helicoïdalment...”

⁶³ (Bassegoda Nonell, 1996), pàg 131



A la fotografia es poden veure els revestits ceràmics molt degradats i part de la corona completament malmesa. En d'altres fotografies es pot observar com l'oxidació del ferro a causa importants danys en els empotraments de l'escala de gat, que provoquen l'entrada d'aigua cap a l'interior de la massa estructural.

Il·lustració IV-37 estat de deteriorament del pinacle abans del 1983

Posteriorment, en concret a l'any 2008, l'agulla de Bellesguard va requerir una nova intervenció com a conseqüència d'un deteriorament provocat possiblement per unes obres veïnes. Els treballs els va dur a terme el despatx Bis Arquitectes, especialitzat en càlcul i projectes d'estructures, amb l'objectiu de reparar unes lesions que en aquest cas ja no eren de caire superficial. La torre s'havia inclinat i provocava fortes excentricitats en la seva base, amb la qual cosa tots els elements estructurals situats a la cantonada del pinacle es veien sotmesos a un sobre esforç. Robert Brufau⁶⁴, que intervingué en el procés de rehabilitació descriu la patologia de manera molt sintètica: “-una de les quatre potes de la torre ha baixat aproximadament un centímetre desplaçant el centre de gravetat del conjunt i provocant una reordenació de càrregues a les altres potes.” I, veient algunes fotografies fetes durant el procés de restauració, no dubta a afirmar que l'element metàl·lic que s'hi observa, situat a l'interior de la torre, pujava helicoïdalment. Fotos i opinió fonamentada que contradiuen, doncs, l'anterior afirmació de Bassegoda, en el sentit que aquesta torre no contenia cap mena d'armadura metàl·lica. I, encara, corroborant el que s'ha argumentat en parlar de la torre del Parc Güell, Brufau, que també va intervenir en l'última restauració d'aquella, recorda que s'hi van trobar trossos d'elements metàl·lics, que eren inicialment continus però que van aparèixer fragmentats a causa de la corrosió. Sembla lògic pensar que, també a Bellesguard, la corrosió havia d'afectar-ne l'armadura metàl·lica interna, ja que la pell de la torre tenia junts molt oberts que permetien una generosa entrada d'aigua penetrant fins a una zona relativament esponjosa on la humitat interna podia perdurar i accelerar així el procés de corrosió de l'anima metàl·lica.

⁶⁴ Robert Brufau i Niubó (1946), arquitecte (1971) especialista en estructures i rehabilitació, professor del departament d'estructures de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès.

La restauració se centrà a reforçar tot el conjunt, pinacle i base. Les peces de remat, corona i creu, van ser desmuntades en bloc i es varen substituir i reparar les ceràmiques del recobriment, sense intervenir a la part interna del bloc. Pel que fa a la torre, que patia esquerdes importants, va ser també desmuntada, des de la part superior fins a la meitat, per refer-la, tot i introduint-hi elements metàl·lics en el cor del conjunt per enrigidir-lo, comprimint la peça, i assegurar-ne l'estabilitat.

Les fotos realitzades durant el procés de restauració mostren que el tronc del pinacle era completament massís i venia format per un pilar central d'uns 30x30 cm de maó ceràmic, revestit amb pedres, ben col·locades i morter. S'aprecien clarament, en el tronc central, trossos de fleix metàl·lic, similars als observats a la torre del Parc Güell, que segueixen una disposició difícil de precisar a partir de la imatge. Però no és aquest l'únic lloc on es constata l'ús del fleix metàl·lic, a la casa Bellesguard. Com es pot veure a la foto adjunta, en sales interiors i amb més o menys torsió, el fleix és utilitzat i deixat vist per atirantar voltes i arcs.



Il·lustració IV-38 Vista inferior de la base del coronament del pinacle un cop desmuntat per la seva restauració. Fotografia de Bis Arquitectes. S'identifiquen clarament la part del nucli, la part de pedra perimetral i la part de reomplert.



Il·lustració IV-39 Fleix dins el massís del pinacle envoltant la part del nucli

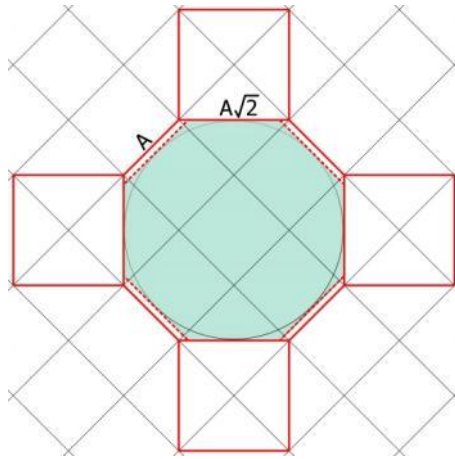
S'observa, doncs, que l'ús del ferro, amb funcions de reforç estructural és reiterat a les obres de Gaudí. Una observació que caldrà tenir present a l'hora d'analitzar els pinacles de la Sagrada Família, atesa la importància dels esforços de torsió i de flexió que aquests elements han de resistir.



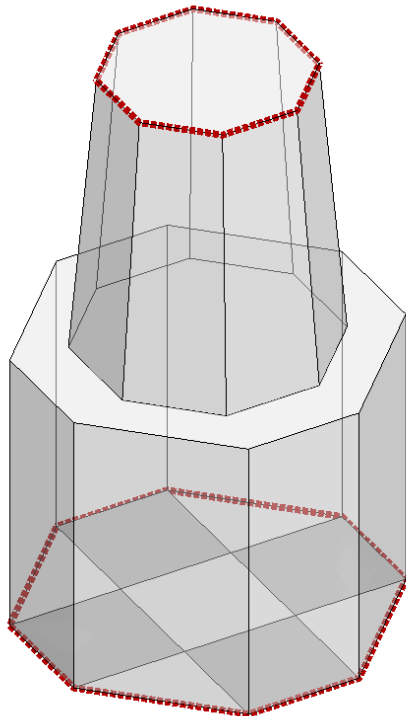
Il·lustració IV-40 Sostre sala principal casa Bellesguard amb elements metàl·lics.

Pel que fa a dimensions: l'agulla de Bellesguard assoleix una cota aproximada de 33 m al cim de la creu; el tram de torre que sobresurt per sobre del cos del baluard fa uns 16 m, també fins a coronar la creu; l'altura de l'agulla és de 7,20 m i la del pinacle, des de la base fins a la creu, de 5,1 m. Es tracta de mesures arrodonides. La realitat reflecteix uns nombres decimals que fan pensar en un traçat regulador basat en divisions proporcionals d'una primera mida inicial, a la manera dels gòtics, cosa que no resulta estranya si es té en compte el caràcter romàntic i neogòtic d'un projecte com el de Bellesguard. Veure la [làmina IV.1.7-02](#).

Quant a l'anàlisi geomètrica, la planta de la torre és doblement simètrica i presenta dos tipus de seccions: un octògon no regular, a la part inferior, i un octògon regular a la part corresponent a l'agulla (veure la làmina [IV-7-03](#)). Així, les seccions respondrien a la modulació que regeix tota la planta de l'edifici, basada en una quadrícula, tal com es mostra a la il·lustració següent, on es representa en vermell la forma d'octògon irregular corresponent a la secció de la torre i, en verd, la de l'octògon regular que defineix l'agulla.



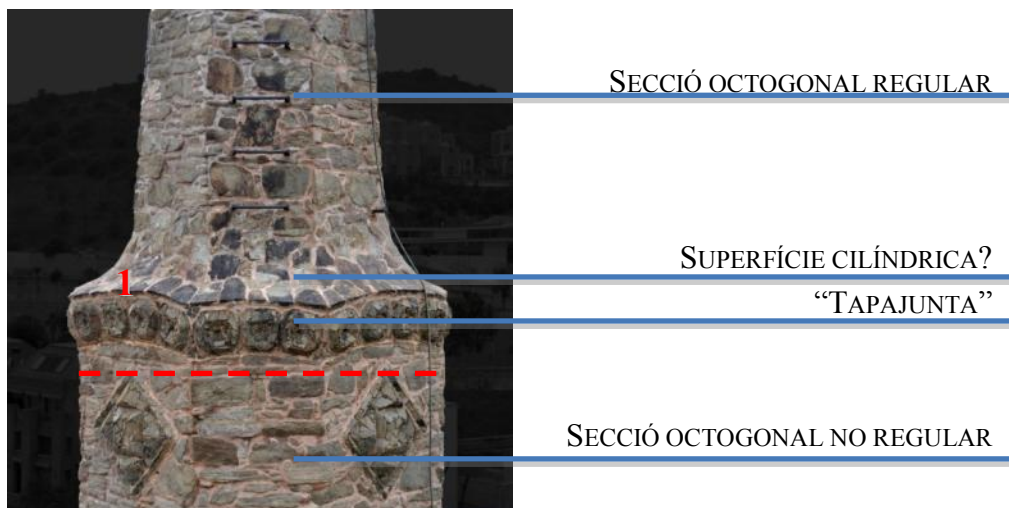
Il·lustració IV-41 Entrada a la casa amb el mosaic que segueix la geometria.



La part inferior del tronc de piràmide octogonal, corresponent a l'agulla, acaba amb unes superfícies cilíndriques tangents que donen continuïtat a l'eixamplament de la base fins a anar a trobar la secció de la torre. Aquestes superfícies tenen un control senzill en obra, però no resolen del tot la transició entre un i altre octògon. De fet, el problema no té una solució geomètrica que sigui neta, en termes compositius. De manera que Gaudí recorre a un dels seus trucs i emmascara el conflicte d'una manera prou hàbil. Per mitjà d'una mena de sanefa decorativa d'elements en relleu, amaga lleus modificacions en l'orientació terminal de les cares del prisma de la torre, amb la qual cosa modifica la secció final

d'aquesta i aconseguix una transició visualment harmoniosa.

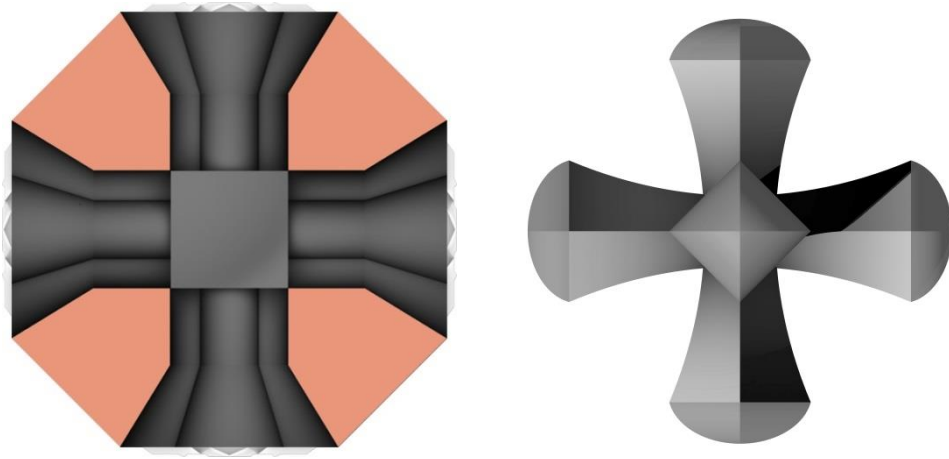
Les corbes que apareixen per damunt de la ja esmentada sanefa decorativa semblen respondre interseccions entre els respectius cilindres d'arrodoniment del tronc de piràmide i uns altres cilindres ortogonals a ells. Aquestes interseccions (1) no són planes o, en cas de ser-ho, no estarien en el pla vertical. Per tant no poden ser coplanàries amb la corresponent cara del prisma de la torre. I és aquesta sortida de pla la que Gaudí camufla hàbilment amb la sanefa decorativa.



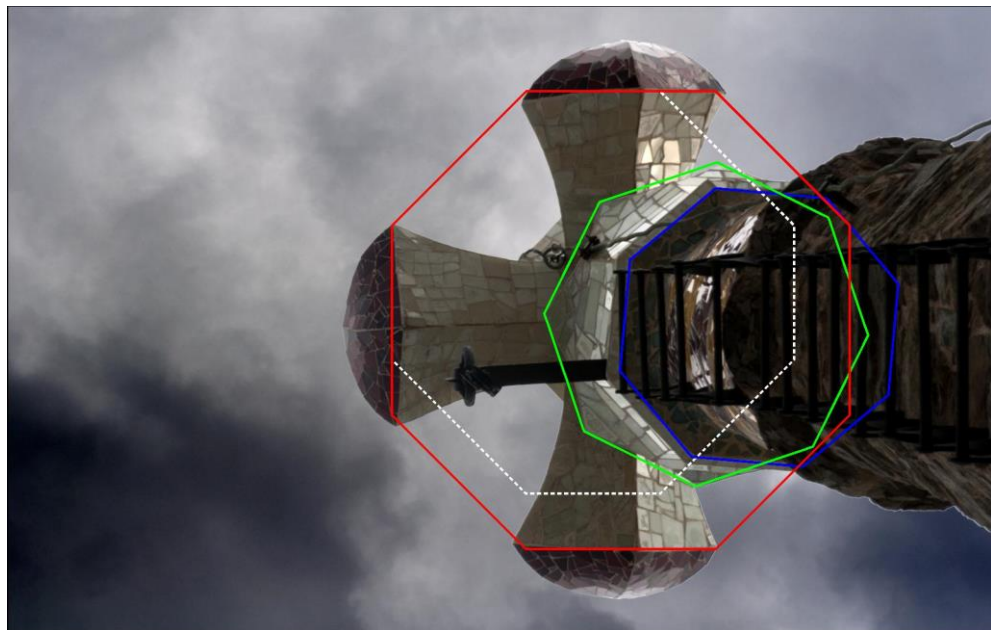
De fet, una mirada més atenta a l'entrega entre els cilindres de transició i les cares del tronc de piràmide, fa veure l'existència d'un junt horitzontal allà on comença la transició. La mida i la textura de les pedres que formen aquesta transició tenen un aspecte diferent al de les de la superfície del tronc de con. Mostren cares molt planes i dóna la sensació que es tracta de pedres col·locades com un aplacat, més amb intenció de resoldre la transició amb bon ofici, que no pas d'ajustar-se a uns criteris estrictes de puresa formal.



Malgrat tot, la quadricula general i el joc entre els dos tipus d'octògon regeix tot el conjunt, des de l'inici de la torre fins a la creu de remat. Estructuralment, la torre descansa sobre quatre pilars disposats de manera que la seva planta forma una creu en diagonal. La seva forma i disposició es pot entendre que respon a la voluntat de donar el màxim d'obertura visual a l'espai de l'interior de la torre. Però, més enllà d'aquesta voluntat plenament justificada, el cert és que la secció d'aquests pilars té una forma que es desprèn del propi joc de la quadricula de base i els dos octògons. A la següent figura, es presenta una planta zenital de la creu i, en superposició i amb un to rosat les seccions dels 4 pilars. Com es pot veure, es tracta de projeccions complementàries, de manera que la seva suma omple tota la secció octogonal de la torre.



Il·lustració IV-42 Planta zenital del sostre de la torre i Planta de la creu.



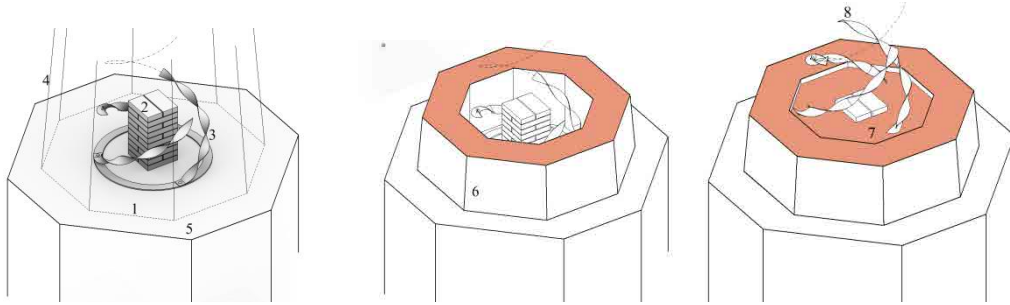
Il·lustració IV-43 Geometria bàsica dels elements de coronament, tots són octògons regulars, a excepció del traçat de color blanc que serveix per comparar.

Pel que fa al procés de construcció, sembla que aproximadament podria ser el següent:

Un cop la torre arriba a la cota de 20,70 m, es defineix un pla de treball en el centre del qual es traça l'octògon regular de la secció inicial del tronc de piràmide de l'agulla.

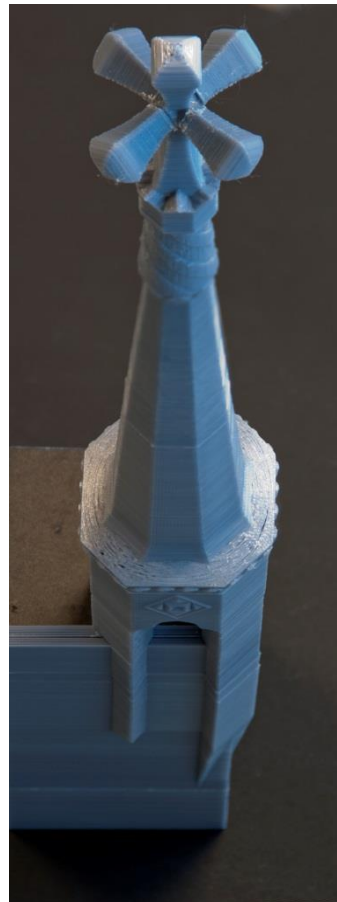
1. Des del centre de l'octògon, s'aixequen les primeres filades de l'ànima de la torre, presumiblement amb totxo massís, i, un cop marcades les arestes, comencen a aixecar-se les parets del tronc de piràmide, amb pedra massissa i un gruix inicial d'uns 20 o 30 cm.
2. Entre aquest mur perimetral i la pilastra de maó central, es col·loquen fleixos cargolats que envolten la pilastra seguint una traça helicoidal.

- Finalment, sempre per tongades, es va massissant l'espai intermedi amb trossos de pedra i morter.



Il·lustració IV-44 Seqüència d'imatges del procés constructiu que es segueix. Làmina IV-7-01

L'anàlisi de la torre de la casa Bellesguard ha comportat la generació d'un model informàtic d'estudi del conjunt, a partir del qual se n'ha obtingut un altre en un format apte per a produir-ne una impressió 3D; model que es mostra a la fotografia i que ha permès disposar d'una maqueta física en la línia dels models d'escaiola amb què treballava Gaudí.



IV.1.7.1 Làmines il·lustratives

3part
CAPÍTOL V

CAPÍTOL V. TREBALL D'ANÀLISI. RECOPILOCACIÓ I ANÀLISI DELS DOCUMENTS.

V.1 Llistat de peces i pinacles i situació de l'edifici

Els pinacles de les torres i campanars de la Sagrada Família es troben en fases diferents d'execució. No cal dir que, en el moment actual, l'entorn del Temple de la Sagrada Família mostra una activitat frenètica, no només pels milers de visitants que rep sinó també pel ritme accelerat



amb què prossegueixen les obres. Actualment, s'està acabant el cimbori de la torre de la Verge Maria i s'inicien la torre central i les dels evangelistes, alhora que s'està duent a terme la construcció de la sagristia. En paral·lel amb aquests processos d'execució en obra, a les oficines tècniques ja s'estan desenvolupant els projectes per aixecar i culminar les torres centrals del Temple, les dels evangelistes, la de Jesús i la de la Verge Maria. Amb la qual cosa ja només quedarà per iniciar l'estudi de la façana de la Glòria. La gran aflluència de visitants i l'aportació econòmica que això representa garanteixen la continuació de les obres amb una progressió accelerada. Si el ritme de visitants es manté, no és agosarat preveure que el cos complet de l'edifici pugui culminar-se en un termini que no vagi més enllà de 10 o 15 anys.

Quan estigui acabat, el temple comptarà amb dotze torres-campanar, quatre en cada una de les tres façanes. A hores d'ara, de façanes només n'hi ha dues de construïdes: la del Naixement, orientada a l'est i la de la Passió, que mira cap a l'oest. Restava doncs per aixecar la façana de la Glòria, que és la principal i està encarada al sud. El pinacle en què se centra aquest estudi està situat sobre les

torres-campanar de la façana del Naixement⁶⁵, i forma part de la sèrie de vuit pinacles de torre-campanar ja construïts, quatre per cada una de les façanes ja erigides. D'aquests vuit, només un va ser completat en vida de Gaudí. Tot i això, l'arquitecte deixà prou informació (maquetes, dibuixos i testimonis) perquè els altres set es fessin seguint els seus criteris, bé que amb les aportacions personals dels seus successors, que foren els que hagueren de prendre les seves pròpies decisions a l'hora d'executar-los.



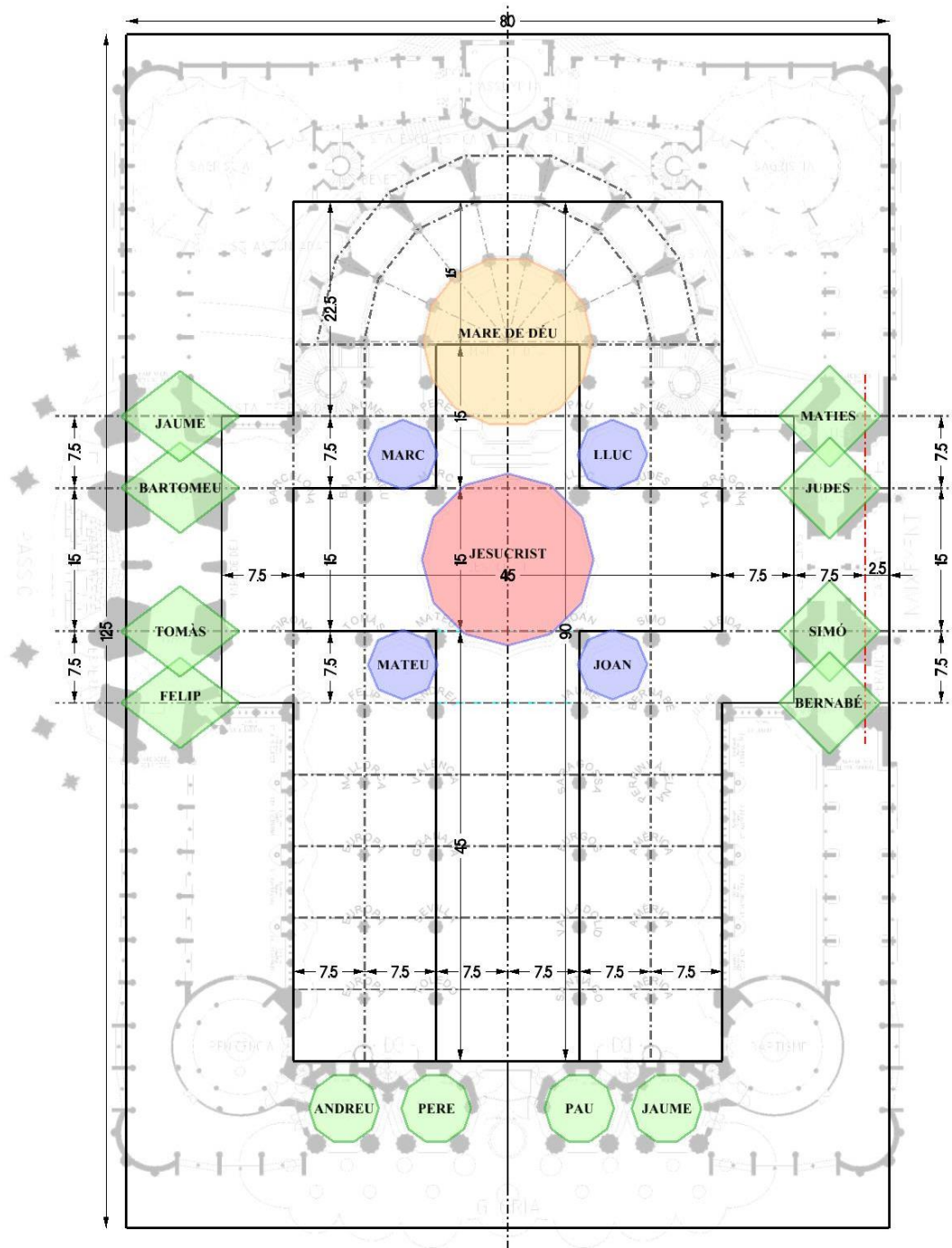
Il·lustració V-1 Dibuixos acolorits de Berenguer exposats al museu de la SAGRADA FAMÍLIA

Els pinacles de la façana del Naixement coronen els campanars dedicats a quatre apòstols que són, ordenats de muntanya a mar: Maties, Judes, Simó i Bernabé. A més del campanar dedicat a Bernabé, Gaudí també va veure construït, fins el tram corresponent a les paraules Hosanna i Excelsis, el pinacle situat més al nord, que és el dedicat a Matías, i que queda en posició simètrica respecte del de Sant Bernabé. La resta de les obres dels pinacles d'aquesta façana ja foren dirigides i completades per Domènec Sugrañes, amb l'Assistència de Francesc Quintana, i van ser completades l'any 1929.

Cinquanta anys més tard, el 1976⁶⁶, s'acabaren els quatre pinacles de la Façana de la Passió i s'iniciaren els treballs de la part escultòrica d'aquesta façana, amb els conjunts creats per Josep Maria Subirachs. I encara ara, a l'any 2015, continua treballant-s'hi depurant i completant elements que no estaven finalitzats.

⁶⁵ (Puig i Boada, 1986) pag. 14

⁶⁶ (Puig i Boada, 1986) pag 186



Il·lustració V-2 Planta esquemàtica acotada i amb la situació de les torres

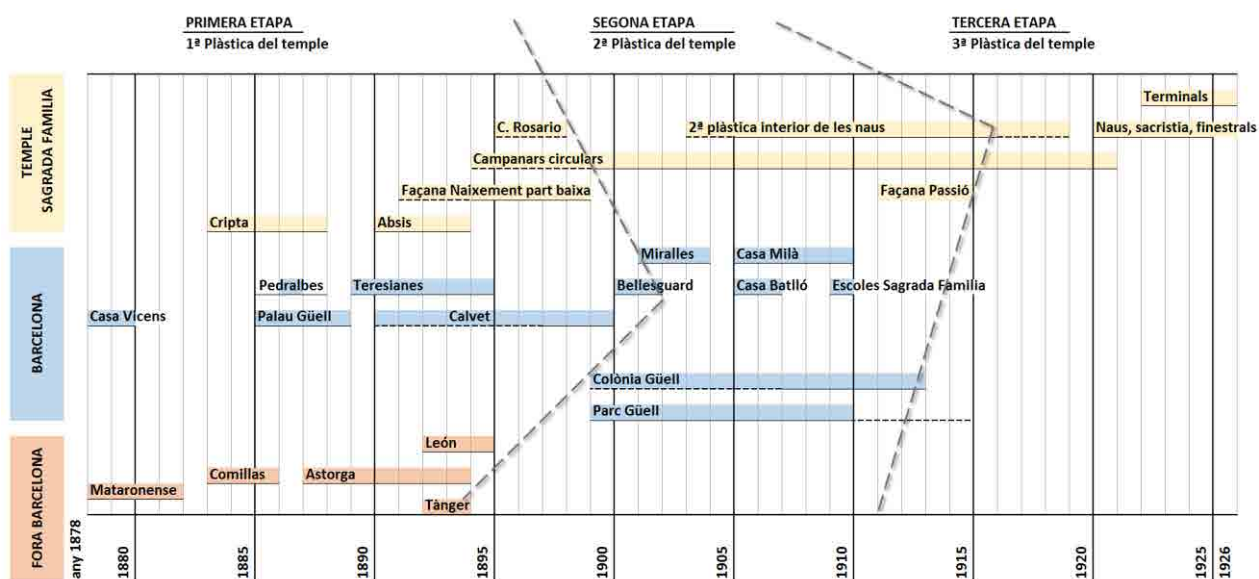
V.2 La façana del Naixement

En el capítol III, en la discussió sobre Gaudí i el gòtic, s'ha analitzat la planta de la Sagrada Família des del punt de vista de les seves proporcions. En aquesta secció s'analitzaran les mides del pinacle en relació amb l'element que el sustenta, és a dir la torre, i les mides d'aquesta en relació amb el conjunt de la façana.

Però més enllà d'aquestes relacions mètriques, la façana del Naixement és un reflex dels canvis que, al llarg dels anys en què se'n porta terme la construcció, experimenta el pensament creatiu de Gaudí. Amb un finançament basat exclusivament en els donatius, les obres del temple portaven un ritme forçosament lent. Per tant, es tracta d'una obra que es va anar desenvolupant en paral·lel a la resta d'obres de Gaudí, i els avenços, experiència i evolucions varies que aquestes obres suposen per al desenvolupament de les seves concepcions com a arquitecte tenen lògica repercussió en el temple.

A la ponència “Evolución de la obra de Gaudí”⁶⁷, que Francesc de P. Cardoner Blanch va presentar el 1967, a Barcelona, a les “Jornadas internacionales de estudios gaudinistas”, es mostra on i com es manifesta aquest paral·lelisme entre les diferents obres i la Sagrada Família. L'article és oportú de recordar aquí, perquè la tesi que sustenta Cardoner es visualitza clarament en aquesta façana del Naixement, l'única que Gaudí arribà a desenvolupar de manera íntegra.

L'autor classifica l'arquitectura de Gaudí en tres etapes: la primera, que va aproximadament de 1878 a 1900 i és possiblement la més prolífica; la segona, que va del 1900 al 1915; i la darrera abocada únicament al projecte del Temple.



II·lustració V-1 Reproducció del mapa cronològic de les 3 etapes de l'arquitectura de Gaudí segons Francesc de P. Cardoner Blanch

A la façana del Naixement es poden diferenciar clarament quatre parts. La part baixa correspon a la primera etapa, anomenada primera plàstica, en què Gaudí està en un període de formació i es recolza sobretot en l'estil neogòtic⁶⁸ que hereta

⁶⁷ Pag 64, “manuales de arquitectura 7” publicacions del colegio oficial de arquitectos de cataluña y baleares, “jornadas internaciones de estudios gaudinistas” centro de estudios gaudinistas editorial blume.

⁶⁸ (Fargas & Vivas, 2009)

del projecte de Villar. La idea dels campanars cilíndrics també neix en aquesta primera etapa, per bé que els seus disseny i construcció tenen lloc, en gran part, en l'etapa segona, període en què Gaudí trenca amb la tradició heretada i desenvolupa plenament la seva creativitat i el seu potencial innovador. En aquest segon període, l'obra arquitectònica és tractada, en gran mesura, com si fos una escultura. Segurament, la casa Milà és l'obra que millor reflecteix el Gaudí d'aquesta fase, però és el projecte de Tànger⁶⁹ el que influeix de manera més decisiva en el disseny dels campanars, especialment en el seu últim tram, tant pel que fa a la forma com pels càlculs aerodinàmics que Gaudí va haver d'estudiar per a aquell projecte, atesa la situació prevista, en un emplaçament exposat a forts vents. Aquest últim tram dels campanars defineix, doncs, la tercera part diferenciada de la façana del Naixement.



Il·lustració V-3 Façana de la Pedrera on l'arquitectura es fon amb l'escultura.

Per últim, la part final és la que ve determinada pels pinacles. Els seus disseny i construcció corresponen clarament a la tercera etapa gaudiniana; etapa en la qual l'arquitecte està ja exclusivament dedicat a l'obra del temple. La recerca formal duta a terme en la segona etapa culmina en aquesta tercera amb l'ús de les superfícies reglades guexes. Després de la recerca d'una arquitectura d'absoluta llibertat formal, recerca que caracteritza la segona etapa, les superfícies reglades retornen Gaudí a l'ordre geomètric. Un ordre que li permet el ple control de la forma en obra, sense perdre gens de creativitat ni expressivitat ni capacitat d'innovació.

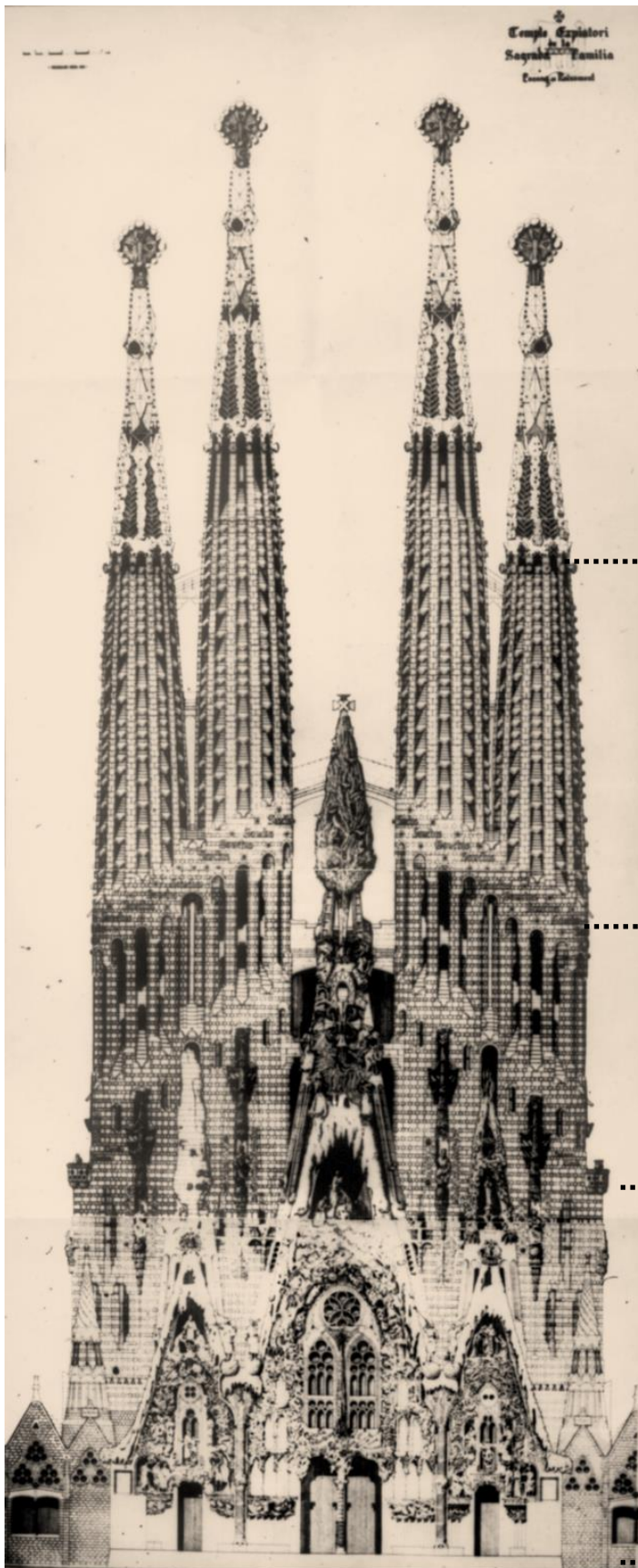
⁶⁹ (Puig i Boada, 1986) pag. 38 “en l'obra del Temple té molta importància el projecte de l'edifici de les Missions Franciscanes de Tànger, encarregat a Gaudí, i que ell presenta cap a l'any 1893...”

1

<i>OBRES FORA SAGRADA FAMÍLIA</i>			<i>OBRES A LA SAGRADA FAMÍLIA</i>
La casa Calvet	1890-1900	1 plàstica del temple	Contraforts i terminals de l'absis
El Palau d'Astorga	1887-1893		Finestrals i estructuració naus interiors, i part inferior del portal del Naixement
"Los Botines" de León	1892-1894		Finestrals gòtics nous claustres i interior temple
Las Misiones de Tànger	1892-1894		Campanars cilíndrics de perfil parabòlic
El Parc Güell	1900-1914	2 plàstica del temple	Nou sistema de càlcul i un més acabat concepte cromàtic aplicat a la geometria ⁷⁰ , que en reforça el volum i dóna més vida als terminals del portal del Naixement, la realització més perfecte i madura del gran arquitecte
La Pedrera	1907-1910		Croquis portal de la Passió. Les formes reglades, són tractades com elements d'enllaç i de cobriment més que com elements estructurals pròpiament. La façana de la Passió és un nou concepte de masses però més intens i endurit, expressament, per les superfícies i formes geomètriques.
La Colònia Güell	1907-1915		Definitiu canvi estructural dins el temple. L'estudi fins el detall de la maqueta funicular de la Colònia, com deia Ell, a títol d'assaig i a una escala menor, per el temple de la Sagrada Família.

Taula 1, Comparativa cronològica entre els projectes de Gaudí i els elements projectats a la Sagrada Família a partir dels comentaris fets per Cardoner.

⁷⁰ [—La ornamentació ha sigut, és, i serà colorista. La naturalesa no ens presenta mai un objecte monòtonament uniforme. Tot, en la vegetació, la geologia, la topografia o el regne animal, manté sempre un contrast cromàtic més o menys viu. I per això és obligat colorejar totalment o parcial un component arquitectònic;...—] Paraules de Gaudí



El Parc Güell

Nou sistema de càlcul i un més acabat concepte cromàtic aplicat a la geometria, que en reforça el volum i dona més vida als terminals del portal del Naixement, la realització més perfecte i madura del gran arquitecte .

Las Misiones de Tànger

Campanaris cilíndrics de perfil parabòlic

Parc Güell i Colònia Güell

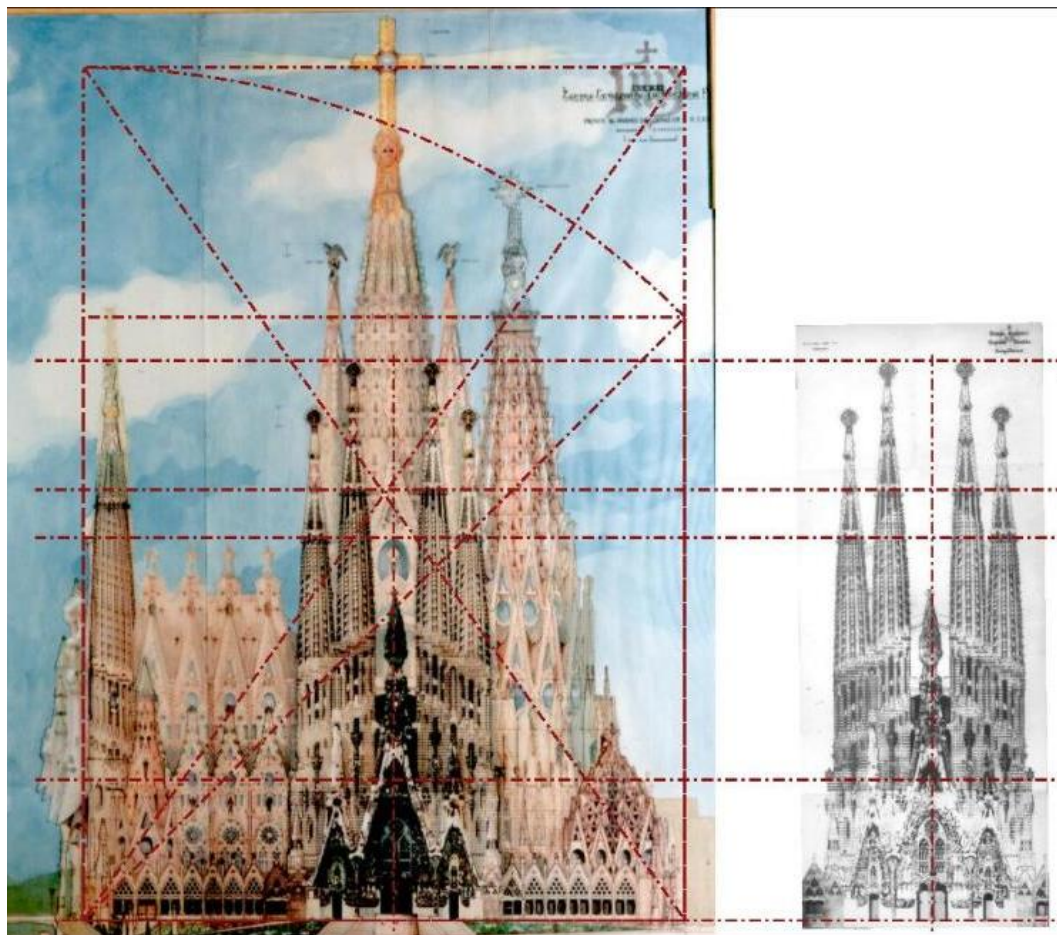
Pas de quadrat a cilíndric. 190

Palau d'Astorga

Neogòtic

Il·lustració V-2 Façana Est del Temple, Façana del Naixement, dibuix de Berenguer

Per tal d'analitzar les relacions mètriques de la façana se n'han comparat els diferents alçats existents, posant-los a escala, amb l'exactitud que permet un programari de CAD.



Il·lustració V-3 Dibuixos de Berenguer

Com sempre, en aquest tipus d'estudis, cal posar en entredit algunes de les afirmacions que es fan. Però, a grans trets i responent a la modulació interior, té sentit plantejar quina és la relació entre l'ampla d'aquesta façana i l'alçada total de l'edifici. Una relació que s'aproxima molt a la que hi ha entre la base d'un quadrat i la seva diagonal, i que és molt utilitzada en l'arquitectura religiosa gòtica. Matemàticament però, dir que la planta de la nau fa 60x90 metres o que en fa $60 \times 60\sqrt{2}$, o sigui 60x85, és pràcticament el mateix, a l'escala en què estan traçats els dibuixos.

V.2.1 La torre dedicada a l'apòstol Sant Bernabé

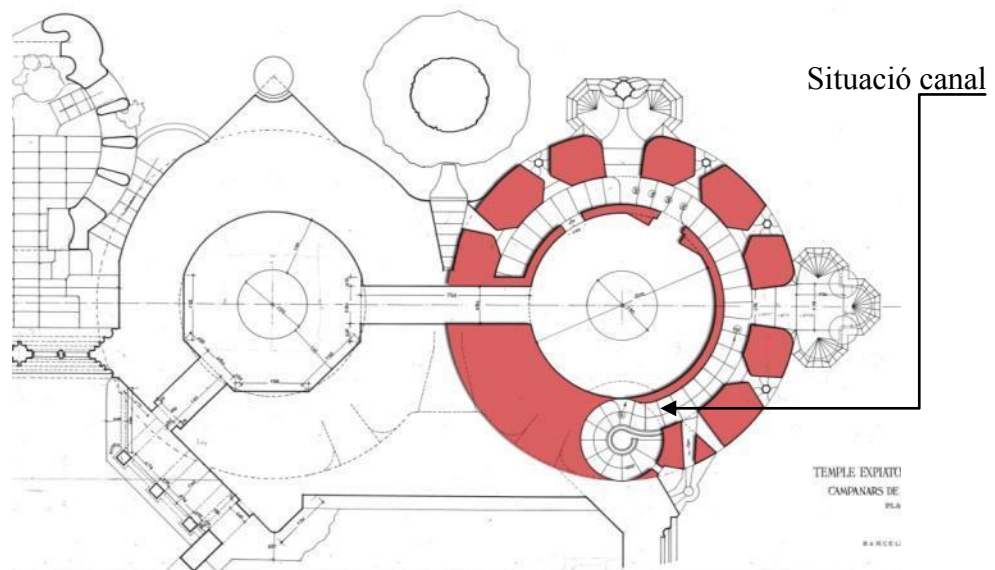


Il·lustració V-4 El campanar de sant Bernabé finalitza l'any 1925, és l'únic que Gaudí veu acabat en la seva totalitat, és a dir amb pinacle i tot.

La façana del Naixement, realitzada durant un període que dura uns 25 anys, pràcticament tots en vida de Gaudí (1887-1914), mostra continuïtat en el seu conjunt, tot i la transformació del projecte a mesura que l'obra avançava. Una transformació que és fàcil que passi desapercebuda a una mirada no experta. Però, fins i tot per a uns ulls experts que percebin bé la incidència de l'evolució personal de Gaudí, cal reconèixer que l'arquitecte aconsegueix donar-li, en tot moment, una lectura unitària i harmoniosa. Sembla clar que tot i les transformacions que experimenta en el temps de construcció, hi ha unes lleis que es mantenen constants de dalt a baix; unes lleis que venen donades, entre altres paràmetres, per la base geomètrica de l'alçat i per la seva relació amb la planta.

De l'aixecament que l'autor ha realitzat de la torre dedicada a Sant Bernabé es dedueix perfectament el procés constructiu seguit. Un procés que avança filada a filada. De fet, sembla que el mòdul o unitat vertical vingui definit per l'alçada dels graons, els quals ascendeixen seguint sempre una trajectòria helicoidal. Des del terra de la nau del Temple, que s'adopta com a cota 0, fins a l'últim replà accessible amb comoditat, que és al final de la torre, just abans del pinacle, hi ha 333 graons de 21 cm d'alçada (en total 69.83m), amb una única excepció que es produeix entre els graons 128 i 130. L'excepció correspon al pas des del primer tram d'escala cap a l'escala de la torre campanar, que condueix ja fins a dalt de tot. En aquest punt hi ha la canal que assegura el correcte desguàs pluvial de la

torre. I és just aquí on es produeix el primer canvi de secció en planta, passant de quadrat girat a circumferència, a l'hora que, en alçat, apareixen les primeres obertures radials. Aquestes obertures, amb una proporció clarament vertical, segueixen el moviment ascendent de l'escala..



És just en aquest punt on es produeix el primer canvi de secció en planta, passant del quadrat girat a circumferència i en alçat apareixen les primeres obertures radials. Aquestes obertures amb una proporció clarament vertical segueixen el moviment ascendent de l'escala. Som al graó 130 i la torre ascendirà fins el graó 236 sense canviar de secció és a dir es manté vertical definint un cilindre com a forma base, l'ample d'escala és des d'ara i fins dalt de 60cm, i el diàmetre interior del cilindre és de 3.70 metres.

Entre els graons 130 i 236, la torre ascendeix sense canviar de secció, definint doncs un cilindre, com a forma base. L'ample d'escala es manté constant i és de 60cm, mentre que el diàmetre interior del cilindre fa 3.70 m, en tot el tram. A partir del graó 236 la secció en vertical comença a variar. Correspon al sector que ha de contenir les campanes i, en façana, es manifesta amb els tornaveus col·locats a les obertures. En aquest tram, que arriba fins a la cota 49,50, i ja fins a l'arrancada del pinacle, Gaudí recupera la modulació de 42 cm pel que fa les filades, tant a dins com a fora.

De dalt a baix, la torre pot dividir-se en quatre parts que tenen característiques diferents. Coincideixen, poc més o menys, amb les quartes parts de l'altura total. Així doncs, els primers 25 metres formen el primer tram (planta en forma de quadrat girat); els 25 metres següents determinen el tram segon (tram cilíndric); entre la cota 50 i la 75 se situa el sector destinat a les campanes i, per acabar, els 25 metres finals corresponen al pinacle. Pel que fa a les torres centrals, un xic més

altes, Gaudí concentra l'increment d'alçada en el tram cilíndric, cosa que li permet mantenir la geometria de tota la part superior, que és igual en els quatre pinacles.

Els graons de l'escala són tallats en pedra, i a cada 10 s'hi ha fet una marca amb el número corresponent. Això en facilita molt la identificació i la localització dins del conjunt de l'escala. En el punt en què es produeix el canvi de curvatura i de diàmetre del cargol, es passa del graó 128 al 130, per tant no existeix el 129. D'altra banda, el graó 130 té una contrapetja de només 11 cm en lloc dels 21 que tenen de la resta. Una discontinuïtat que només es produeix en aquest punt, just on va situada la gàrgola per on s'evacua la pluja que pugui entrar pels grans finestrals.



Il·lustració V-5 Trobada escala interior i escala campanar

Observant els carreus de la cara interior del mur, es veu que hi ha una relació clara entre la seva mida i la dels graons, de manera que cada tres graons ($21+21+21=63\text{cm}$) corresponen a dues filades de carreus ($31'5+31'5\text{cm}$). En el tram inicial del cilindre, per sota de les grans obertures, aquesta relació es manté pel que fa a les cares interiors de la torre, però no en relació a les exteriors. En aquest tram, per dins els carreus estan carejats amb un acabat buixardat força acurat. Per fora, en canvi, els carreus presenten un acabat més bast, en forma d'encoixinat aberrugat, i només tenen polits el perímetre i els cantells. A la cara exterior, Gaudí fa servir dues altures de filada, 21 i 42 cm, que igualment sumen els 63 ja esmentats. És evident que aquest ordre facilita molt la construcció de les torres, filada a filada.

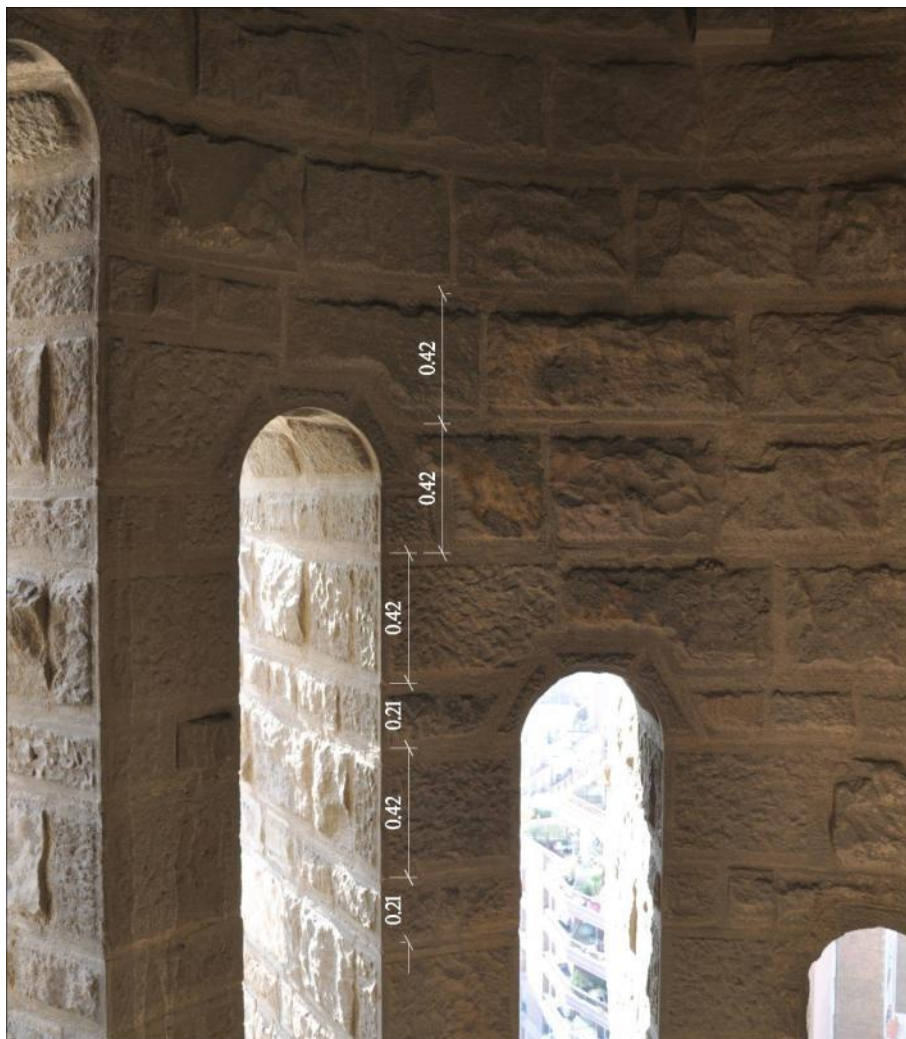


Il·lustració V-6 Fotografia de la Façana del Naixement amb la marca de la part ampliada a la següent fotografia.



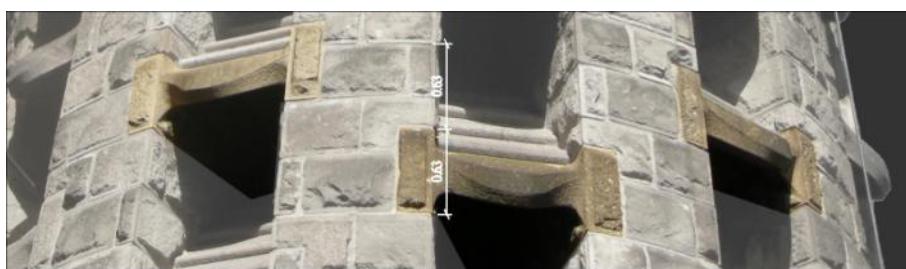
**Il·lustració V-7 Fotografia del tram on es produeix el canvi de secció quadrada a circular.
S'hi veuen les dues alçades de les juntes 21cm+42cm**

Als primers 128 graons, el diàmetre del cargol de l'escala és petit. Té un pas de rosca de 12 graons, o sigui que l'alçada de pas de l'helicoide corresponent és 12x21 cm, és a dir, de 2.52 m. A partir del graó 128, on comença el tram cilíndric de la torre, l'escala continua essent de cargol, però amb un diàmetre molt més gran. El pas de rosca ara és de 46 graons, que salven una alçada de 9.66 m (46x21= 966cm).

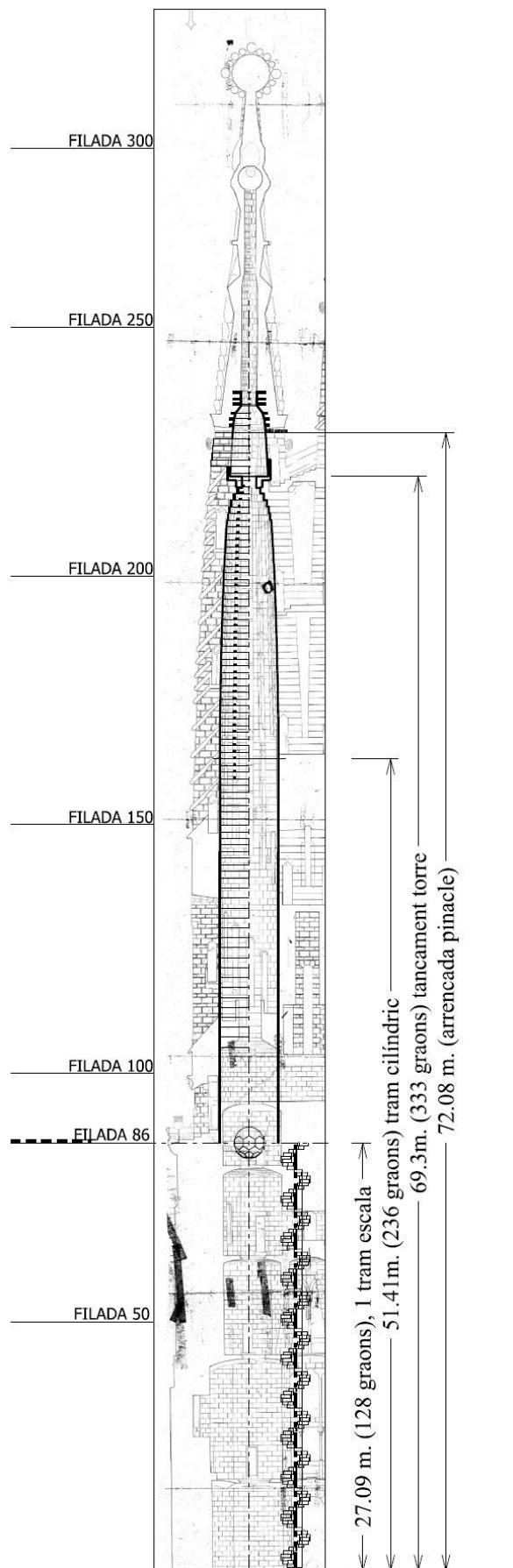


Il·lustració V-8 Fotografia interior de la torre, on s'aprecien els dos ritmes de les alçades dels carreus, (21+42) i (42+42)

En arribar a les grans obertures verticals de la part cilíndrica, el carreus i les filades de la cara interior tenen un tractament i un especejament idèntics als de la cara exterior. Més amunt, quan s'inicien els tornaveus, és a dir, en el tercer tram de la torre, les filades passen a ser de 42 cm, tant per dins com per fora. La peça que queda a la part exterior del tornaveu, amb 63cm d'alçada, dissenyada per afavorir la bona sonoritat del campanar, resol l'entrega amb les dues cantonades del brancal.



Il·lustració V-4 detall acotat dels tornaveus a façana



Il·lustració V-5 Imatge esquemàtica del model71 on apareixen les filades i graons

⁷¹ _DGN\MODEL-BERNABÉ2012.DGN

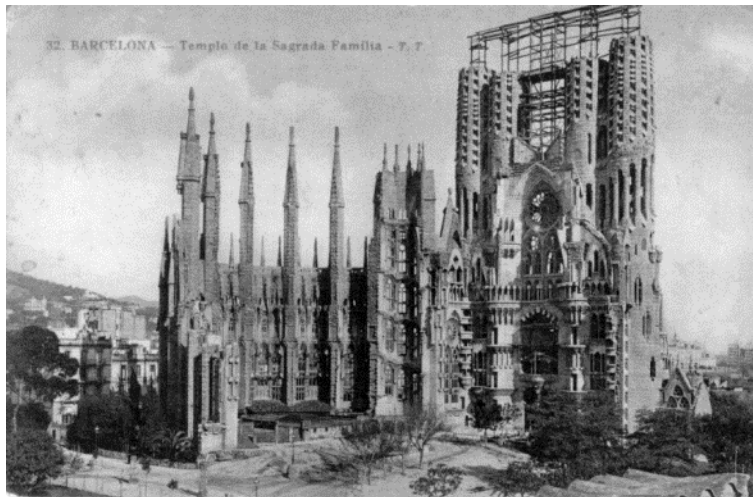
Les fotografies històriques que s'adjunten, disposades en ordre cronològic, mostren el procés seguit per a la construcció d'aquesta façana del Naixement. A les imatges es veu com les filades corren horitzontalment a tot l'ample de la façana, avançant de sud a nord. A l'última fotografia de la sèrie, les torres ja han assolit la cota 75. Per tant, ja només els falta l'últim tram, el corresponent al pinacle. Gràcies al canvi de sistema constructiu, aquesta part final podrà erigir-se amb molta rapidesa ja que les peces que el formen s'hissen en obra ja pràcticament acabades, i només requereixen ser col·locades cada una al seu emplaçament.



Il·lustració V-6 Fotografia presa l'any 1905



Il·lustració V-7 Fotografia de l'any 1909



Il·lustració V-8 Fotografia presa el 1912

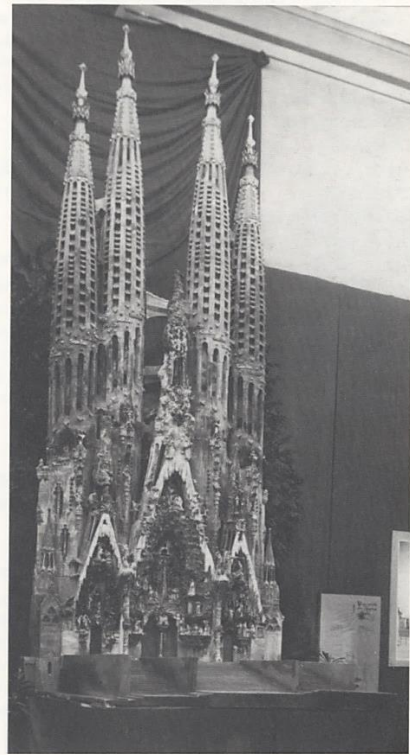


Il·lustració 1 fotografia publicada a l'album de la revista el Propagador de la devoción a Sant Jose. Tercer àlbum 1922-1925

V.3 Evolució del disseny dels pinacles.

L'any 1910, una maqueta de la façana del Naixement va ser exhibida al Grand Palais de Paris, en ocasió d'una exposició sobre l'obra de Gaudí. Se'n conserven diverses fotografies, fetes al mateix taller de maquetes, al soterrani de la Sagrada Família, que estan dipositades al fons fotogràfic de l'arxiu Sugranyes. En elles es poden veure importants diferències en relació amb el que acabarà sent la forma final del pinacle. En el moment de l'exposició a París, Gaudí estava treballant en

la façana de la Passió i, tot i que ja ha començat la introducció del color en el projecte, el que es coneix com a revolució cromàtica a la Sagrada Família, aquesta encara està en una fase de canvis.



13. Fotografia de l'aspecte de l'exposició de París

1910

17'5 x 12'8cm.

Reial Catedral Gaudí

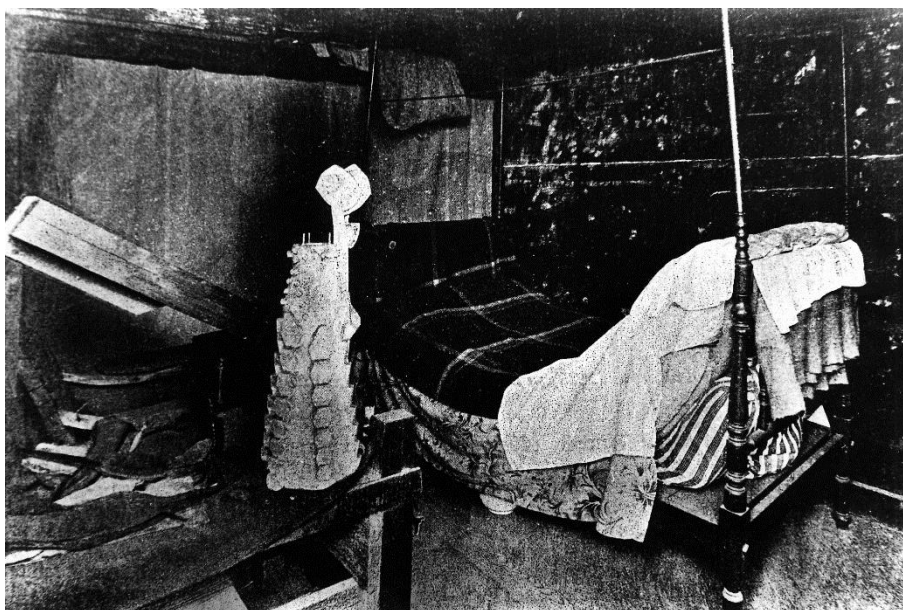
Vista d'una paret del saló on hi ha la maqueta de la Façana del Naixement de la Sagrada Família que Gaudí va fer acolorir a Josep M. Jujol expressament per a la mostra de París. A la dreta es veuen fotografies i plànols de la mateixa obra.



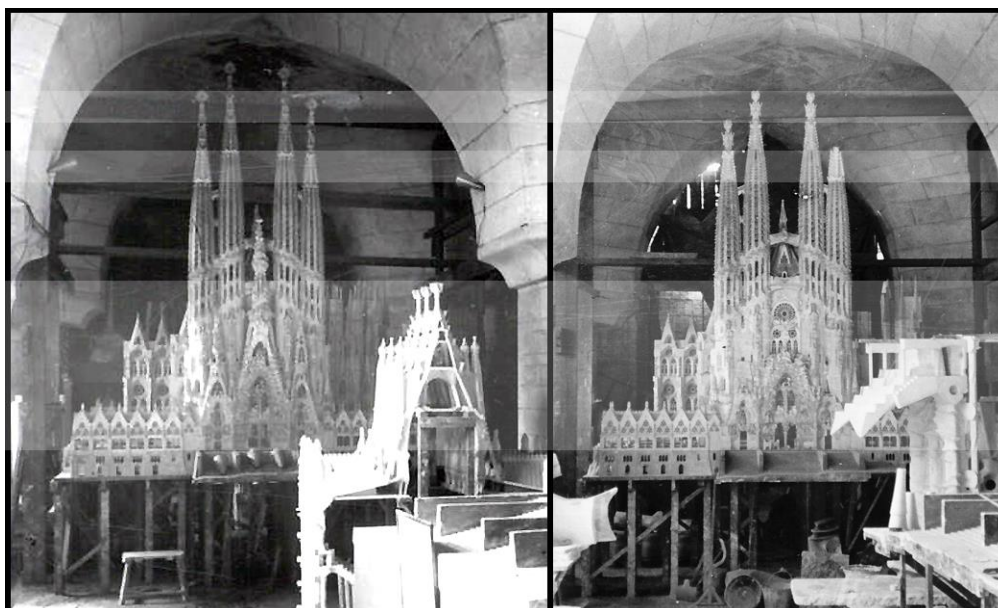
**Il·lustració V-9 fotografia de la maqueta exposada a París (f081200016.jpg)
a la mateixa exposició i dins el taller de maquetes**

De fet, aquestes i altres fotografies històriques -com la ben coneguda del llit de Gaudí a l'Obrador⁷², on apareixen dos estudis en escaiola sobre l'acabament de les torres- fan pensar que la forma final del pinacle va trigar encara uns anys a definir-se. En concret, sembla que, en el pensament de Gaudí, el pinacle va anar evolucionant per un període de més de 15 anys.

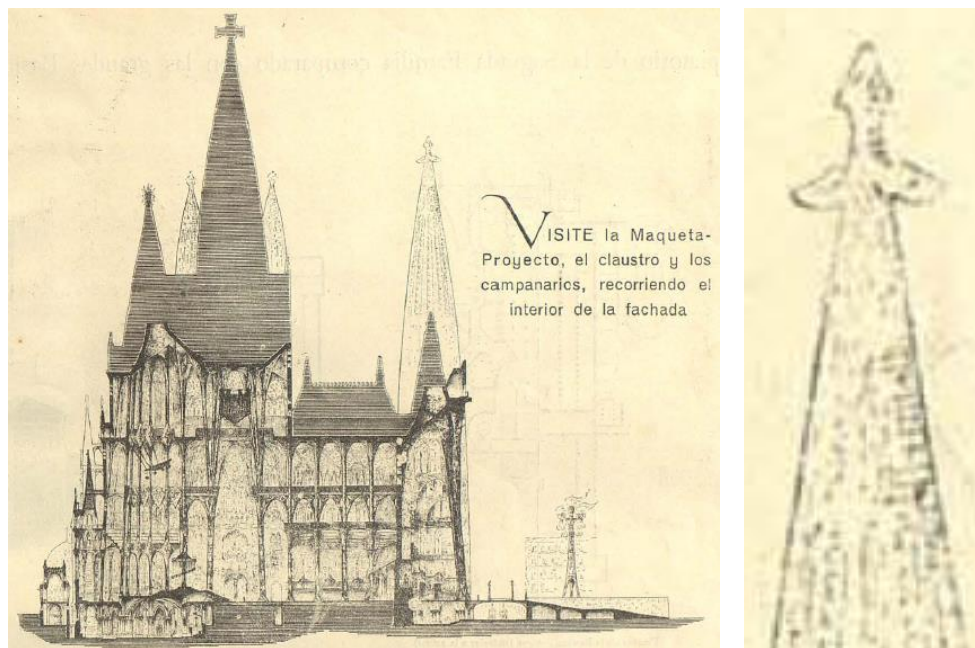
⁷² (Gómez Serrano, y otros, 2012)



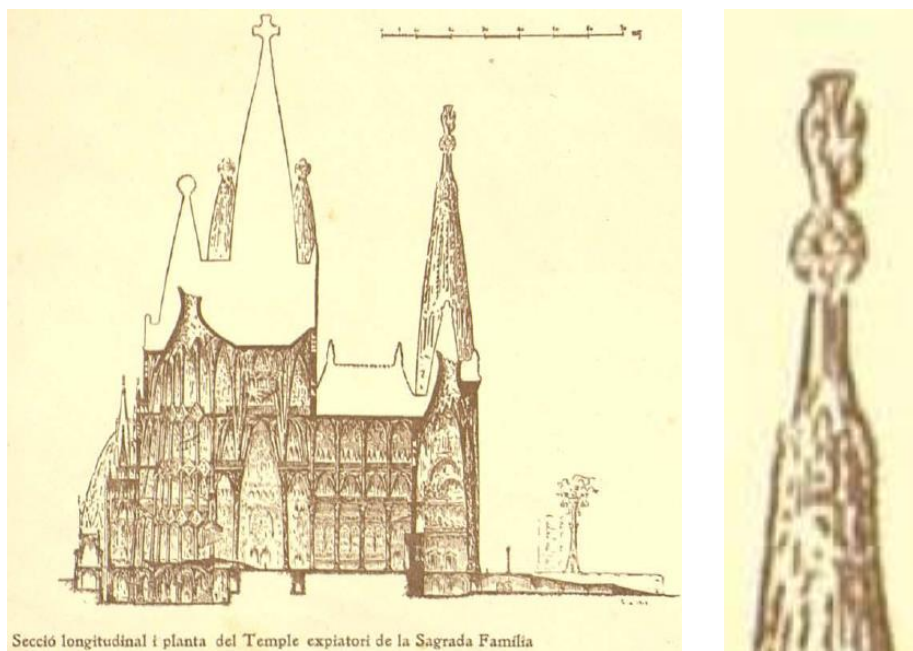
Il·lustració V-9 FAV00013 (arxiu històric SAGRADA FAMÍLIA)



Il·lustració V-10 Comparació de proporcions entre les dues maquetes.



Il·lustració V-11 Secció del 1917 amb la part de pinacle situat a la façana de la Glòria ampliada



Il·lustració V-12 Secció del 1922-1925 amb la part de pinacle situat a la façana de la Glòria ampliada i amb la forma més o menys definitiva



Il·lustració V-10, f081200023 arxiu Sagrada Família⁷³

La pista de l'evolució del pinacle es pot anar seguint no només a través d'aquestes fotografies sinó també estudiant trossos de maqueta, conservats i exposats al museu de la Sagrada Família, així com altres noves fotografies que mostren, de manera detallada, models d'estudi dels finals de la torre. Part d'aquest material ja ha estat estudiat i catalogat (en bona mesura gràcies al grup de treball del taller de maquetes de la Sagrada Família) però una altra part encara presenta dubtes i incògnites per aclarir.

⁷³ En aquesta fotografia es pot veure l'evolució de les lletres Excelsis i Hosanna. A la base de la maqueta gran hi ha el tram de lletres però amb la E i la H a diferents alçades. Mentre que la maqueta completa està feta amb la H i la E a la mateixa alçada.

V.3.1 Comparativa entre les dues maquetes i evolució del disseny del pinacle.

Al treball final de carrera d'Abel Lora Ordaz i Javier Villaescusa Caballero, "Cronologia del temple expiatori de la Sagrada Família" es descriuen tres períodes en l'evolució del disseny del pinacle. Els autors fan un buidatge exhaustiu de la revista El propagador de la devoción de San José per tal de situar i aclarir, pas a pas, la cronologia de les obres del Temple.

Abans 1915	Primera solució	Consisteix en un <i>mirador d'elements metàl·lics</i> sobre el qual havien d'anar unes <i>esferes de vidre</i> que durant el dia reflectirien la llum del sol i que, de nit, estarien il·luminades per potents focus d'arcs voltaics. Aquesta és la solució que mostra la maqueta que es va portar a París.
Després 1915	Segona solució	Formada per <i>tres querubins d'uns 4 metres d'alçada, amb sis ales cada un</i> . D'aquestes ales, dues cobrien el cap del querubí, un altre parell embolcallava el cos i les dues restants s'entrecruaven formant una barana que protegia el mirador, que era accessible a teves de les escales del campanar. <i>El mirador tenia planta triangular</i> i en cada un dels seus vèrtex s'hi situava un d'aquests querubins. Les estàtues del querubins estaven pensades per construir-se buides, de formigó armat, i anar folrades amb mosaics. ⁷⁴
1921	Tercera solució	La definitiva, consistia en un cos geomètric de 17 metres d'alçada que integrava elements i idees desenvolupats en les dues solucions prèvies. Estava completament realitzat amb formigó armat i recobert per mosaics de vidres acolorits. Es va escollir aquest material, per al recobriment, bàsicament per un fet de durabilitat. Si el revestiment hagués estat ceràmic, la duració cromàtica, amb les condicions climàtiques a què ha d'estar sotmès, hauria estat molt curta, requerint un manteniment molt costós. La part inferior de l'acabament consisteix en una farola concebuda per il·luminar el cimbori central reflectint-hi la llum el dia, o projectant-hi llum elèctrica, durant la nit. <i>Sobre la farola comença el bàcul de l'apòstol, damunt del qual hi ha la mitra episcopal.</i>

⁷⁴ El **querubí** és un àngel d'alta jerarquia, usualment representat en art com un cap alat infantil sense cos, per indicar la poca vinculació amb el món terrenal, només la ment s'eleva cap al cel (el seu nom ve d'una arrel hebrea per indicar "saviesa"). Apareixen a la Bíblia com a guardians del Paradís. Una altra tradició els representa com a éssers alats que barregen els trets d'un lleó, home, bou i àguila (els mateixos símbols que els dels evangelistes), basant-se en l'Apocalipsi.

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Querub%C3%AD>

La revista El propagador de la devoción de San José publica quatre àlbums o edicions especials, dedicats a la construcció del temple, que inclouen diverses fotografies i dibuixos. Aquests àlbums es publiquen el anys 1914, 1917, 1922-25 i 1929. I sorprèn que en cap dels tres primers, tot i la diferència de quasi 10 anys entre ells, no s'apreciïn canvis en els acabaments dels pinacles. És cert, que la revista centra els avenços de les obres en textos i fotografies, i que el dibuix dels alçats es va repetint, edició rere edició, sense fer-ne la pertinent revisió, però també sembla que, si es tractés d'un element clarament redefinit, s'hauria volgut incloure el canvi en el dibuix.



Il·lustració V-11 Dibuix de la façana publicat a l'Àlbum dedicat a la Sagrada Família per la revista El Propagador l'any 1914 i el 1917 també.

En un número ordinari de la mateixa revista, corresponent a l'any 1921, torna a publicar-se un dibuix de l'alçat de la Façana del Naixement on continuen apareixent els pinacles amb la forma de les fotografies que s'han exposat abans, és a dir, sense la darrera solució.

Tenemos una noticia gratísima. Dentro de pocos números publicaremos un dibujo del **remate de un campanario.** Y con el dibujo la explicación detallada. Pero, no sabemos guardar silencio y queremos anticiparos algo de la emoción que sentimos mientras el arquitecto mago, nuestro Gaudí, iba describiéndonos todo el plan.

Es un cuerpo de 17 metros alto ¡una casa de tres pisos! en que se combinan vidrios, mampostería y azulejos; una gran farola quedará dispuesta para las grandes iluminaciones, y encima empezará el báculo del apóstol, un enorme báculo de metal dorado, y del cayado penderá, brillante en sus cristales, la inicial del apóstol a que va consagrado...

Il·lustració V-13 Publicat a la revista el Propagador l'any 8/1921

Només en el darrer dels quatre àlbums, el corresponent al període 1922-1925, apareix ja un croquis que és diferent i que, de manera molt esquemàtica, s'acosta molt a la solució definitiva.



1914



1917



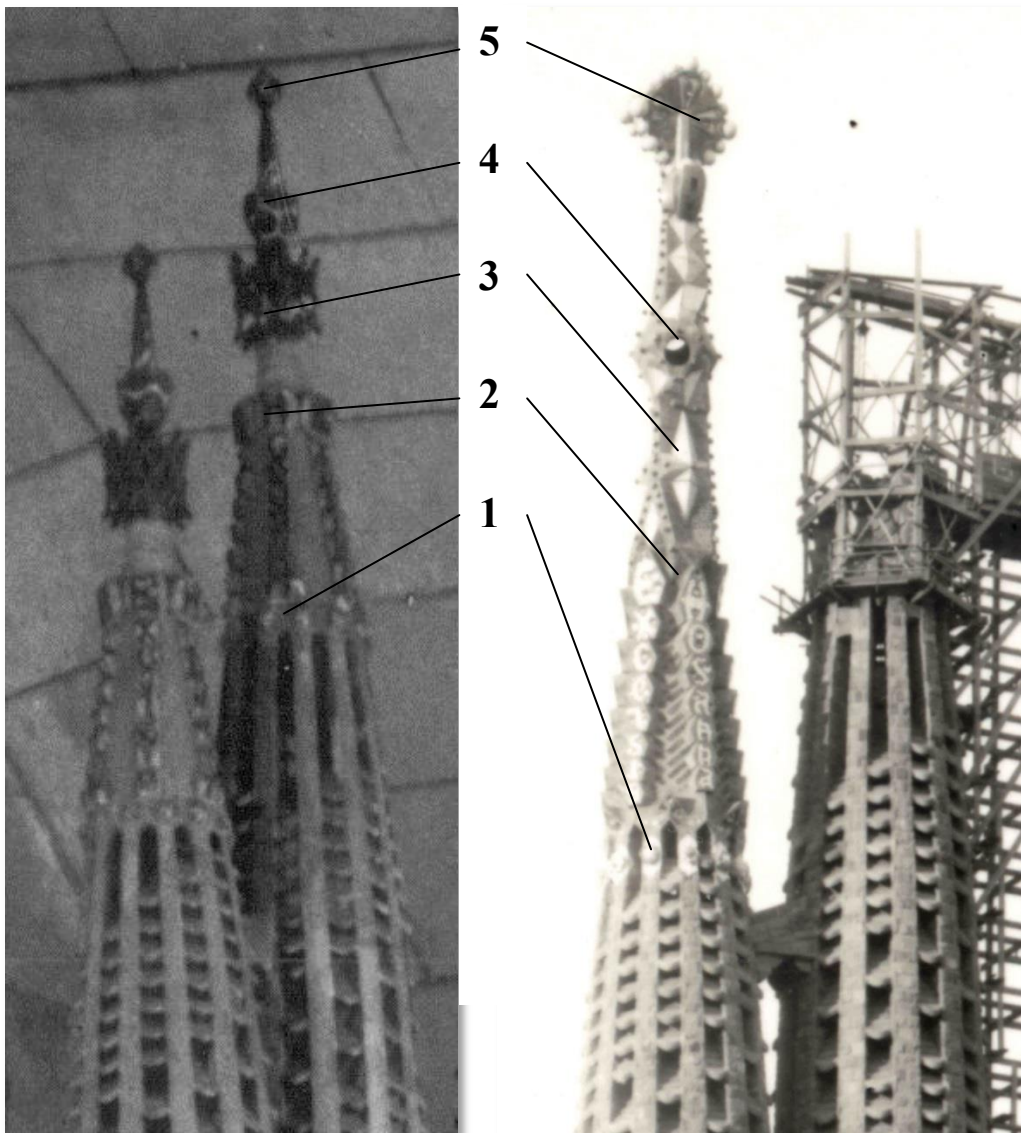
1922



Il·lustració V-12 plànol presentat l'any 1921 a la revista El Propagador

Tot i tenir diferències evidents, hi ha un conjunt de característiques que es mantenen constants entre el model exposat el 1910⁷⁵ i el que acabarà sent el definitiu. Aquestes constants afecten les proporcions generals i un petit conjunt d'elements que són comuns a un i altre model. Comparant-los, es poden identificar clarament, com a elements que es mantenen, des de la proposta de 1910: els florons (1), les lletres Hosanna i Excelsis (2), els tres querubins (3), el poliedre (4) i finalment la creu (5).

Aquests elements persisteixen pel seu significat simbòlic. El disseny pot canviar però l'element en si es manté, pel que fa al concepte i pel que fa a la seva posició en el conjunt, fet que corrobora la hipòtesi que tota la façana es regeix per unes relacions mètriques que es mantenen constants.

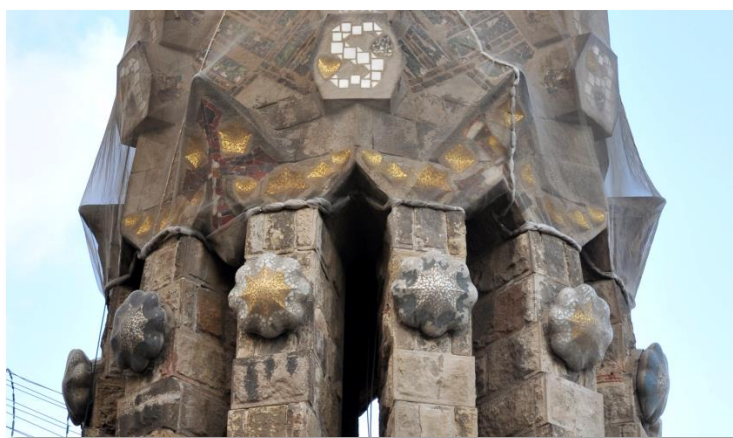


Il·lustració V-14 comparació dels dos terminals, esquerra maqueta i dreta estat final

⁷⁵ (Urbano, y otros, 2002)

La situació de cada un d'ells dins l'alçat coincideix en les dues propostes, per tant s'hauria de donar per vàlida la hipòtesi que es treballa sobre un esquema de mides que es mantenen fixes.

Anant de baix a dalt, i començant a partir del final de la torre, on pròpiament comença el pinacle, la primera diferència entre una imatge i l'altra, la trobem en els florons **(1)**. Al model de l'esquerra estan situats al capdamunt de les pilastres de la torre, mentre que, en el de la dreta, aquestes elements queden incorporats a la pilastra corresponent, una mica abans de la seva culminació. Possiblement aquest desplaçament ve provocat per la forma com, en la versió definitiva, Gaudí acaba resolent el final de les pilastres. Sembla doncs que els florons baixen tres filades per no interferir en l'arrencada constructiva del pinacle⁷⁶.



Il·lustració V-15 Fotografia de la zona descrita.

La següent diferència apareix a les inicials de les paraules Hosanna i Excelsis **(2)**. A la maqueta de l'esquerra, aquestes inicials van quedant alineades en horitzontal, mentre que, a la versió definitiva, la E queda situada més amunt que la H. I, en realitat, com es veurà en detall al punt VI.3, tota la sèrie de lletres queda encavalcada. Per explicar aquest canvi cal entendre que, quan s'elabora la maqueta de 1921, Gaudí ja ha resolt constructivament la geometria del pinacle. I és aquest plantejament constructiu el que obliga a introduir variacions en la solució definitiva. Tal com es veurà més endavant, l'encavalcament de les lletres ve forçat, per una banda, per la geometria general del pinacle ja que, sense aquest encavalcament, la progressiva reducció de la secció faria que les lletres no hi cabessin. D'altra banda, l'encavalcament resulta fonamental per a donar consistència mecànica a l'element.

En el sector assenyalat amb el **número 3** el canvi és molt important. A l'anterior imatge de l'esquerra es pot veure la corona metàl·lica formada amb les ales dels tres querubins, sobre una base que té forma d'hiperboloide; una base que, com

⁷⁶ Veure la descripció d'aquesta part al punt VI.2 d'aquesta tesi

s'ha dit abans, havia de ser accessible a través de les escales del campanar. Però, una vegada més, a la versió definitiva Gaudí ha de donar resposta als problemes constructius, i en aquest cas també funcionals, del pinacle. ¿Com és possible arribar a aquest mirador, pujant per una escala més o menys còmoda, quan el diàmetre de la torre ja s'ha reduït tant? És clar que la resposta ha de ser que no és possible, llevat que l'escala sigui totalment vertical. Cal tenir en compte que, en el punt de la hipotètica sortida a aquest mirador, el diàmetre és de 60cm, mida que tot just permet trepar amunt per una escala de gat. Desestimada doncs l'opció de col·locar el mirador, Gaudí fa un pas endavant. No només canvia de concepte i de forma sinó també de material. Experimenta amb les capacitats formals que li permet la plasticitat del formigó armat, per geometritzar tot l'element. Una geometrització que tindrà una continuïtat fins a la base de la creu del capdamunt del pinacle, amb l'única interrupció del poliedre intermedi. Com s'argumenta més endavant, no és descartable que, en la solució final d'aquest tram, es conservin parts de l'hiperboloide de la solució anterior. I no és descartable tampoc que les formes triangulars que apareixen a la nova maqueta no siguin geometritzacions de les ales dels querubins inicials.



Il·lustració V-16 Geometrització dels àngels alats de la primera versió a la definitiva.

Pel que fa al poliedre, **sector 4**, l'opció final s'explicarà amb detall a l'apartat VI.4 del capítol següent. Per la seva banda, la geometria d'aquesta part queda força més confusa a la maqueta de 1910. Aparentment, sembla respondre a un dodecaedre, però es pressuposa que aquest poliedre està reservat per a les macles de la façana de la Glòria, la qual se sap que es basa en el número 5. Les restes de maqueta recollides de l'incendi de l'Obrador no clarifiquen gaire aquest punt, atès que sembla que totes elles parteixin del número 5, cercant diferents poliedres. Però cap sembla respondre a la que finalment serà la solució definitiva. En qualsevol cas, el simbolisme i la funcionalitat d'aquest element sí que es manté en els dos casos, representant una pedra preciosa que emet llum.

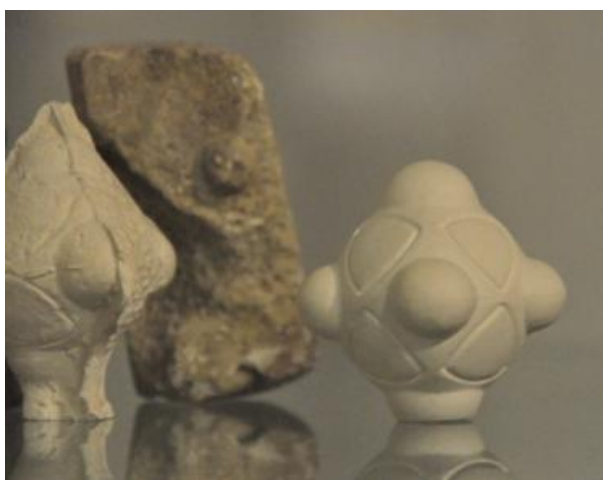


Il·lustració V-17 Recull de maquetes a les vitrines del museu de la SAGRADA FAMÍLIA

Finalment, i per acabar aquesta comparativa, la secció superior, identificada amb el **número 5**, correspon a la creu i als elements que la sustenten. A la maqueta de 1910 s'hi observa una barreja de formes ja assajades en obres anteriors, com el Palau Güell, la Pedrera i la Colònia Güell. Solucions que venen caracteritzades per la presència de 6 esferes⁷⁷ disposades en creu, amb una base formada per un cos cònic que incorpora una traça helicoidal. Tot plegat conforma un element d'acabament poc definit, que sembla indicar que Gaudí encara no havia aprofundit gaire en el seu estudi.

Les fotos adjuntes mostren fragments recuperats, procedents de la maqueta de 1910. Corresponen a la part que queda per sobre de la corona, de l'element final de les torres, i inclouen el tronc central, la macla i un acabament format pel tronc cònic i la creu. Són elements que aniran evolucionant fins a arribar a la solució definitiva. Exceptuant l'element de coronament, que correspon a la creu, la resta de peces d'aquest model es basen en el número 5. Tot fa pensar que es tracta de l'acabament de les torres de la façana de la Glòria, per bé que, en essència, tots els pinacles segueixen les mateixes lleis.

⁷⁷ "L'ànima geomètrica dels elements pinaculars en l'arquitectura gaudiniana", presentat al Gaudí 1st World Congress, i adjunta en els annexos d'aquesta tesi.

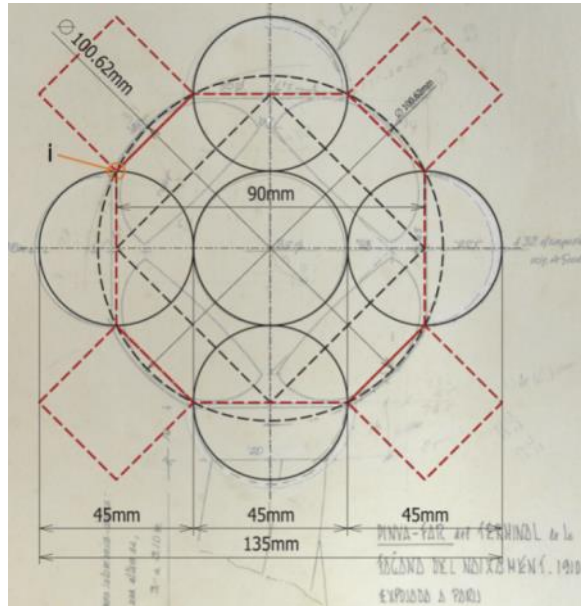


Il·lustració V-13 Restes recomposades pel taller de maquetes de la SAGRADA FAMÍLIA corresponents al remat final del pinacle 1910.

El dibuix que ve a continuació, és un calc del que l'any 1981, a partir de les restes de la maqueta que va anar a l'exposició de París el 1910, que va fer Cardoner⁷⁸ per explicar el final dels pinacles de les torres de la Façana del Naixement, tal com apareixien a la maqueta esmentada. Les mides, comprovades sobre una sèrie de fotografies realitzades al taller de maquetes i sobre la mateixa maqueta original, s'apropen molt a les resultants d'un esquema geomètric consistent a traçar un cercle central i uns altres quatre, d'igual diàmetre, tangents al primer i situats sobre dos diàmetres perpendiculars d'aquest. Si ara es considera que tals cercles en realitat són la vista en planta d'unes esferes tangents i que, en la posició del cercle central, no n'hi ha una sinó tres (la del mig més una a dalt i una altra a baix), el dibuix correspondria a la projecció d'una creu de quatre braços formada per sis esferes tangents a una setena que ocupés el centre de la creu. L'esfera gran, que en aquest primer disseny lligava tot el conjunt, té un radi que resulta també d'aquest traçat. Així, retornant al dibuix pla, de 4+1 circumferències, es consideren els diàmetres verticals de les que queden alineades horitzontalment i els horitzontals de les que estan en alineació vertical. Qualsevol dels extrems

⁷⁸ La làmina es pot veure completa als annexos d'aquesta tesis.

d'aquests diàmetres determina, amb el centre de la composició, la circumferència gran, que correspon a l'esfera del model tridimensional. El dibuix de Cardoner estava a escala 1/10, per tant la dimensió real de la peça era de 1,35 m, d'extrem a extrem, i el diàmetre de l'esfera gran de 1,0062 m. Aquest traçat geomètric, permet definir perfectament la pinya far o creu de 2 eixos que coronava aquests pinacles.

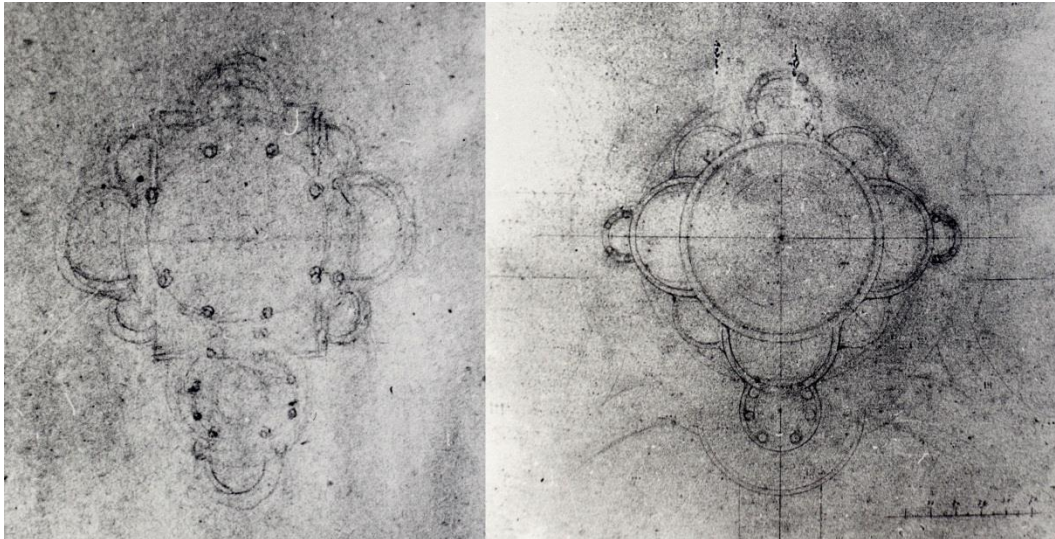


Il·lustració V-14 Calc dibuix de Francesc Cardoner B. de la Pinya Far regularitzant-ne la geometria

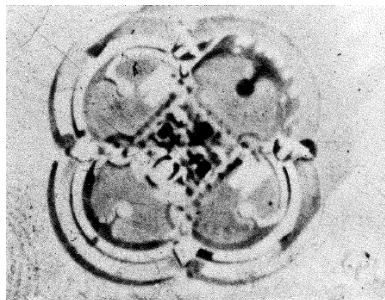
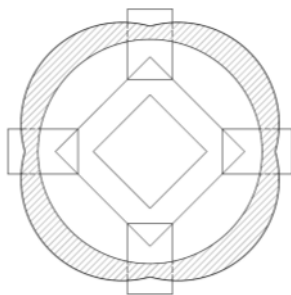
Aquesta mena de construccions, amb cercles disposats en creu, representen un tema relativament habitual en les geometries de Gaudí. Al paviment que va fer per a l'actual parròquia de Sant Pacià, també hi havia dibuixada aquesta composició de cinc cercles que situa al centre d'una sèrie de quadrats, enllaçats i girats 45 graus. Més enllà de possibles referències simbòliques, la composició apareix amb freqüència en diferents croquis inicials de plantes. Així, traçats lobulats d'aquesta mena els trobem a la planta del projecte de Tànger i també en algunes xemeneies del Palau Güell.



Il·lustració V-15 Imatge extreta del folletó "Los proyectos de Gaudí para las religiosas de Jesús-María(1877-1882) de Joan Bassegoda Nonell

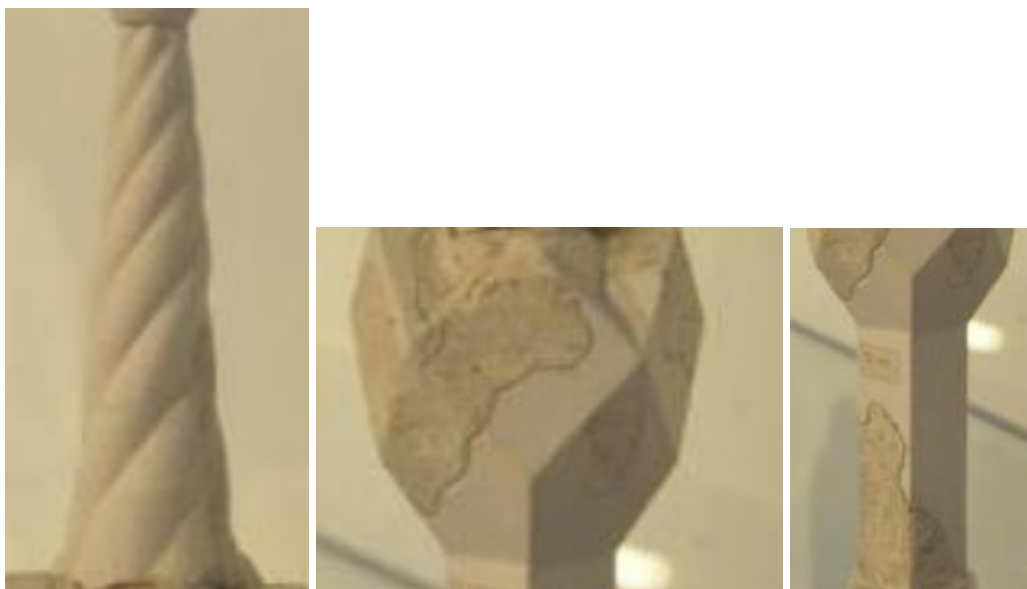


Il·lustració V-16 Croquis de la planta Hotel a Nova York



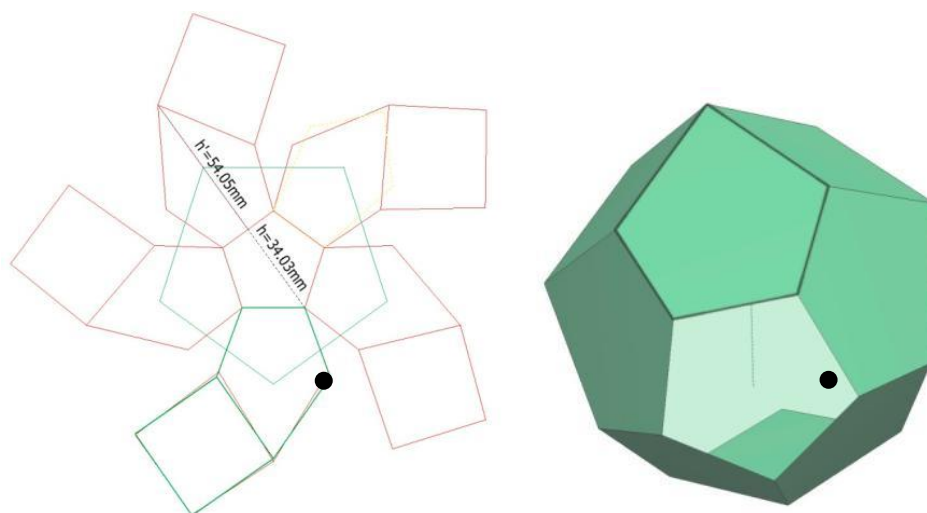
Il·lustració V-18 Secció horitzontal d'una de les xemeneies del Palau Güell i croquis en planta del projecte de Tànger.

Per sota de la creu formada per esferes, s'observen tres elements més, clarament identificables: el cos superior format per un tronc de con espiralat de 5 arestes, amb secció horitzontal lobulada, una macla formada per cares de polígons de 5 i 4 costats no regulars i, finalment, el tronc inferior format per un prisma de base pentagonal.



El tronc de con espiralat no ens és nou, i de fet és lògic que aparegui també a la Sagrada Família, després que Gaudí l'havia utilitzat de manera reiterada, especialment als acabaments del terrat del Palau Güell. Però en el disseny final del pinacle aquest element desapareix totalment. Pot ser que això es degui a una evolució de les idees conceptuals de Gaudí o a un canvi en el sistema constructiu que feia prescindible aquesta geometria, gràcies a les noves possibilitats obertes pel formigó armat.

En aquesta maqueta de guix apareix, d'una manera molt incipient, la macla que després sembla ser una de les peces clau d'aquest acabament. En aquest cas, ve formada per cares pentagonals no regulars i quadrilàters pràcticament quadrats. A la imatge següent es poden veure en vermell les cares del poliedre, desplegadas en un pla, i, en verd, el mateix desplegament, però rectificat el quadrilàter perquè passi a ser un quadrat. Com es pot veure, la variació és poca. D'altra banda, la relació entre l'alçada de la cara del pentàgon regular de la base i els pentàgons laterals és de 1.58. Això indueix a pensar que tal relació respon a la deformació que s'aplica a les cares per tal que, des de baix, es percebin com pentàgons regulars, tal com es mostra a la següent imatge de la dreta i es pot veure a la il·lustració V-19.



Il·lustració V-17 desenvolupament de la macla R88 i vista en perspectiva

La forma definida en aquesta maqueta, corresponent a la macla, fa pensar en el poliedre que sustenta la balconada, situada als laterals de la façana del Naixement, que va ser construïda abans del 1905.



A la fotografia es pot veure la base, formada per un polígon regular de vuit arestes sobre les quals es pleguen vuit pentàgons, damunt dels quals, alhora, uns hexàgons no regulars i encara una fila més d'hexàgons finalitzen amb la corona situada a l'eix de l'esfera circumscrita. Una construcció ben curiosa de resoldre, la forma d'aquesta mènsula, que constata l'interès de Gaudí per l'experimentació amb les formes polièdriques.

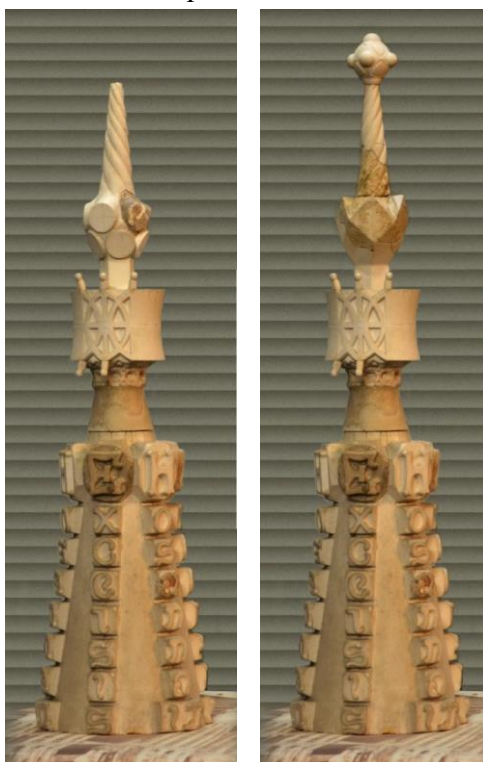
Il·lustració V-18, Mènsules polièdriques a les balconades

Aquesta primera maqueta és encara molt embrionària. Tot i això hi ha proporcions i elements que s'acabaran mantenint fins al final. Per exemple, la macla situada al mig del conjunt. Tot i les petites diferències, les seves proporcions es mantenen, i segurament es mantindran fins al final, però entendre aquests primers treballs permet copsar millor el traçat dels elements definitius.⁷⁹

⁷⁹ (Los proyectos de Gaudí para las religiosas de Jesús-María (1877-1882)) -“la conservación de estas obra primerizas de Gaudí es fundamental para poder hacerse una idea cabal de su pensamiento arquitectónico, pues el propio Gaudí había manifestado que sólo repitiendo y ensayando incansablemente las soluciones se podía lograr el éxito en arquitectura. Precisamente

El següent fotomuntatge⁸⁰ ajuda a veure les similituds de proporcions en propostes que són lleugerament diferents. Les dues peces estan muntades sobre un prisma de base pentagonal, cosa que fa pensar que potser es tracta dels pinacles de la façana de la Glòria. Encara que aquest supòsit fos cert, no és menys cert que, en principi, els pinacles de les tres façanes podien haver estat concebuts de manera molt similar, si no igual. Les macles, de mides molt semblants en ambdós casos, també es troben a la mateixa alçada. El con espiralat té exactament la mateixa proporció entre els diàmetre de les bases, inferior i superior, i l'altura del tronc de con. No deixa de sorprendre que, segons aquestes imatges, en un i altre cas les hèlix giren en sentits oposats. A la part inferior, les lletres de les paraules “Hosanna” i “Excelsis” no estan intercalades com a la solució definitiva, la qual cosa fa pensar que la mida del tronc de con és més gran, fet que implicaria un major diàmetre de torre i que, per tant, corroboraria la hipòtesi que aquests models corresponen a la façana de la Glòria.

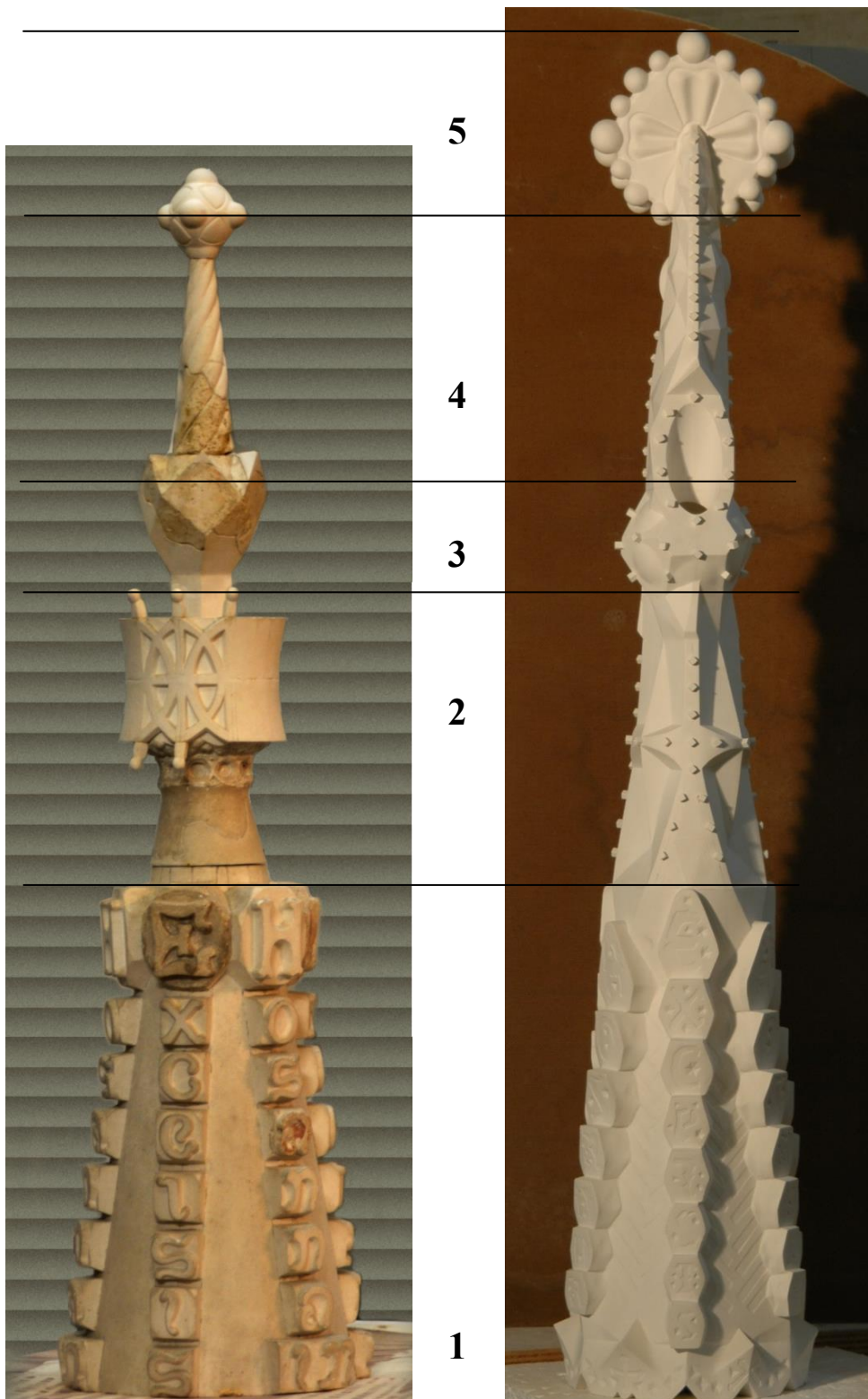
Les parts de color més fosc són de guix més antic i, per tant, procedeixen de les maquetes originals. Per la seva banda, la corona és una interpretació feta pel taller de maquetes a partir de fotos històriques.



Il·lustració V-19 les dues fotografies estàn preses al taller de maquetes de la Sagrada Família

los primeros ensayos son la cabeza de uan serie de ellos que llevaron al maestro a conseguir, al final de su vida, los espléndidos logros, de tiempo ha, incorporados a su lugar de honor en la Historia de la Arquitectura.”

⁸⁰ La imatge de la dreta solapa el model R88 i la part que correspon a la barana del model de l'esquerra



Il·lustració V-19 Comparació solució maqueta 1910 i solució maqueta 1921⁸¹

⁸¹ La maqueta de l'esquerra és un fotomuntatge a partir de peces fotografiades al taller de maquetes de la Sagrada Família. La resolució final explica bé la proposta encara que no es pot considerar la opció de 1910.

V.3.2 Correcció dels elements escultòrics en funció de l'alçada.

Un cop feta la relació de les mides generals dels pinacles, a partir de l'estudi de documents escrits, fotografies de maquetes i diferents interpretacions dels successors de Gaudí, s'analitzen les estratègies seguides per definir les mesures dels diferents components de cada part com, per exemple, les lletres o les escultures.

En la seva definició mètrica, aquests elements se sotmeten a distorsions considerables per tal de corregir l'efecte de la perspectiva. Segons explica Cèsar Martinell⁸², Gaudí aplica unes lleis per tal d'establir el canvi de grandària de les figures situades a diferents altures. En el seu llibre, adjunta un gràfic explicatiu d'aquestes lleis, reproduït aquí per tal de fer més clar el discurs.

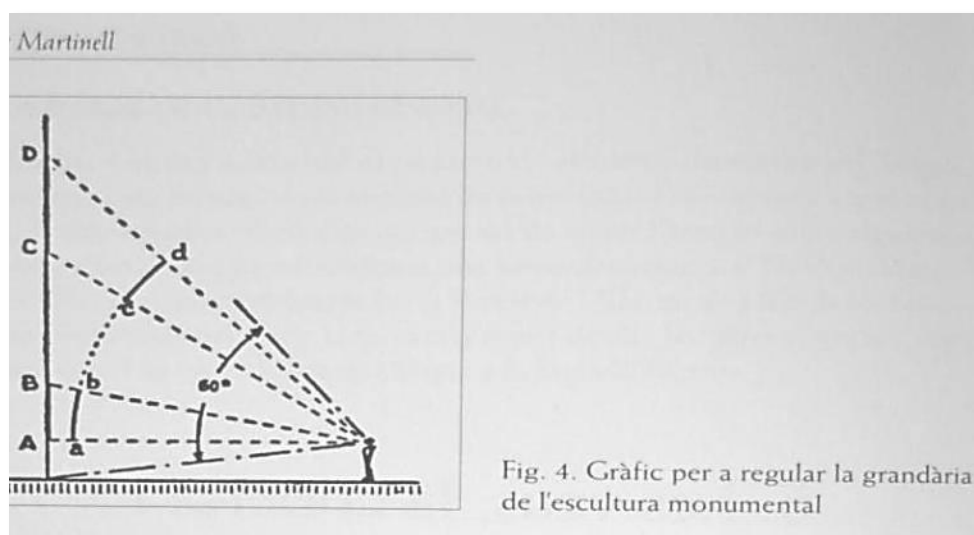


Fig. 4. Gràfic per a regular la grandària de l'escultura monumental

Il·lustració V-20 Gràfic per regular la grandària de l'escultura monumental segons Gaudí a través de Cèsar Martinell.

En els manuscrits, articles, conversacions i dibuixos de Gaudí publicats per Marcia Codinachs⁸³, Gaudí es refereix en dues ocasions a la visió en perspectiva i a la mida dels objectes en funció de la distància.

“La distancia y el punto de vista.

Indudablemente, la distancia a la que se ha de ver un objeto implica un modo de composición adecuado al caso.

En los templos griegos, vistos a distancia, la estructura del dibujo para que sea clara es cortada y precisa, los elementos son sencillos, sin entrelazo y

⁸² Capítol 6, Les veus, la coberta i el simbolisme del Temple del Llibre, Gaudí i la Sagrada Família, pag. 43-44. “

⁸³ (Codinachs, 1982) pag 49/ 112

recortados, sin claroscuro, la distancia era realmente considerable y la iluminación vigorosa la aplicaba en sí la coloración fuerte.

En el Erecteo y los templos jónicos pequeños, al contrario, su ornamentación ya tiene el claroscuro, la superposición de hojas en los talones del entablamento y las antas y la puertas de entrada a la calle; las cariátides todavía tinene mayor claroscuro, la naturaleza campea más exacta.

Los romanos, que sus foros y templos se montaban en una plaza mezquina y de un punto de vista muy próximo, el claro oscuro se avenia mejor que la severidad dórica, pero la grandiosidad griega la llevaron al estilo corintio y compuesto y realmente en los interiores de las salas de las termas se hubiesen avendio mal las formas grandiosas y rígidament severas y cuyos colores brillantes hubiesen producido habitaciones lóbregas y oscuras. Convenía más en los interiores las estatuas más vulgarizadas, digámoslo así, las planchas de cobre recubriendo la bóveda y ellas mismas recubriéndose de escultura. En la edad media, igualment, los puntos de vista poco distantes influyen en hacer los objetos más naturalizados, la desaparición de la materia se hace por molduras aisladas por las partes distantes, como en las torres las formas geométricas impera la rigidez, en eso es marcada, lo mismo que en los dibujos griegos. Actualmente nos encontramos otra vez con puntos de vista distantes, y distancias de consideración, y naturalmente, no podemos desentendernos de la claridad resultante de ciertas formas convencionales.”

*“Para la corrección de las figuras. Figuras interiores: **se hace todo igual, pero trazando el rayo visual a 60° en vez de 30°**; del resultado se toma la mitad de las medidas exteriores para aumentar la monumentalidad del edificio (pues ellas son las medidas de referencia).*

Martinell, referint-se al cas concret de les lletres, escriu⁸⁴:

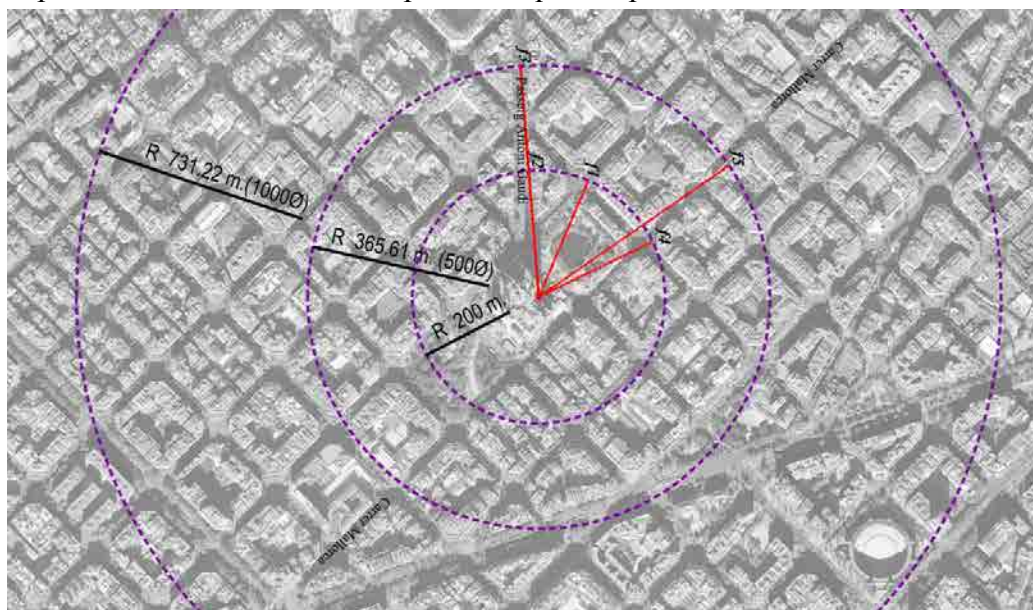
*“Seran de mides diferents per tal que l’observador les vagi descobrint a mesura que s’hi atansi. Aquestes mides seran resultat del càlcul. **La vista aprecia les coses fins a la distància de 500 diàmetres si l’objecte és opac, i si és brillant, fins a 1000 diàmetres.** En les inscripcions les lletres tindran des de 40cm fins a un metre. Les més petites podran ser apreciades des de la vora del temple i les altres des de més lluny. Les observacions fetes diuen que la creu de dalt de tot es veu còmodament des de 2000 metres de distància. El seu diàmetre és de tres metres i la superfície és brillant.”*

Seguint literalment aquestes indicacions, una lletra de 40cm s’hauria de poder llegir, a ull nu, des d’una distància de **200 m**, és a dir: 0,40m per 500 vegades aquest diàmetre. La mida de 40cm correspon aproximadament a les lletres de la

⁸⁴ Gaudí i la Sagrada Família, pag.96

paraula “**Sanctus**”, situades a la torre. La resta de lletres varien de mida en funció de la projecció sobre la superfície on es troben, fent la correcció de la distorsió a partir de la seva situació sobre un arc, tal com explica el gràfic de Martinell.

Sobre la fotografia aèria de la zona on se situa la Sagrada Família, s’han marcat els cercles corresponents a aquestes distàncies i s’han fet fotos focalitzades a les paraules “Hosanna” i “Excelsis” del pinacle⁸⁵. Les fotografies s’han disparat amb un objectiu de focal 50 mm. La comprovació, feta a ull nu situant-nos en la primera corona, la de 200 m, i també en la segona, corresponent als 500 diàmetres, verifica amb certesa aquesta teoria, així com el fet que, a partir dels 500 diàmetres, la claredat amb que es llegeixen les lletres s’esvaeix. Les fotos exposades a continuació corresponen a aquestes posicions relatives.



Il·lustració V-21 Fotografia aèria de l'entorn de la Sagrada Família amb les distàncies màximes des d'on es poden llegir les lletres⁸⁶

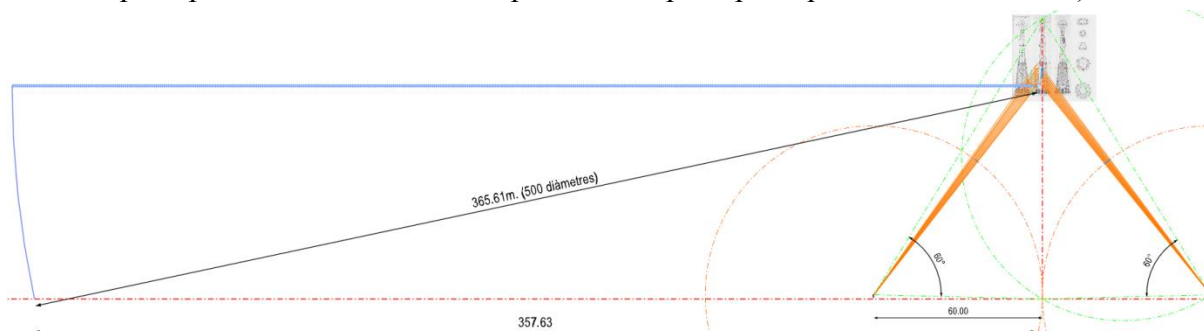


Il·lustració V-20 Fotografia 01 i 02 situades a 200 m, i la fotografia 03 a 365 m. (500Ø).

⁸⁵ Veure làmina V.4.2_01

⁸⁶ PIN-MATIES2d.dgn

Les fotografies anteriors donen testimoni del que es percep en els punts indicats. (És clar que la seva mida en el paper no correspon a la mida real i per tant la percepció de la foto no és comparable a la percepció que es té en la realitat).



II·lustració V-22 Distàncies de lectura dels textos aplicades a la secció

En el gràfic de César Martinell, l'angle de 60° s'aplica des del punt de vista i abasta tota l'alçada de la peça a observar. Gaudí havia fet un estudi sobre el planejament de la ciutat per tal d'alliberar zones al voltant del temple a fi de permetre una visió sencera. D'aquests treballs encara hi ha plànols guardats a l'arxiu històric de Sant Martí de Provençals. Els dibuixos amb la planta de diferents opcions per esponjar la trama urbana de la ciutat, en el perímetre del Temple, van acompanyats de seccions esquemàtiques on apareix també l'angle de 60° com a obertura vertical, a l'hora de contemplar un monument. També en aquests dibuixos, signats pel mateix Gaudí, hi apareix l'angle de 60° . S'hi considera que l'eix de la visual és horitzontal i que, per tant, l'angle en relació amb el terra és de 30° per sobre i 30° per sota.

El fet és que Gaudí diferencia entre la correcció de les figures exteriors i la de les figures interiors. Per això el gràfic de Martinell difereix del gràfic fet per Gaudí. A les converses amb Bergós⁸⁷ diu:

- "Para la corrección de las figuras.

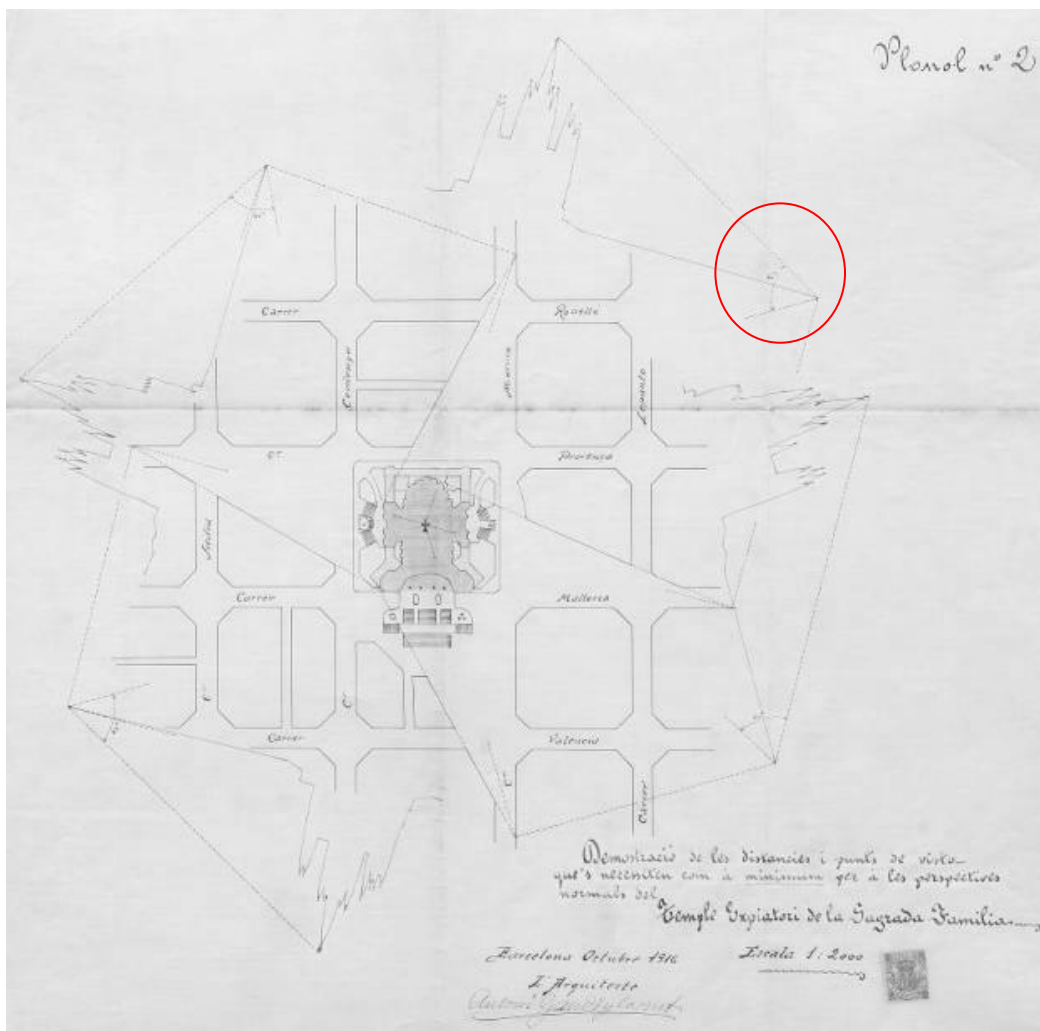
Figuras exteriores: Se sitúa el lugar A donde ha de ir la figura. En el plano de tierra del observador se sitúa el tamaño ab de una figura natural (sin aumento ninguno, en la figura 1,60metros).

Por el pie del lugar donde va la figura se traza una recta a 30° AO que corta en O el plano a la altura de los ojos del observador. Con centro en O y radio Om se traza el arco del círculo mn, encima de éste y a partir de n se toma $nn'=ab$; se une o con n' hasta cortar la vertical. De este modo a'b' es la altura que ha de tener la figura para colocarla en A y que se vea de tamaño natural. Esto nos da la corrección de alturas.

⁸⁷ (Codinachs, 1982)pag 112

La correcció de anchuras consisteix sencillament en augmentar-les en la mateixa relació en que ab (normal a la visual mitja) resulta augmentada respecte de $a'b'$ sobre el cercle òptic.

Obtenides les relacions de correcció, se fa una figura normal i entones se deformen verticals i horitzontals en la proporció antedicha.



Il·lustració V-23 Fotografia plànol urbanístic al voltant de la Sagrada Família amb els alçats esquemàtics i la relació angular esmentada.

El fet és que Gaudí diferencia entre la correcció de les figures exteriors i la correcció de les figures interiors, per això el gràfic de Martinell difereix del gràfic del propi Gaudí. A les converses amb Bergós⁸⁸ diu:

-“Para la corrección de las figuras.

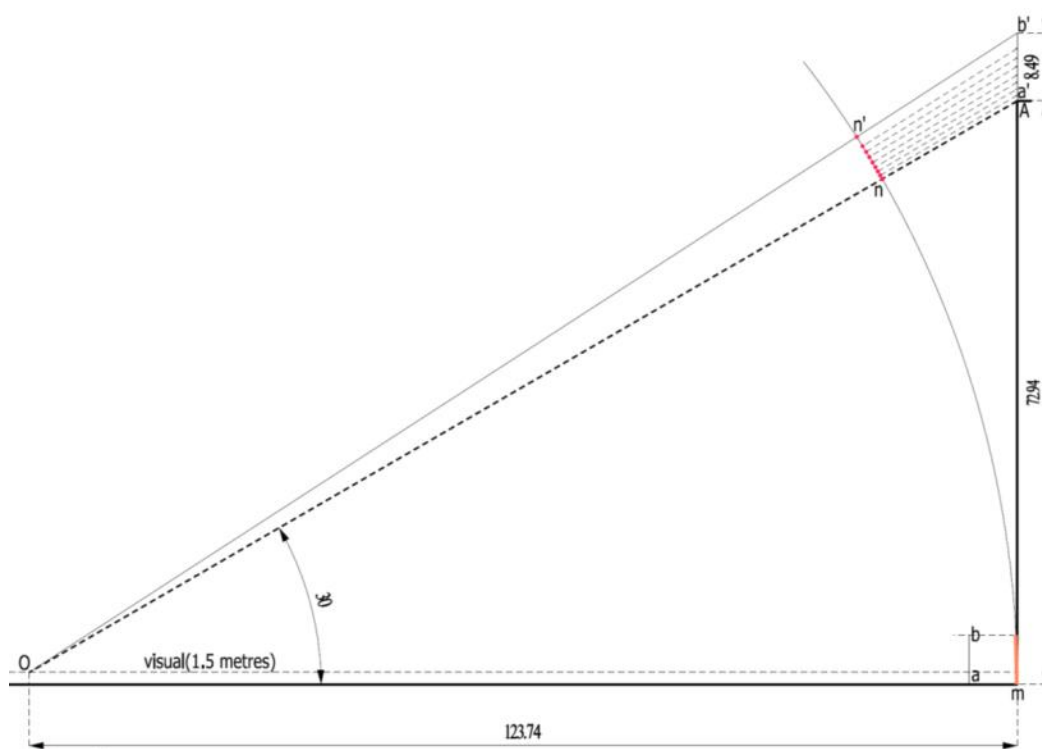
Figuras exteriores: Se sitúa el lugar A donde ha de ir la figura. En el plano de tierra del observador se sitúa el tamaño ab de una figura natural (sin aumento ninguno, en la figura 1,60 metros).

⁸⁸ (Codinachs, 1982) pag 112

Por el pie del lugar donde va la figura se traza una recta a 30° AO que corta en O el plano a la altura de los ojos del observador. Con centro en O y radio Om se traza el arco del círculo mn , encima de éste y a partir de n se toma $nn'=ab$; se une o con n' hasta cortar la vertical. De este modo $a'b'$ es la altura que ha de tener la figura para colocarla en A y que se vea de tamaño natural. Esto nos da la corrección de alturas.

La corrección de anchuras consiste sencillamente en aumentarlas en la misma relación en que ab (normal a la visual media) resulta aumentada respecto de $a'b'$ sobre el círculo óptico.

Obtenidas las relaciones de corrección, se hace una figura normal y entonces se deforman verticales y horizontes en la proporción antedicha.



Il·lustració V-24 esquema correcció alçades en funció de la visual

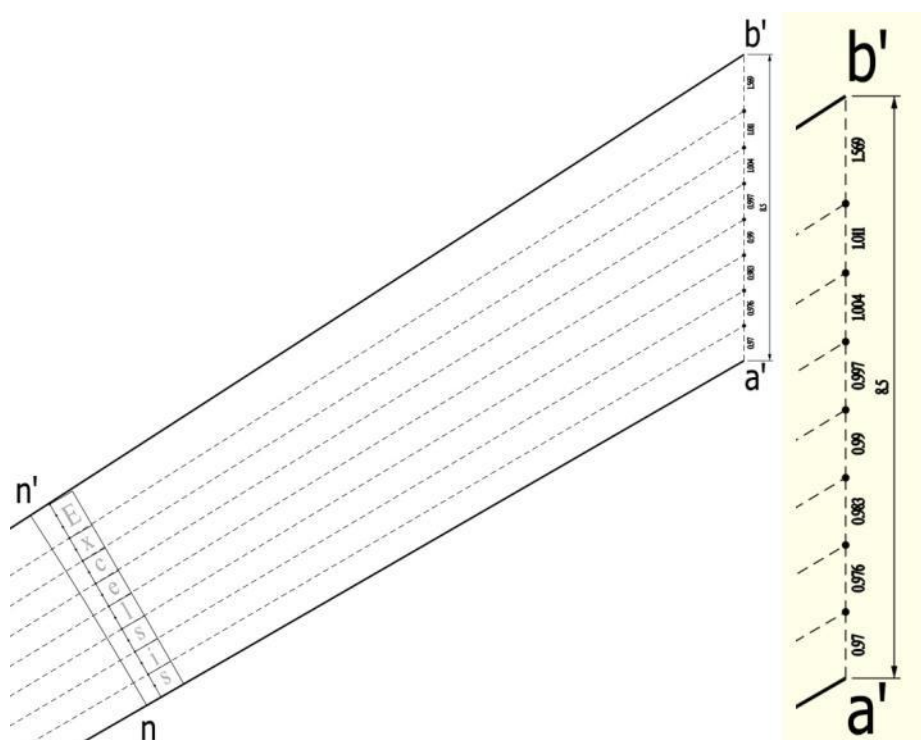
En l'anàlisi següent, es pren com a mesura l'alçada de cada una de les pedres de la paraula "Excelsis"; alçada clau, perquè determina la mida mínima del bloc de pedra abans de ser tallat amb la forma final.

Iniciant el procés a la inversa, és a dir, prenent com a mida els 8.40m totals (obtinguts amb mesurador Làser) que hi ha entre la part superior del bloc E i la part inferior del bloc s i dividint-la per 8.5 unitats, corresponents a les 7 lletres (xcelsis) més 1.5 unitats de la majúscula E, i anant al sistema de correcció d'alçades, el resultat és el següent:

E	x	c	e	l	s	i	s	
1,569	1,011	1,004	0,997	0,99	0,983	0,976	0,97	correcció de figures

Analitzant aquest resultat, sembla que l'alçada de totes les pedres s'aproxima a 1m, per a les minúscules, i 1,5 m per a la majúscula, es podria creure que el criteri és aquest. Però això contradiria el principi establert per a tota la torre, ja exposat en el capítol V.2. i comprovat empíricament, en el sentit que la modulació, des de l'arrencada de la torre, es basa en el número 21.

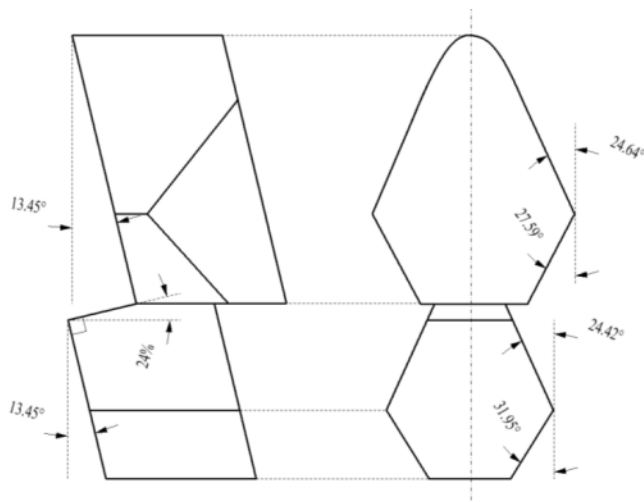
Per ajustar a aquesta modulació totes les alçades de lletres, caldria dividir per 0,21 l'alçada total de 8.40m. El resultat de la divisió és 40, cosa que indica que el tram de les lletres està format per 40 filades en vertical. Seguint aquesta anàlisi, i tenint en compte l'exhaustiu aixecament realitzat a l'interior del pinacle (vegi's VI.3), i la mesura presa de 8.4 m per al total de les lletres de la paraula "Excelsis", resulta una alçada total, per a cada lletra, de 98.8 cm, junt inclòs, i 148.2 cm per a la E majúscula (veure text a "El propagador de la devoción de San José" (Il·lustració VI-2 Especejament dels blocs que contenen les lletres Hosanna i Excelsis").



Il·lustració V-25 Ampliació de l'esquema amb les Mides en vertical un cop corregides seguint el criteri per la correcció de figures de Gaudí

La diferència entre la pedra de menys alçada (s) i la de més alçada (x) és de 14cm. I el salt diferencial entre un bloc i l'immediatament superior no arriba a 1cm. És lògic pensar que l'estratègia per tal de dimensionar els blocs no té res a veure amb la correcció de les figures, cosa que corroboren les anàlisis fetes a partir de les mesures preses in situ. S'ha de tenir en compte també la inclinació de la cara on hi ha gravada la lletra. Aquesta inclinació resta importància al mètode de correcció de les figures, perquè la distorsió provocada per la fuga vertical no és tan important. L'angle que fan la cara que conté la lletra i la vertical és de 13.45°, segons l'amidament fet; un angle que representa un pendent del 24% per a la cara

de pedra ortogonal a la de la lletra. Aquest angle podria ser el pendent mínim per evacuar bé les aigües; un pendent que, a la latitud de Barcelona, es considera que està situat entre el 22 i el 30%.



Si es traça una perpendicular a la cara de la lletra “E”, per la part més alta, i una altra a la lletra “s”, per la part més baixa, les corresponents traces amb el pla del carrer queden respectivament a 374m i 333m, és a dir, dins dels radis de visibilitat establerts a la figura *Il·lustració V-21 Fotografia aèrea de l'entorn de la Sagrada Família*.

Prenent les mides aconseguides amb la sèrie d'aixecaments amb estació làser, anotades amb la pertinent correcció a l'alçat, i posant a escala els dibuixos de Berenguer, la relació d'alçades dels blocs de pedra que contenen les lletres “Excelsis” és:

E	x	c	e	l	s	i	s	
1,785	1,057	0,987	0,922	0,828	0,755	0,755	0,706	Estudi Propi
1,7	1,14	1,09	0,96	0,98	0,92	0,87	0,75	Dibuix Berenguer
1,67	1,23	1,09	1,04	1	0,82	0,81	0,77	Estudi Regot... ⁸⁹

(mides en metres corresponents a diferents preses)

Si bé s'observen diferències, el cert és que es manté una certa coherència. Exceptuant la mida de la lletra E majúscula, que és més gran, la resta mantenen una progressió de baix a dalt. Les principals desviacions són als extrems. Per una banda, la E varia fins a 12 cm, entre una presa i un altra. Una diferència deguda a la seva forma, ja que la part superior acaba arrodonida i es fa molt difícil prendre la mida en un punt concret. A més, les lletres “E” que s'han mesurat no corresponen a la mateixa pedra. També hi ha distorsions a la part baixa segurament degudes al mateix motiu.

⁸⁹ (Modeling Sant Bernabé pinnacle of the Sagrada Família (Barcelona, Spain), 2007)

Per tal d'establir una constant entre una i altra, s'ha procedit a calcular la mitjana incremental, i s'ha obtingut un valor que oscil·la entre un 7 i un 8%. Fent confiança a l'aixecament realitzat, es dóna per bo el 7% ,per tant les mides en alçada que hem pres per a cada element petri són:

E	x	c	e	l	s	i	s	
1,79	1,15	1,07	1,00	0,94	0,88	0,82	0,76	8,40
	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07		coeficient increment entre l'una i la següent.

Amb aquestes mides i assumint un cert error, es modelen les pedres que contenen les lletres “Excelsis”, en el model tridimensional que es genera.

Seguint el mateix procés de reflexió explicat fins aquí, es defineixen les alçades per a les diferents pedres de les lletres “Hosanna” i, amb aquestes mesures, es construeix el model.

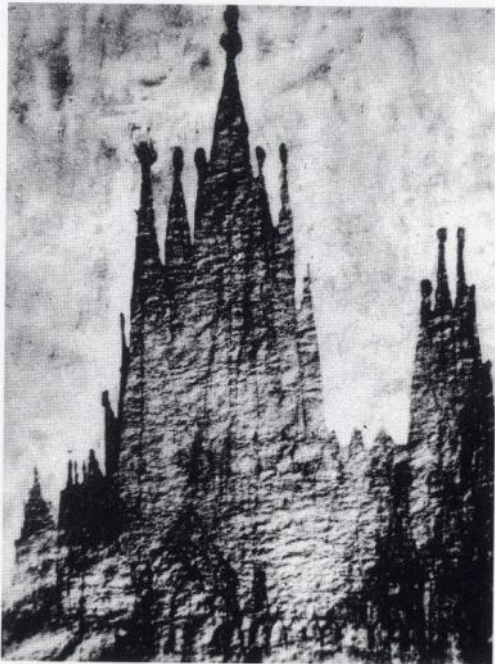
H	o	s	a	n	n	a	
1,71	1,11	1,06	0,94	1	0,87	0,7	segons Berenguer
1,7	1,12	1,07	1,08				estudi propi
1,64	1,13	1,08	0,97	0,87	0,8	0,77	segons Regot
1,70	1,12	1,03	0,95	0,88	0,81	0,74	7,00%

La resta de condicionants que afecten aquesta part de torre s'explica més endavant, en el capítol VI.3., quan es parla específicament dels criteris que s'han seguit per modelar cada part.

V.4 Materials i sistema constructiu del pinacle dedicat a Sant Bernabé

V.4.1 *La construcció en paraules de Gaudí.*

En els “manuscrits sobre ornamentació”⁹⁰, Gaudí parla dels principals sistemes constructius de l'època i diu:



-“La construcción económica de nuestra época indudablemente es el hormigón para macizos, y para cubrir el empleo de bóvedas tabicadas de varios gruesos según la luz y demás condiciones de resistencia. En los revestimientos exteriores de sillería, que debieran ser en plan de poco grueso para hacer completamente sólido y para poder sufrir cargas directas, dejando las juntas gruesas de cinco centímetros para colocarlos con estaño, y si estas partes fuesen las más apartadas del centro de la construcción, en sillería grande, como asimismo los portales de la misma construcción. Esto daría una mayor rigidez en la periferia que en el centro, y por lo tanto una tendencia a la piramidación, tan propia a la estabilidad.”

Il·lustració V-26 Croquis de Gaudí del conjunt de la Sagrada Família.

En aquest breu paràgraf Gaudí comença parlant de la peça petita, del carreuat, i del detall de com construir, per arribar a definir la forma global de tot el conjunt basant-la en l'estabilitat. En Gaudí la concepció arquitectònica es total i engloba en el mateix procés, estàtica, forma, funció i construcció.

També es refereix a la construcció en les conversacions amb Bergós: -“La construcción armada es la más racional, puesto que todos los edificios están sometidos a vibraciones y a movimientos difíciles de analizar (dilataciones, contracciones). Todos esto significa flexión y, por lo tanto, armadura.”

No es pot oblidar que, tot i l'aparent complexitat de les superfícies que manejava Antoni Gaudí, des d'un punt de vista geomètric, la seva construcció és

⁹⁰ (Codinachs, 1982) pag 32

sorprenentment senzilla, i per tant la metodologia que se segueix per a executar aquestes formes s'ha de tenir molt present en qualsevol procés de proposta formal. Els materials i tècniques de l'època centren aquest apartat, ja que, difícilment existiria l'arquitectura gaudiniana si no hi haguessin hagut els mestres d'obra i professionals de l'època. I així ho manifesta el mateix Gaudí en més d'una ocasió⁹¹.

Aquest apartat és breu i fa referència a d'altres estudis més complets sobre l'obra gaudiniana, però és important fer-lo present per tal d'encarar el proper capítol amb total coneixement de causa.

A la tesi de Rosa Grima López⁹² es fa una aproximació als materials que formen el pinacle de la Sagrada Família a partir dels seus estudis i, també, d'estudis i anàlisis realitzats per la mateixa Junta d'Obres del temple, els anys 1967 i 1997. Al capítol "3.5 GAUDÍ, EL HORMIGÓN Y LA SAGRADA FAMÍLIA" s'analitzen i documenten les possibilitats de l'existència de formigó armat, i s'acaba donant per feta la seva presència en el pinacle de Sant Bernabé.

En 1918 construye por primera vez los pináculos de las torres de la Puerta del Nacimiento con hormigón armado. La forma de estos elementos hacía necesario un material capaz de resistir las tracciones producidas. En esos momentos ya se conocían las propiedades del hormigón armado y Gaudí decidió utilizar este material en lugar de...

En el número dels mesos de gener/febrer de l'any 1978 de la revista Temple⁹³, els arquitectes que estaven duent a terme la construcció de la façana de la Passió fan un estudi comparatiu de materials entre una façana i l'altra i afirmen:

3. Descripció general. En la realització del nou projecte s'ha partit de la mateixa base arquitectònica gaudiniana del portal del Naixement: funció, materials i estructura en aquest ordre...

Els materials, a la façana del Naixement o a la de la Passió, són força diferents. Cosa lògica si es té en compte que han passat 50 anys i que els materials han evolucionat molt. El que sembla pertinent és avaluar-ne el comportament i veure si les característiques de resistència, consistència i durabilitat són equiparables. De

⁹¹ (Codinachs, 1982)pag 97. "El arquitecto ha de saber aprovecharse de los que "saben hacer" y de la que "pueden hacer" los operarios. Se ha de aprovechar la cualidad preeminente de cada uno. Eso es: integrar, sumar todos los esfuerzos y darles la mano cuando se atasquen; así trabajan a gusto y con la seguridad que confiere la plena confianza en el organizador."

⁹² (Grima López) pàgina 35-37

⁹³ Revista el Temple, número gener/ febrer 1978. Veure Annex 04, d'aquesta tesi.

fet, els constants treballs de manteniment que realitzen els actuals directors de les obres al Temple són la millor prova sobre aquesta qüestió.

1. *Forma constructiva.*

Façana	Materials	Estructura	Encofrat	Color
Naixement	Morter de calç	Ciment + ferro	Perdut amb	Panels d'opalines
Passió	Formigó ciclopi	Formigó armat	obra de l'5	de 60 × 60 cm.
			Prefabricats de gran tamany,	
			fins a 3 m i 3,5 Tn amb les	
			opalines incorporades	

4. *Estructura.* És, també, com el Naixement, una columna monobloc, armada, que lliga el costellam del campanar pròpiament dit, el cos central, muntat sobre el triple portal; els tornaveus són el lligam i la riostra que els abraça helicoidalment i els dona un ritme creixent i ascendent. La resultant de les càrregues és també la paràbola que s'obté del càlcul del seu equilibri de forces.

5. *Materials.* S'han emprat gairebé els mateixos materials que usà Gaudí, adaptats, però, amb les tècniques actuals: la calç és substituïda pel morter de ciment Portland, ciclopi, en la mateixa forma d'estructura constructiva, farcit, l'emplèctum dels romans. Estructuralment i decorativament, ensem, s'ha usat per primera vegada granit sintètic, de resultats, segons anàlisis, de millor qualitat constructiva que el natural; introdueix un nou color en els materials constructius nobles, i ens ha permès la prefabricació d'alguns elements, amb la consegüent economia.

6. *Simbologia.* Com en tot el Temple, però aquí amb molta més preponderància la simbologia és la funció primera dels terminals. Ells canten i propaguen el Misteri del Crist a través del que representen, els Apòstols, els símbols episcopals: mitra, bàcul i anell. Completen aquesta idea les llumeneres que en el seu dia irradiaran a la plaça i al cim del

Il·lustració V-27 Fragment de la revista El Temple.

Sobre la base del que s'ha vist en relació a les maneres de construir de Gaudí, i considerant les dificultats que comporta fer aguantar un element de poca planta i 17 m d'altura col·locat a una cota de prop de 90 m sobre el terra, s'ha de concloure que, efectivament, dins dels acabaments superiors dels pinacles hi ha una estructura prèvia de ferro⁹⁴ que en facilita la construcció i en garanteix l'estabilitat, especialment pel que fa a accions horitzontals. Com s'ha vist abans, s'ha trobat ferro en més obres de Gaudí, particularment en els elements d'acabament en forma de pinacle (*casa Bellesguard, pavellons entrada Parc Güell...*), i la seva funció és fonamentalment estructural ja que resta ocult a l'interior de l'element.⁹⁵ Al recull de converses amb Bergós diu: *“El sentido constructivo debe ordenar el sistema de equilibrio. El hierro como auxiliar se ha usado (construcciones italianas, zunchado de cúpulas) y se empleará más, pero cuanto más carácter de auxiliar tenga mejor. Así como en Italia se ha usado como tirante al descubierto, es mejor usarlo com tirante embebido en masas pétreas que lo protejan, evitando la flexión del peso propio y su destrucción por cargas accidentales”*

Els pinacles descrits als apartats IV.1.6 i IV.1.7 d'aquesta tesi expressen clarament aquesta manera de fer.

Abans d'entrar en matèria, sembla oportú recuperar un article de Joan Bassegoda Nonell, publicat a la revista Temple el Gener-Febrer de 1991, sota el títol: “La

⁹⁴ Revista El temple, número gener 1991. Veure Annex 2 també a la revista el Propagador 1925 es descriu l'existència d'un « enorme armazón metálico »

⁹⁵ (Codinachs, 1982) pag 101

construcció tradicional a l'arquitectura de Gaudí”⁹⁶ (s'adjunta aquest document complet com a annex 9).

-“La construcció gaudiniana va fer-se a base de pedra, maó ciment ràpid, guix i morter de calç. Mai va emprar el formigó armat, i el ciment portland tan solament per als revestiments.”

Pel que fa a matèries primes, Gaudí va emprar distints tipus de rajols fets a mà en les bòbiles, amb bona argila i so metàl·lic al ser colpejat, signe d'una bona cuïta. És el maó ben cuït el que li cal, rebutjant el maó de repussall, poc cuït o el maó ultracuit que presenta indicis de vitrificació, per l'excés de cuïta. Els tipus emprats correntment són el maó, el mitjà, la rajola, el pitxolí el premsat, dels quals el pla, cantell i gruix varien segons els tipus. Per a la fàbrica de maons són emprats la barreja o morter de calç, el ciment ràpid o el guix pastats en la gaveta amb la paleta. Amb tan antics i acreditats elements Gaudí se les enginya per assolir formes que, en els seu temps, es feien estranyes per llur originalitat.”-

En ell, Bassegoda nega rotundament l'utilització de formigó armat en cap obra de Gaudí. Si bé sembla certa aquesta afirmació, cal matisar que Gaudí sí que utilitza el ferro per reforçar estructuralment els elements que pateixen esforços horitzontals i de fet tan al pinacle de la casa Bellesguard, com a la torre d'entrada al Parc Güell, edificis estudiats en el IV.1, d'aquesta tesi, queda documentat l'ús del ferro a l'interior d'aquests elements.

Una altra afirmació de Bassegoda en aquest article és com Gaudí assoleix noves formes amb tècniques tradicionals. –“*la gran sorpresa de l'arquitectura gaudiniana es que sota un aspecte abarrocat s'amaguen formes summament racionals, tota vegada que al prendre-les de la Naturalesa, han de ser necessàriament funcionals.*” Indistantament a la tècnica que fes servir Gaudí buscava en les seves solucions formals la senzillesa i capacitat de les solucions de la naturalesa. A Catalunya, a principis de segle XX les tècniques i els materials eren els que eren, i amb ells Gaudí aconsegueix a voluntat la forma que estèticament i estructural (sempre juntes) més li convenia, recolzat és clar amb artesans de primera línia.

⁹⁶ (Bassegoda i Nonell, 1996) pag.471

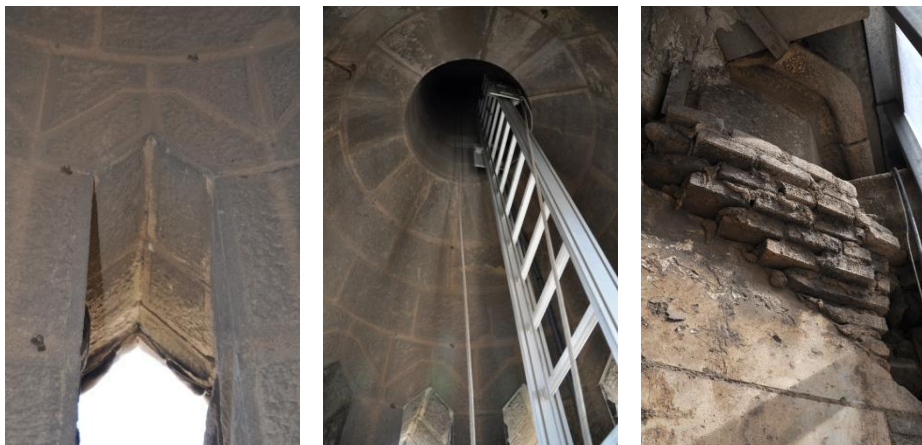
V.4.2 Base constructiva del pinacle de Gaudí

En la construcció del pinacle de Sant Bernabé, Gaudí utilitza materials i solucions constructives relativament diverses. Abans d'afrontar-ne el modelatge 3D, cal analitzar aquest fet. Si s'estudia la peça exteriorment i de baix a dalt, es poden identificar les parts que constructivament són diferents.

- a. La corona d'arrencada. Resolta amb tres filades de pedra de Montjuïc, les quals estableixen la base d'arrencada de les paraules "Hosanna" i "Excelsis". Realitzada amb pedra, tallada i acabada a cota 0, i col·locada posteriorment a la posició definitiva. Exteriorment s'aprecia perfectament l'especejament de la pedra. La llinda entre pilastres de la torre es resol amb forma triangular⁹⁷.



Il·lustració V-28 Fotografia on es veuen les tres filades corresponents a la corona.



Fotografies fetes per la banda interior on es veuen les mides i formes de les pedres. A l'esquerra la llinda entre pilastra i pilastra. La fotografia de la dreta mostra el sostre de la darrera planta accessible amb comoditat, a partir de la qual comença la xemeneia fins a arribar a la macla. Entre les pedres exteriors i les interiors hi ha una mena de conglomerat fet amb trossos de pedra i morter. La geometria d'aquestes pedres s'analitza en el capítol VI.1 d'aquesta tesi.

⁹⁷ Veure també l'apartat VI.2 d'aquest document



b.El tram amb les paraules “Hosanna” i “Excelsis”. Fetes també amb pedres, perfectament tallades i decorades a baix de l’obra, i col·locades filada a filada, una per una. L’espai en horitzontal que queda entre una i altra, es resol amb maó massís col·locat en forma d’espiga, el qual acaba en part recobert per un mosaic.

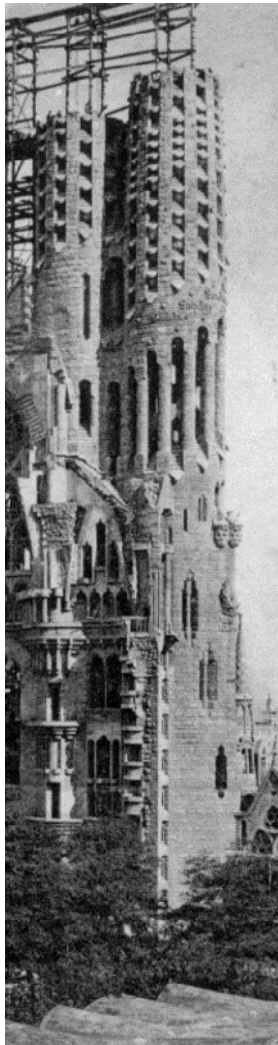
c.El darrer tram superior, amb l’acabat superficial del trencadís. Realitzat a partir d’elements prefabricats en taller i col·locats amb el trencadís incorporat. Un cop fet l’encaix de les parts, l’interior s’omple amb el mateix conglomerat d’abans. Caracteritza aquesta última part la pedra de color negre en forma de cub, d’uns 15cm d’aresta, que ressegueix totes les arestes. Aquests elements que es visualitzen de lluny com uns punts, són característics dels pinacles gòtics i són anomenats “crochets”.



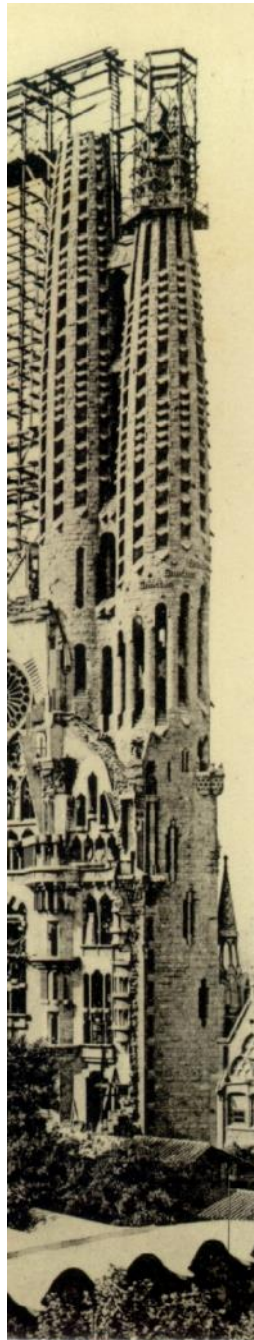
Il·lustració V-29 A l’esquerra, arribada d’una pedra corresponent a la H d’Hosanna, a la part superior de la torre. I a la dreta, fotografia d’un “crochet”

Les filades són fonamentals per entendre el procés de construcció, ja que es poden resseguir perfectament d’un extrem fins a l’altre.

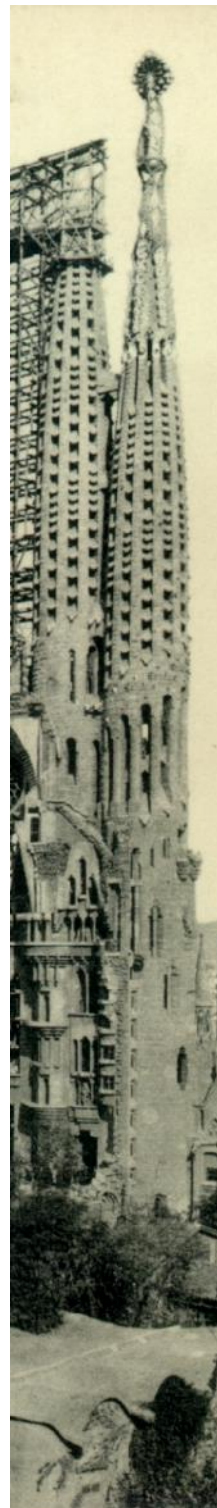
A les següents fotografies, ordenades cronològicament, només es veuen dues de les quatre torres, però hi queda clar com la construcció es fa en paral·lel. Així es garanteix la idèntica construcció entre simètriques i a més s’optimitza l’ús de les bastides.



1912



1918



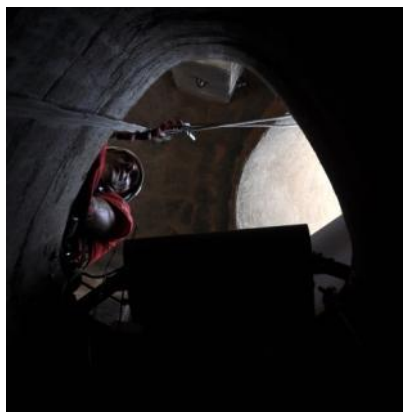
1926

V.4.3 El pinacle per l'interior

L'observació directa de l'interior del pinacle té un interès especial. Concretament la del tram comprès entre el sostre del darrer pis de la torre i la macla de poliedres. El tram, que té 13.86 m de llargada, és buit i conforma una xemeneia que, a la part baixa, té 1 m de diàmetre i acaba, a l'extrem superior, en un triangle equilàter de vèrtex arrodonits d'uns 70 cm d'altura. Per l'interior, ascendint per l'escala de gat

que ha de permetre fer el manteniment dels llums previstos per a dins de la macla, es pot veure perfectament la composició dels materials, que són dos: pedra en els primers 9.75 m i formigó en el tram final, fins a arribar a la macla superior.⁹⁸

- a. Pedra de Montjuïc amb junt de morter de calç, durant els 9.75 primers metres, en un tram en què pràcticament es manté constant la forma cilíndrica en tota la seva longitud. Les parets estan formades per filades de 40cm+2cm de junt fins a arribar a la cota de les lletres H i E, on la mida de la pedra és més gran possiblement perquè s'utilitza la pedra com un element de trava per crear un cercol perimetral en aquesta cota.
- b. Formigó, del qual se'n veuen clarament les traces de l'encofrat, en els últims 4,10 m, coincidint amb el pas de secció circular a secció *triangular*, i absorbint el moviment de torsió que ha de fer la secció per poder acabar ajustant amb la macla.



Un cop consignats els materials, la forma de procedir sembla força òbvia:

1. Amb la pedra tallada i amb el mosaic adherit en taller a peu d'obra, les peces són hissades i col·locades al seu lloc utilitzant morter de calç, amb junts que oscil·len entre els 2 i els 3.5 cm. D'aquesta manera es resol la corona, que farà recepció de les pedres que formen les paraules "Hosanna" i "Excelsis" també tallades i decorades abans de ser hissades. A la cota de col·locació de les lletres, el mur té un gruix que oscil·la entre 1,30m i 1,00m. Les pedres de les lletres no arriben a la cara de dins. Juntament amb la pedra interior, es comporten com a encofrat per a la barreja amb què es farceix el nucli central del mur.
2. Col·locació de les pedres de les lletres. L'espai en planta que queda entre pedra i pedra serà omplert amb maons massissos, per la banda exterior, mentre que, per dins, un anell de pedra tancarà el cilindre. Entre la pell exterior (pedres amb lletres + maons massissos) i la pedra que forma el cilindre interior hi ha una mena de "conglomerat" que massissa el buit.

⁹⁸ La descripció de la geometria i dels elements que ho formen es troba en el capítol VI.3.2.

3. A la cota de les lletres superiors, “E” i “H”, sembla com si la pedra travessés de dins a fora. Per bé que és difícil poder-ho demostrar⁹⁹ sense fer alguna cala, el cert és que la inspecció ocular evidencia que en aquest tram no se segueix la modulació de 42 cm, modulació que cal recordar que es manté des de la cota 0.00 del temple, és a dir, al llarg dels 78,79 m de la cota d'aquest punt. També sembla clar que es tracta d'un punt singular.



Possiblement per aquesta raó, s'observa que hi ha una inscripció, per la part de dins, deixant constància de l'any en què fou col·locada la pedra d'aquesta filada (1918). De fet en aquest punt la construcció del pinacle va quedar aturada durant uns anys, fins que, a la represa, l'element va ser definitivament acabat. La inscripció diu:

Laus Deo / m J / sBernabé A / 1918

4. Per sobre de les paraules “Excelsis” i “Hosanna” i per la banda interior, continuen encara 5 filades de pedra de 42 cm, que corresponen al tros que va de sobre de les lletres fins a l'anella circular, a partir de la qual comença la part encofrada interiorment. Possiblement sigui a partir d'aquí d'on arrenca la suposada armadura metàl·lica interior.
5. Els darrers 4,10 m, fins arribar a la macla, són encofrats per la banda interior, mentre que, per fora, són peces tallades expressament (possiblement peces prefabricades de formigó amb el trencadís incorporat abans de ser col·locades). Aquestes peces, amb tendència a caure cap a l'interior, delimiten la secció que serà omplerta amb formigó.
6. Un cop se surt de la xemeneia, i continuant per la part interior, ens trobem dins la macla, última part accessible del pinacle, destinada a albergar els focus que han d'il·luminar la torre central i el carrer, proclamant simbòlicament el missatge de Déu a la Terra. Sorprenentment la macla és buida, el seu interior està format per una buit esfèric d'aproximadament 1,50m de diàmetre. A la cara interior d'aquesta cúpula es veuen les peces quadrades de maó ceràmic probablement col·locades in situ. De nou,

⁹⁹ Un cop fet el model tridimensional i comprovades les mides entre l'interior i l'exterior de l'element ha sigut relativament senzill verificar aquest fet. La dimensió de la pedra és descomunal i fora impossible enlairar-la fins aquí.

l'espai comprès entre la capa ceràmica interior i els prefabricats de pedra que formen la macla són massissats amb un conglomerat.



Il·lustració V-30 fotografia interior de la macla

7. Els últims 8 metres ja són totalment massissos. Probablement es munten les cares exteriors, realitzades amb peces prefabricades i decorades a baix, i es reomplen per tal de lligar i estabilitzar tota la peça. Considerant la seva esveltesa i les dades extretes de la documentació escrita trobada a la revista dels Josefins¹⁰⁰, sembla lògic pensar que l'element conté una estructura metàl·lica interna.

La construcció d'aquesta part s'allargà aproximadament durant 12 mesos. Temps relativament llarg si es té en compte que la part prefabricada ja estava preparada i només calia col·locar-la.

Encara que de manera molt concisa, s'ha tractat d'explicar el sistema constructiu que Gaudí utilitza en cada tram del pinacle. S'ha fet des de l'observació directa, tocant totes les parts mínimament accessibles i analitzant la documentació existent sobre el tema. Queda obert el dubte de com estan resolt els intersticis, és a dir, la part que queda entre les cares interior i exterior. Ajudarà a la reflexió el fet de treballar conjuntament les pells interior i exterior en el procés de modelatge 3D del pinacle. Un procés que centrarà el capítol següent.

També quedarà oberta la incògnita de com és exactament l'ànima metàl·lica d'aquest acabament final, que és descrit a la revista dels Josefins com – “*un bloque inmenso formado por vigas de Hierro, cuyos espacios de una a otra debían ser rellenos de cemento y materiales parecidos...*”

¹⁰⁰ Revista El Propagador número de gener 1925

La última piedra, el último sillar de este campanario (igual que la del correspondiente del otro lado de la fachada) hace un par de años que se colocó,, conforme se hizo público oportunamente. Pero la última piedra en el sentido de piedra final no quedaba colocada, por cuanto encima del cuerpo grandioso formado por el macizo de piedra en que se canta el "Hossanna in excelsis" debía apoyarse un bloque inmenso formado por vigas de hierro, cuyos espacios de una a otra debía ser relleno de cemento y materiales parecidos, que debían originar una superficie sobre la que extender dibujos policromos con vidrios de colores diversos, a ejemplo de los mosaicos de Venecia. Tal superficie en su desarrollo recordará la fórmula de los báculos episcopales, un cayado de pastor, ya que los campanarios van dedicados en nuestro templo a los doce Apóstoles.

El nudo que se ve en los báculos antes de iniciarse la curvatura se verá igualmente en el campanario y será una inmensa farola desde la que podrán proyectarse haces de luz como la que por encargo de Cristo difundieron los apóstoles por el mundo. Hasta esta farola tendrá acceso al campanario.

Dijimos en nuestro número anterior que se habían recibido los vidrios (rojo y oro) de Venecia y que se había adquirido ya vigámen de hierro.

II·lustració V-31 Revista El Propagador -gener 1925-



Il·lustració V-32 Fotografia de l'arxiu de la Sagrada Família amb el terminal just acabat de fer.

CAPÍTOL VI

CAPÍTOL VI. PINACLE DE LA FAÇANA DEL NAIXEMENT. ANÀLISI TRAM A TRAM.



Cal tenir present que tots els pinacles de la façana del Naixement són iguals pel que fa a la seva geometria; tenen una alçada total de 25 metres i s'estructuren sobre una base geomètrica que gira entorn del nombre 3. Les úniques diferències entre ells cal buscar-les en els símbols que fan referència al nom del sant a qui va dedicat, i en la posició de la macla de poliedres, situada aproximadament a la meitat del pinacle. Aquesta macla s'orienta, girant sobre els seu eix vertical cap a la torre central de Jesucrist i, per tant, adopta direccions diferents en cada un dels quatre pinacles.

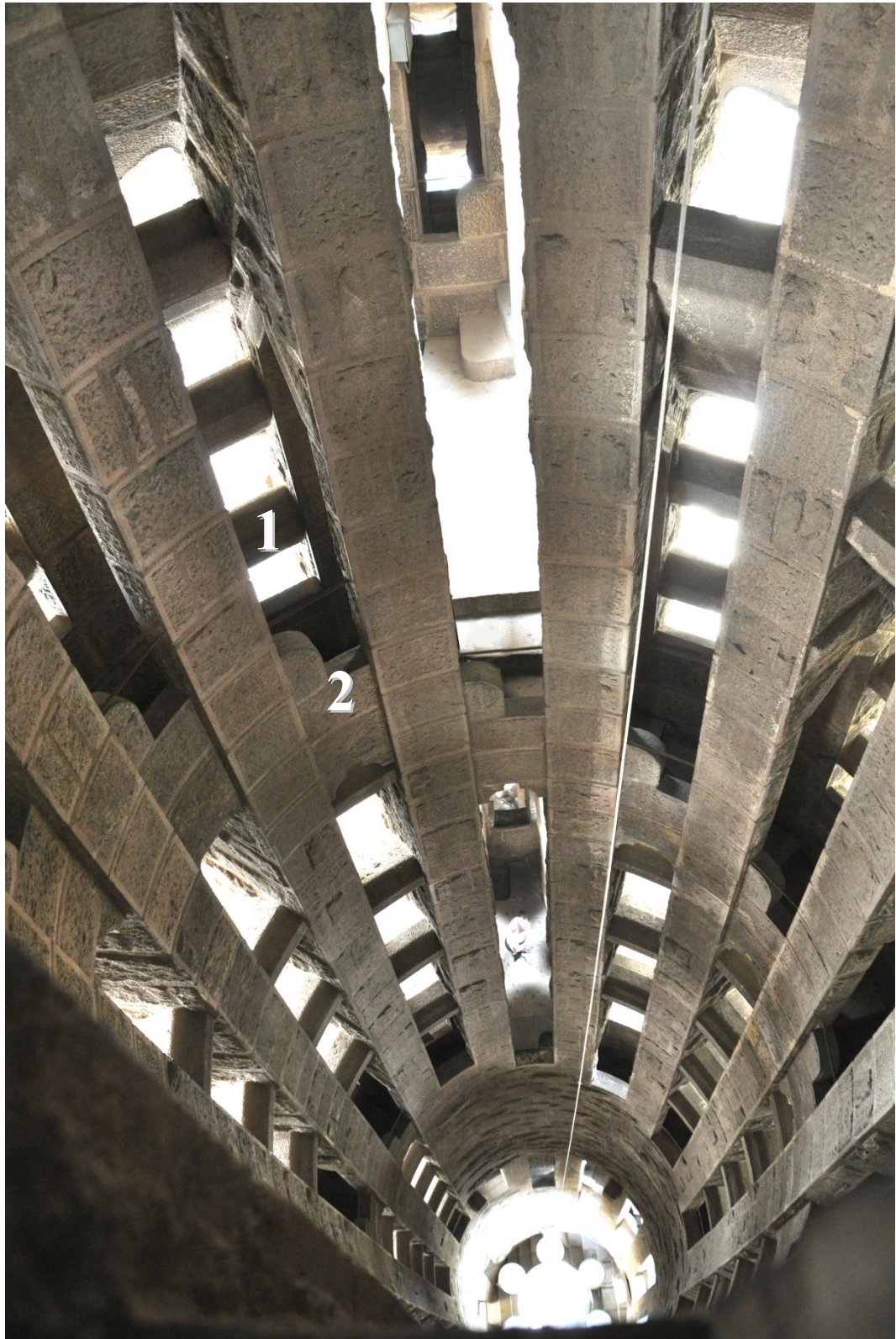
Observant el pinacle, s'hi poden identificar cinc parts que tenen una entitat pròpia, amb una generació particular en cada cas. Anant de baix a dalt, cal començar parlant de la peça que corona el campanar i que serveix per tancar les 12 pilastres que el delimiten, i alhora per iniciar l'element de coronament final que, en endavant en aquest text, serà denominat **corona**. A continuació ve un primer tram de **fust** format per les espigues que contenen les paraules “Hosanna” i “Excelsis”; i tot seguit un segon tram de **fust** del qual se'n diferencien dues parts: una per sota del poliedre i una altra, amb una estructura similar a l'anterior, però per sobre del poliedre i adoptant una lleugera curvatura; una curvatura que li dóna lleugeresa i moviment i que es relaciona amb la forma del bàcul dels bisbes. En mig del fust apareix el **poliedre**, situat de forma brusca provocant un desajust de la geometria del fust; desajust que serà analitzat més endavant. I ja per últim, a la part alta i coronant el conjunt, se situa la **creu**. En aquest capítol se seguirà aquest ordre, en la descripció geomètrica que s'hi fa per tal d'anar analitzant cada tram part per part.

A l'hora de decidir estratègies de treball en el procés de modelatge, han resultat útils certs coneixements sobre processos i eines de taller propis del treball dels picapedres. En essència, el procés del tall de pedra es basa en traçar sobre les cares del bloc inicial les línies que se seguiran per desbastar la pedra. Partint

d'aquí, és relativament senzill radiografiar la geometria de cada una de les parts. Una geometria que calia tenir prèviament ben estudiada i controlada, sobretot si es té en compte que la col·locació de les peces es fa a partir de la cota 50 i treballant sobre una plataforma de dimensions reduïdes.

Igualment, les restriccions que impliquen aquestes condicions de treball, fan que algunes parts que no han de ser construïdes amb pedra tallada es resolguin per mitjà de prefabricats, preparats també al peu de l'obra, per tal de ser hissats, directament col·locats i finalment collats o massissats amb formigó.

VI.1 La torre



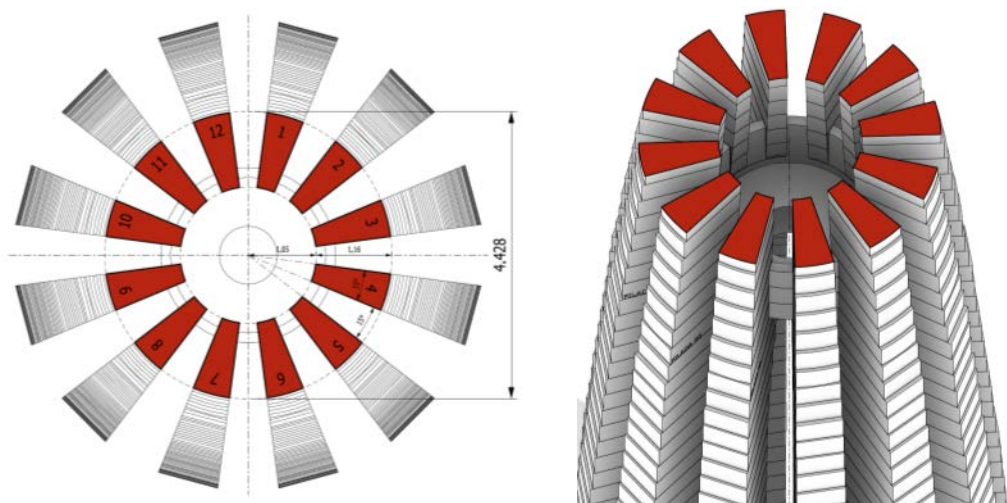
Il·lustració VI-1 Fotografia de l'interior de la torre.

Tot i no ser el tema central d'aquesta tesi, un mínim estudi de la torre es fa necessari per tal d'iniciar l'anàlisi del pinacle amb un coneixement prou sòlid de quina és la base d'on arrenca. Ja se n'ha parlat, amb certa extensió, a la secció V.2

en fer la descripció de la façana del Naixement. Ara, en aquest capítol, l'estudi se centrarà particularment en la zona de contacte de la torre amb el pinacle.

Des d'aquest punts de vista, la base del pinacles es pot descriure com una planta radial formada per 12 pilastres de pedra equidistants. La trava entre pilastra i pilastra és confiada als tornaveus, que són peces travesseres, formades per un únic element de pedra massissa¹⁰⁰ (1 a la foto), que es van intercalant entre les pilastres, en tota l'alçada de la torre. Interiorment, l'escala també (2 a la foto) va lligant les pilastres i contribuint a fer que el conjunt tingui la resistència necessària.

La darrera filada de la torre és la número 230 i se situa a la cota aproximada de 72 m., punt en què el diàmetre és de 4,40 m.



Il·lustració VI-1 Imatges en planta i axonometria del final de la torre abans de rebre la corona

La culminació de tots aquests brancals conclou en la corona, a partir de la qual s'inicia la part del pinacle corresponent a les paraules "Hosanna" i "Excelsis".

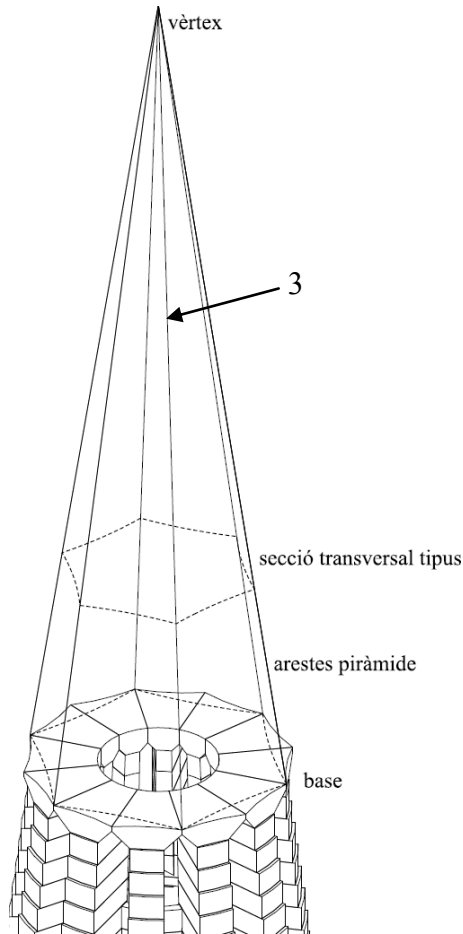
VI.2 La corona



No és el primer cop que, en aquesta tesi, es parla de "corona". Potser aquí apareix d'una manera menys explícita que en altres casos estudiats, però la seva posició és la mateixa que en els exemples anteriors: just abans d'iniciar l'arrencada del pinacle, com passava també a la torre del Parc Güell o a la casa Bellesguard.

¹⁰⁰ Veure Il·lustració V-4 detall acotat dels tornaveus a façana

La corona de les torres de la façana del Naixement té 12 “gablets”, seguint dos models amb mides i formes lleugerament diferents, que es van alternant per ajustar-se respectivament a l’inici de les paraules “Hosanna” i “Excelsis” que arrenquen d’aquest punt. Es tracta de peces de pedra perfectament treballades i acabades a peu d’obra, a punt per ser encaixades al seu lloc. A diferència del que passava amb les pilastres del campanar, aquí la pedra deixa de tenir un acabat aberrugat per passar a estar perfectament carejada, igual que les pedres que vindran per sobre amb les lletres.

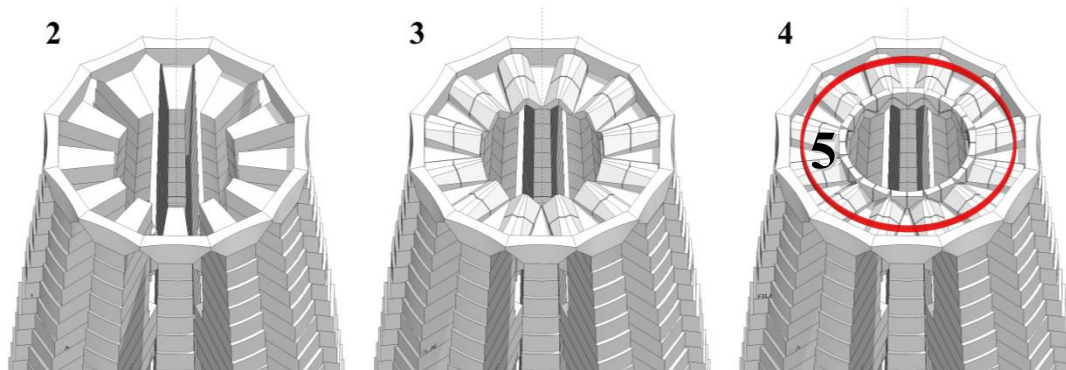


La corona marca clarament l’inici de les arestes de la piràmide principal (3) sobre la qual es recolzaran les lletres dels mots “Hosanna” i “Excelsis”. Ocupa tres filades i manté la mateixa modulació que tota la torre, basada en el número 21; de manera que cada filada són 42 cm. La corona fa la transició entre el campanar i el tram de les lletres. Aquesta transició introdueix canvis molt importants al pinacle, en relació amb la base de partida. Geomètricament, es passa d’una secció circular a una altra de poligonal d’arcs. Per primer cop, en tota l’alçada del campanar, la corona introdueix el color, per mitjà dels mosaics que decoren part de les seves cares: lletres, creus, espigues, flors, i símbols varis, perfectament acolorits i visibles des de la part baixa de l’edifici.

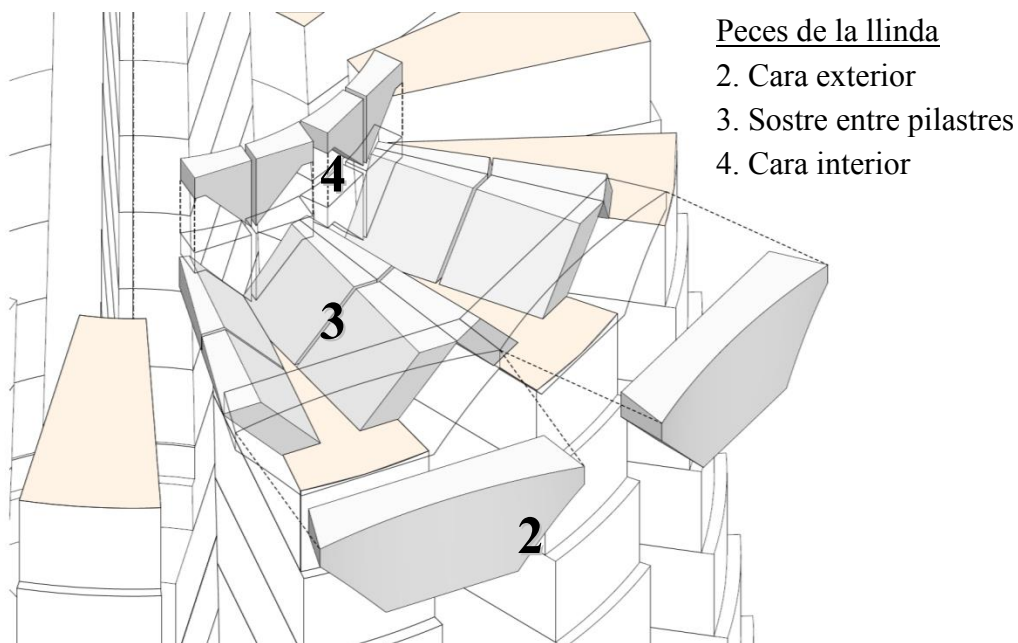
Damunt de la segona filada, arrenquen els blocs que formen les lletres “s” de la paraula “Excelsis”, mentre que a sobre de la tercera es munten les “a” de la paraula “Hosanna”.

A continuació s’analitza el traçat base de les tres filades que componen la corona. La primera filada resol l’entrega amb les dotze pilastres inferiors. Encara que, per facilitar el modelatge 3D, s’hagi treballat amb dotze peces iguals, la realitat és que cada una d’aquesta peces està formada per més d’un element petri. Atès que formen la llinda de cada un dels finestrals que queden entre les dotze pilastres radials, aquests elements travessen tota la secció “massissa” i van des de la cara exterior de la torre fins la cara interior de la xemeneia.

L'especejament de la primera filada de la corona està format per una anella exterior(2) d'uns 15 centímetres de gruix, que és la part que acull les insercions dels mosaics de les creus i dels detalls daurats. A continuació es col·loquen els elements que formen la llinda que cobreix l'espai entre pilastra i pilastra (3), la geometria de la qual ve definida a la làmina VI.2_02. Finalment es completa la cara interior, parcialment formada per la superfície de la llinda, ja col·locada, i per un element, d'uns 15 cm de gruix, amb el tall pertinent per ser encaixat (4).



Es pot apreciar com l'alçada de la llinda, per la banda interior, és inferior a la de les pedres perimetrals. Tot aquest espai es massissa amb algun tipus de formigó, però cal concloure que, en aquesta diferència d'alçada, és molt probable que s'inclouï un element metàl·lic (assenyalat amb vermell (5))que actuï com a cercol perimetral compensant els possibles esforços horitzontals, provocats per la volta que ve a continuació i per les empentes de tot l'element superior. De fet, consta en els escrits de l'època que tota aquesta part, per sobre dels "Hosanna" i "Excelsis", conté ferro¹⁰² en la seva execució.



**Il·lustració VI-1 Imatge extreta de la làmina VI.2_03
 Detalls especejament llindes de la corona.**

¹⁰² Revista el propagador juliol 1918

VI.2.1.1 LÀMINES VI.02

Làmina VI.2_01 Axonometries corona, arrancada del Pinacle de Sant Bernabé.

Làmina VI.2_02 Detalls especejament llindes de la corona.

Làmina VI.2_03 Detalls especejament corona.

Làmina VI.2_04 Descripció dièdrica de la corona.

VI.3 El tronc o fust (Hosanna i Excelsis) primer tram

La part inferior del fust manté la composició provinent dels elements massissos del campanar. Continuant amb el número 12 com a dividend, forma sis columnes, tres amb la paraula “Excelsis” i tres amb “Hosanna”, intercalades i disposades radialment en planta.

Cada una de les lletres està composta amb trossos de rajola blanca (majòlica), i encaixada en el frontal d’unes peces massisses, tallades i decorades a peu d’obra¹⁰³. En els pinacles de la façana del Naixement, els blocs que contenen les lletres són de pedra. Però cada lletra no està disposada sobre un únic element petri. En la majoria de casos, la peça està formada per dos elements. I en el cas de la “E” majúscula, per tres. Aquestes divisions pretenen repartir el pes de l’element i facilitar-ne la col·locació i l’ancoratge. En els laterals de cada lletra hi ha una part farcida de trossos de vidre, colls i culs d’ampolla de color verd. Aquesta part amaga els encaixos i refosos per on calia agafar els elements per ser hissats des del peu de l’obra fins a la seva posició definitiva, entre els 72 i els 82 m d’alçada.

El diàmetre de la torre, en aquest punt, oscil·la entre els 4 m, a la part baixa (prop la darrera s d’Excelsis), i els 3 a la part alta (prop la E inicial). Prenent la secció horitzontal situada prop la lletra E i restant-li el forat de la xemeneia central (Ø 1 metre), s’obté que els gruixos de mur són d’1 m.

A la revista *El propagador de la devoción de San José*, del maig de 1915, es descriuen amb exactitud aquests elements i se’n donen les mides i pesos. Aquest detall resulta molt útil a l’hora de modelar les parts que no són visibles en quedar amagades a l’interior de la torre. A continuació se n’exposa un paràgraf:

¹⁰³ Aquesta afirmació està totalment verificada en el procés d’obra de la façana de la Passió (Revista Temple), i en el cas de la façana del naixement es pot deduir d’alguns textos on es descriu la col·locació dels elements vidrats a peu d’obra.

A més a la tesi de (Grima López) s’hi mostra una fotografia Il·lustració V-29 on es veu la colocació d’una d’aquestes pedres concretament la part superior de la primera E d’Excelsis.

Las letras del Hossanna que desde el plano de tierra presentan sólo el tamaño suficiente para poder ser leídas cómodament, oscilan entre las siguientes dimensiones con el bloque que las sustenta: 1,15 por 1,07 metros, con 0,78 de fondo, y las que estan integradas por dos piezas: 1,14 por 1,11 con 0,84 de fondo y 1,17 por 1,17 con 0,86 de fondo. Su peso es de unos 50 quintales.

Las mayúsculas, formadas por tres bloques, tienen cada una las siguientes dimensiones: longitud, 1,47 metros; latitud, 1,34 con 1,27 de profundidad y su peso de 103 quintales.



Il·lustració VI-2 Especejament dels blocs que contenen les lletres Hosanna i Excelsis

Aquestes mides podrien diferir de les del model teòric perquè no es pot saber exactament en quin punt i moment estan preses. Considerant que la mesura d'1 quintar són 100 lliures castellanés, això equival a uns 46kg. Per tant el pes de cada pedra seria de prop de 2300 kg i, en el cas de les lletres majúscules, seria del doble, és a dir, 4600kg.¹⁰⁴ Segurament per això les pedres grans estan formades per tres parts, per alleugerir el pes de cada una.

A la següent anàlisi dels blocs de pedra de les lletres, s'ha treballat a partir d'un aixecament de la torre dedicada a Sant Bernabé, fet amb taquímetre electrònic, i també de fotografies de la torre esmentada. L'opció de fer l'estudi sobre aquesta torre en concret ve forçada pel fet que és la que va poder acabar el mateix Gaudí. De tota manera, si es compara la solució d'aquesta part de la torre de Sant Bernabé amb la del sector homòleg de la de Sant Matías, s'observen algunes variacions que fan pensar que, si es volgués fer un aixecament específicament de cada lletra,¹⁰⁵ seria preferible fer-lo sobre el pinacle d'aquesta segona torre. Encara que Gaudí no la va arribar a veure culminada, sí que va ser a temps d'executar-ne el sector de les lletres, recollint-hi per tant l'experiència feta a la torre anterior. Amb tot, el que es pot assegurar és que es tracta de peces de dimensions considerables, fetes amb pedra massissa¹⁰⁶ i col·locades de manera

¹⁰⁴ En el propagador de 1915 s'anomena l'existència d'un muntacàrregues capaç d'enlairar aquests elements, que funciona amb gas. El fet, i per això existeix l'escrit, és que l'aparell no funcionà durant un temps, endarrerint algunes tasques.

¹⁰⁵ Degut a les xarxes de protecció que embolcallen els pinacles la millor manera de fer aquest aixecament fora utilitzant material de treballs verticals, calcant i mesurant sobre el mateix element en obra.

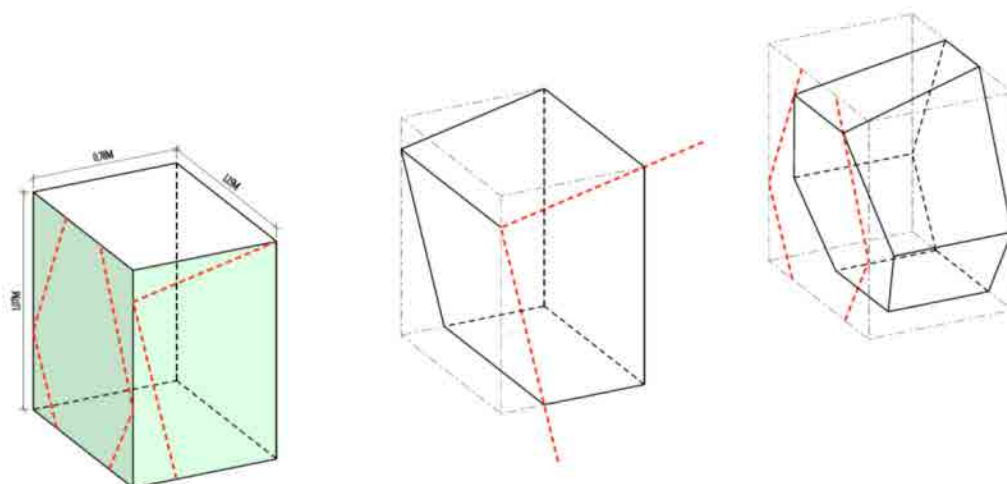
¹⁰⁶ El febrer de 2012 vàrem tenir l'oportunitat d'arribar fins a la macla d'un dels pinacles de la façana de la Passió. L'arquitecte que ens acompanyava ens va fer notar de la presència de dues pedres que corresponien a dues lletres d'aquest pinacle. Eren les úniques realitzades en pedra

que la veta de la pedra quedi horitzontal. Segurament el bloc de partida era un paral·lelepípede sobre el qual es practicaven uns talls per fer-ne una descomposició en fragments més reduïts. Aquesta descomposició no es feia sempre de la mateixa manera, tal com es pot veure, per exemple, comparant dues lletres “H” que tinguin posicions diferents dins de la mateixa torre. Lògicament, la ceràmica incrustada no queda mai dividida a banda i banda del tall. És a dir, la composició del mosaic respecta les juntures dels elements en què es divideix el bloc de pedra.



Il·lustració VI-3 Dues mostres del bloc que sosté la lletra H en el pinacle de Bernabé.

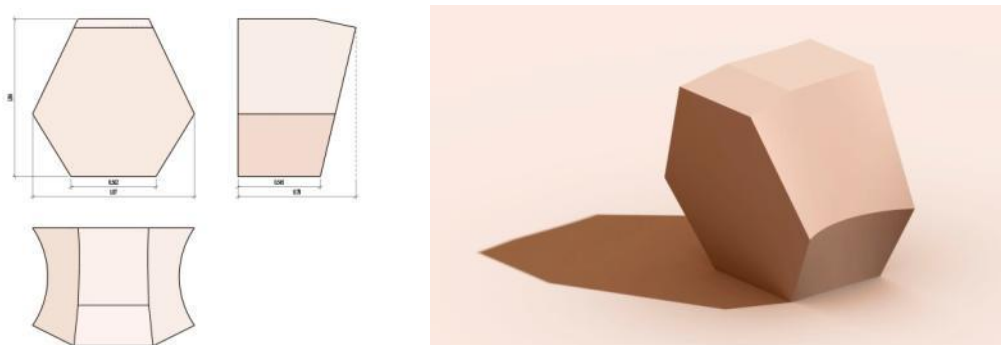
A la seqüència de dibuixos següent es pot veure com es treballa la pedra fins a arribar a la solució final, en el ben entès que es tracta d'un supòsit hipotètic, per bé que sembla bastant versemblant.



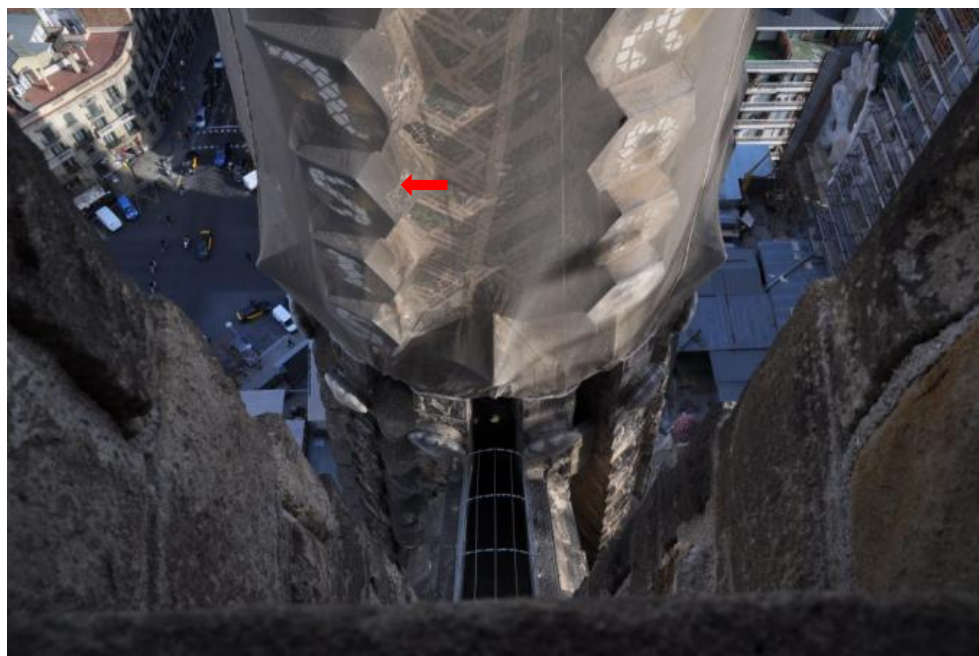
Il·lustració VI-4 Aplicant els corresponents talls al bloc, en resulta la geometria de cada element.

massissa perquè varen sobrar de la façana del Naixement, la resta eren fetes amb formigó prefabricat.

Les mides del bloc de l'exemple corresponen a les dimensions de la descripció anterior, i els talls aplicats casen amb punts capturats a l'aixecament taquimètric. Però per completar el procés cal encara practicar un nou tall que generi una base horitzontal, a la part superior, preparant-la així per rebre la pedra de la lletra que li ha de venir a sobre. A l'anàlisi efectuada, es constata que, en ocasions, l'aresta horitzontal que queda a mitja alçada, pel mig del bloc, és arrodonida (situació de l'exemple modelat). Aquest arrodoniment implica que les dues cares que comparteixen l'aresta no puguin ser planes sinó superfícies conoïdals. D'altra banda, s'observa també que, sigui recta o sigui corba, sovint aquesta aresta està trencada, fet que sembla atribuïble a la seva coincidència amb els punts d'ancoratge del bloc per poder-lo enlairar fins a la cota de col·locació¹⁰⁷.

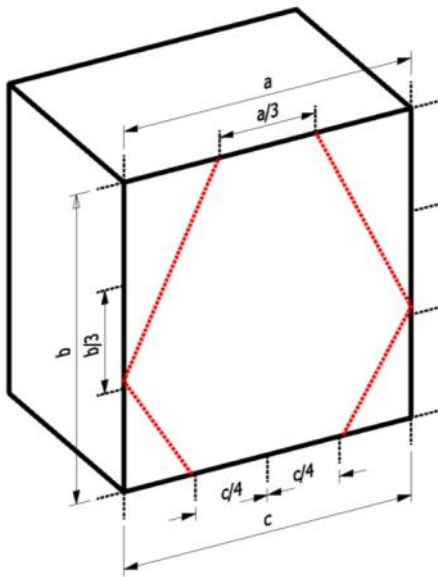


Il·lustració VI-5 Imatge virtual de la pedra resultant un cop aplicats el talls "teòrics"



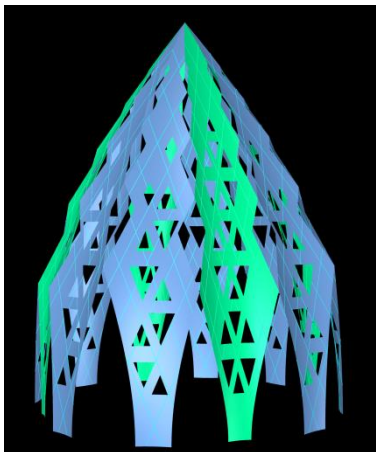
Il·lustració VI-6 fotografia amb el detall dels possibles anclatges

¹⁰⁷ Veure la imatge Il·lustració V-29 A l'esquerra, arribada d'una pedra corresponent a la H d'Hosanna, a la part superior de la torre.



Si es marquen els talls de les cares laterals segons les mides preses, es veu que aquests s'aproximen molt a les proporcions de terços i quarts. En conseqüència, s'adopta aquest criteri a l'hora de generar-ne el model tridimensional.

Entre una columna de lletres i la següent, hi ha una superfície, aparentment cònica, decorada amb rajoles de color verd i maons fent espiga. No és del tot descartable que aquesta superfície pugui correspondre a un paraboloides (una solució similar a la de la sagristia), i que les línies de colors en segueixin les



Il·lustració VI-7 Imatge esquemàtica de la Sagristia

generatrius. Amb tot, les anàlisis i comprovacions fetes in situ, no permeten sostenir aquesta hipòtesi de manera conclouent. En conseqüència, es pren la decisió de modelar-les com a superfícies còniques còncaves¹⁰⁸. Una solució que, d'altra banda, té força sentit, si es té en compte que tals superfícies actuen d'encofrat perdut del formigó amb què es massissarà el nucli de l'element¹⁰⁹. La concavitat de les seccions còniques en forma d'arcs de circumferència genera una mena de voltes favorables a resistir la pressió del formigó, al moment de ser abocat. Una solució sens dubte intel·ligent i de fàcil execució. D'altra banda, des d'un punt de vista plàstic, la concavitat d'aquestes superfícies dona més lleugeresa i esveltesa a l'element. També la disposició de la fàbrica amb què es fan aquestes superfícies, en forma d'*opus spicatum*, sembla ser un recurs constructiu per donar-los una major estabilitat. Resumint, de nou estabilitat, estètica i ofici en obra s'alien per definir la forma final.

¹⁰⁸ (Giralt-Miracle, y otros, 2002) (pag 83-87, capítol *intersecció de paraboloides*) a la cúpula de la sacristia, si que les fulles són paraboloides, ho constaten les maquetes i la direcció dels forats triangulars i romboïdals que hi apareixen, però aquest criteri no es pot aplicar en els pinacles.)

¹⁰⁹ (Grima López) (pag. 30)

Entre una columna de lletres i la següent, hi ha una superfície, aparentment cònica, decorada amb rajoles de color verd i maons fent espiga. No és del tot descartable que aquesta superfície pugui correspondre a un paraboloides (una solució similar a la de la sagristia), i que les línies de colors en segueixin les generatrius. Amb tot, les anàlisis i comprovacions fetes in situ, no permeten sostenir aquesta hipòtesi de manera conclouent. En conseqüència, es pren la decisió de modelar-les com a superfícies còniques còncaves¹¹⁰. Una solució que, d'altra banda, té força sentit, si es té en compte que tals superfícies actuen d'encofrat perdut del formigó amb què es massissarà el nucli de



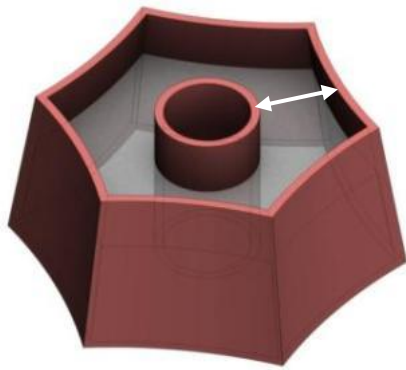
l'element¹¹¹. La concavitat de les seccions còniques en forma d'arcs de circumferència genera una mena de voltes favorables a resistir la pressió del formigó, al moment de ser abocat. Una solució sens dubte intel·ligent i de fàcil execució. D'altra banda, des d'un punt de vista plàstic, la concavitat d'aquestes superfícies dona més lleugeresa i esveltesa a l'element. També la disposició de la fàbrica amb què es fan aquestes superfícies, en forma d'*opus spicatum*, sembla ser un recurs constructiu per donar-los una major estabilitat. Resumint, de nou estabilitat, estètica i ofici en obra s'alien per definir la forma final.

“... En los salientes, alternados, se lee “Excelsis” o bien “Hosanna” en vidrio opal blanco, incrustado en la piedra de tonos oscuros. En los entrantes, mayólica verde y negra forma palmas de victoria. Siendo cada vez más pequeña la sección de los campanarios, éstos van adelgazando más y más y se revisten de mayor atrevimiento y colorido. Empotrado en los últimos metros de la sección de mampostería nace el armazón de hierro en que van colocadas las placas monolíticas de cemento, incrustadas de mosaico de Venecia, oro, rojo y amarillo, y vidrio opal blanco del país. Gaudí...”

(àlbum del Temple de la Sagrada Família, 1921)

¹¹⁰ (Giralt-Miracle, y otros, 2002) (pag 83-87, capítol *intersecció de paraboloides*) a la cúpula de la sagristia, sí que les fulles són paraboloides, ho constaten les maquetes i la direcció dels forats triangulars i romboïdals que hi apareixen, però aquest criteri no es pot aplicar en els pinacles.)

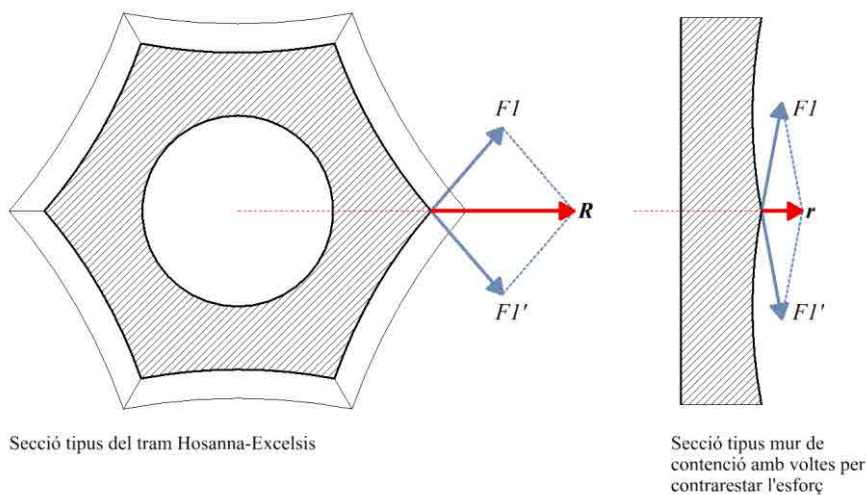
¹¹¹ (Grima López) (pag. 30)



A la imatge adjunta es representa la “paret” exterior, formada per cons còncaus, i la xemeneia interior per la qual es pot ascendir, per mitjà d’una escala de gat, fins a la macla on hi ha el sistema d’il·luminació de la torre central. A la imatge, l’ull de la xemeneia és circular però aquesta és una secció que va variant quan s’acosta al tram final, on acaba amb una secció triangular de vèrtexs arrodonits. Per explicar millor l’esquema de

pressions que es produeix, la imatge fa abstracció dels elements petris que, situats a les arestes, contindrien les lletres. En efecte, com ja s’ha exposat, la pressió exercida pel formigó o “argamassa” abans d’adormir-se actua sobre les superfícies còncaues provocant compressions que són transmises a les pedres de les lletres¹¹². Un cop tancades, tan l’anella interior com l’exterior queden perfectament travades. La força radial resultant **R** es veu absolutament compensada amb la gran massa de les pedres que se situen en cada aresta. A banda d’aquesta funcionalitat mecànica, no es pot menystenir el component plàstic d’aquesta solució amb superfícies còncaues, considerant l’interessant efecte de degradació de la llum que això provoca.

La figura següent fa una comparació entre el comportament mecànic d’aquest sector del pinacle i el d’un mur de contenció de secció en forma d’arcs encadenats.



Il·lustració VI-2 Les forces es compensen millor en la secció del mur de la dreta.

Per l’interior de la xemeneia es distingeixen clarament els junts de les pedres que continuen la modulació de 40+2cm d’alçada. El diàmetre del pas, en tot aquest

¹¹² (Codinachs, 1982)pag 33. “Los machones, interiormente construidos de hormigón por medio de cajones para después revestirlos en el exterior del edificio con parte de sillería...”

tram, és manté en 1 m, i el cercle ve definit per 7 carreus en cada filada horitzontal, perfectament treballats, i col·locats a trencajunt.



Il·lustració VI-8 Fotografia de la forma interior del tram analitzat

VI.3.1.1 Metodologia aixecament.



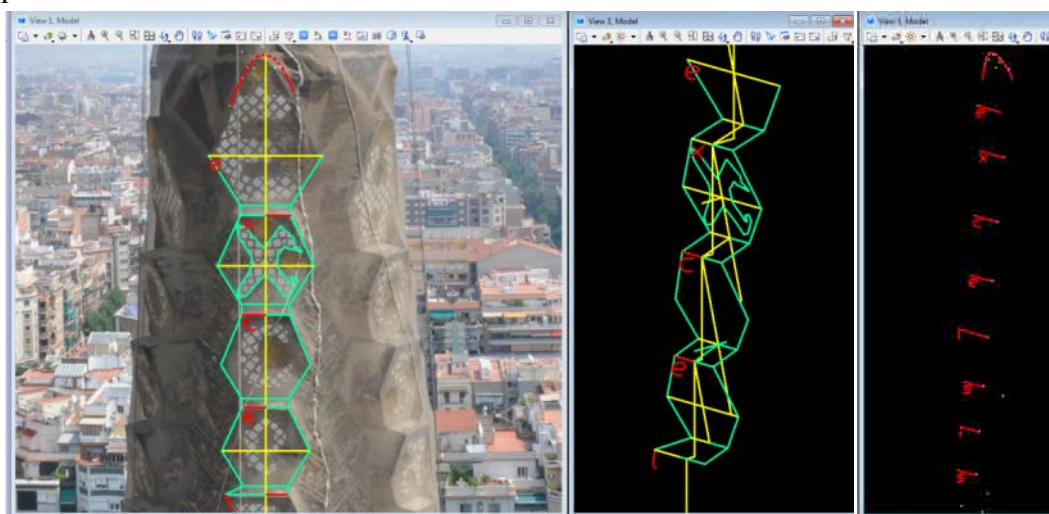
Il·lustració VI-9 foto presa el 23/07/2012

Per mesurar i modelar les peces que formen el suport a les lletres del mot “Excelsis”, s'utilitzen tots els recursos que es tenen a l'abast. Per una banda, l'aixecament efectuat amb taquímetre electrònic permet identificar i relacionar els vèrtexs de cada lletra que no queden amagats per la malla de seguretat amb què actualment estan embolcallades. Per sort la tensió de la malla permet identificar

clarament les arestes superiors de cada peça. Tot i la precisió de l'instrument

utilitzat, l'exactitud de la mesura passa pel major o menor encert o a l'hora de disparar el raig. L'aparell incorpora un visor que magnifica molt la imatge i per tant facilita la correcta identificació del punt. Tot i això, la distància entre la torre i el punt d'estació és prou gran com per haver de contemplar un cert marge d'error. Aquest valor és fàcil d'avaluar identificant, sobre el model 3D, punts que conceptualment han de tenir la mateixa cota. Fent un escombratge de punts en aquesta situació, es constata que el marge d'error se situa entre 1 i 5mm. Un marge que tant pot ser degut a la captura taquimètrica com a la mateixa construcció, com a altres causes com podria ser l'erosió. En tot cas, en el context de l'anàlisi, es tracta d'un error totalment assumible. Així doncs, per tal de poder deduir quines són les lleis geomètriques que regeixen la construcció d'aquesta part, aquests petits errors han estat neutralitzats, forçant la forma als conceptes de

horitzontalitat i perpendicularitat lògics en el procés de construcció de cada element. A més, per tal de superar les dificultats de captura que genera la xarxa de seguretat, es treballa combinant els punts capturats, la geometria “corregida” i la fotografia frontal de cada element. A les imatges següents es mostra part del procés.



Il·lustració VI-10 Imatges del procés de treball en el modelat de la part de les lletres.

També, per tal de tenir referències de contrast, s’han verificat i posat a escala els dibuixos de Berenguer on es veuen clarament els alçats d’aquest tram¹¹². Ràpidament es constata, però, que les mesures que reflecteix el dibuix, són força diferents de les obtingudes a l’aixecament. Tot i això s’observen un seguit de concordances que són dignes de ser preses en consideració. És clar, per exemple, que, tant a l’amidament com en el dibuix de Berenguer, l’alçada de la pedra corresponent a cada lletra no és mai constant i varia d’una a la següent. Tant al dibuix com a la realitat, sembla que entre aquestes pedres hi ha una relació incremental que es manté constant. Calculant la mitjana ponderada entre l’alçada d’un element i la del seu immediat superior, s’estima un increment del 7%. Coeficient que s’ha adoptat en una primera temptativa de fer el model 3D.

E	x	c	e	l	s	i	s
1,785 m	1,057 m	0,987 m	0,922 m	0,828 m	0,755 m	0,755 m	0,706 m
1,7 m	1,14 m	1,09 m	0,96 m	0,98 m	0,92 m	0,87 m	0,75 m

Un cop definides les alçades, s’ha situat cada un dels blocs (encara ortogonals), col·locant l’aresta davantera inferior sobre la línia teòrica de les arestes de la piràmide i, per tant, mantenint així el pendent constant. Amb aquestes dades, i acceptant cert marge d’error, es passa a modelar el conjunt i s’avalua el resultat col·locant-hi a sobre la pauta que regula la torre, des de la cota 0.00, i que té una modulació de 0,21 cm.

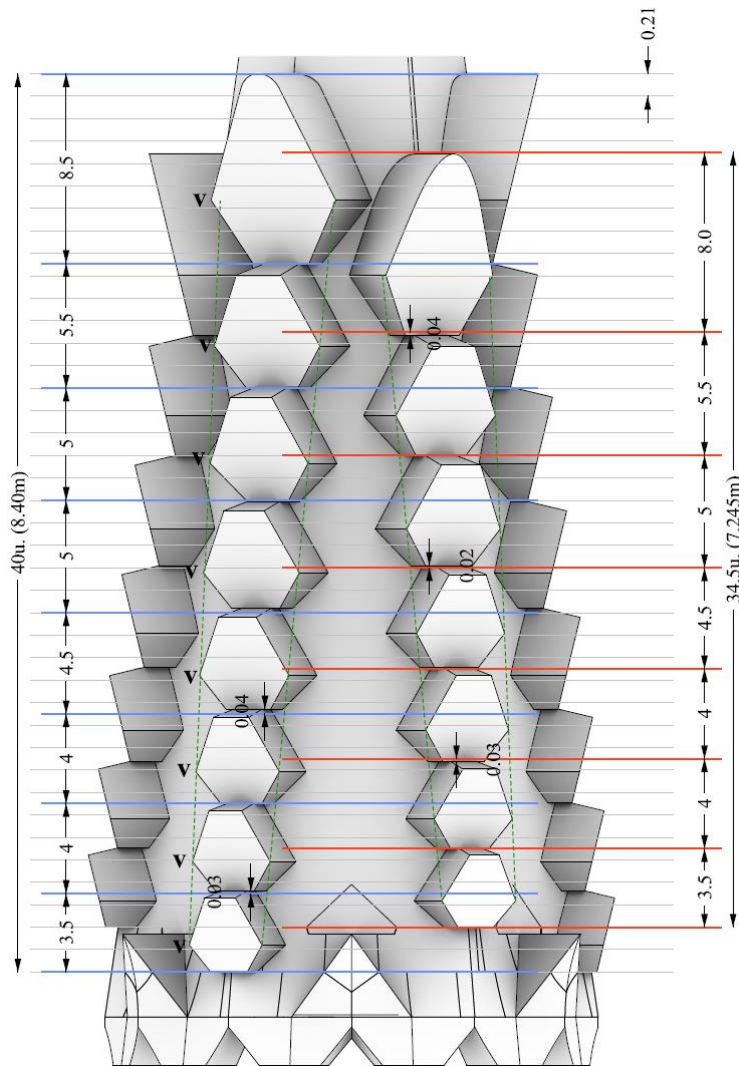
¹¹² Aquesta comparativa prové del capítol anterior V.2

Amb la pauta sobre l'alçat definit s'observen moltes coincidències. En la majoria de casos, les discordances amb la pauta són mínimes. Prenent el valor de 21 cm com a unitat, és fàcil fer ajustar tots els blocs perquè encaixin amb la malla. A la següent, imatge s'han marcat en vermell les horitzontals que defineixen les alçades de les lletres "Hosanna" i, en blau, les lletres "Excelsis" sobre la base tabulada. S'assenyalen també els punts on la diferència entre el model generat i la pauta és major (4cm). Tot i ser un valor considerable ho és menys si es té en compte la grandària de les peces i sobretot la dificultat per prendre mesures amb exactitud.

Finalment es recompon el model amb el criteri de proporcions establert i fixant, com a paràmetre, l'angle amb la vertical de la cara que conté la lletra (24%) i fent coincidir tots els vèrtexs v sobre una línia teòrica(discontínua verda), que al nostre entendre és la que corregeix la mida de les lletres en funció de l'alçada per tal d'ajustar-ne la fuga vertical.

Arribats a aquest punt ha quedat descrita la geometria sobre la qual es recolza la solució constructiva. Continuant amb l'esquema de treballar per filades horitzontals el procés serà molt senzill:

En la següent imatge (làmina VI.3_1) es marquen en vermell les horitzontals que defineixen les alçades de les lletres Hosanna i en blau les lletres Excelsis sobre la base tabulada. Es marquen també els punts on la diferència entre el primer model generat i el patró base és més gran (4cm). Tot i que el valor és considerable cal tenir present el tamany de cada peça i sobretot la dificultat per prendre amb exactitud la mesura.



Il·lustració VI-3 Imatge estreta de la làmina VI.3_1

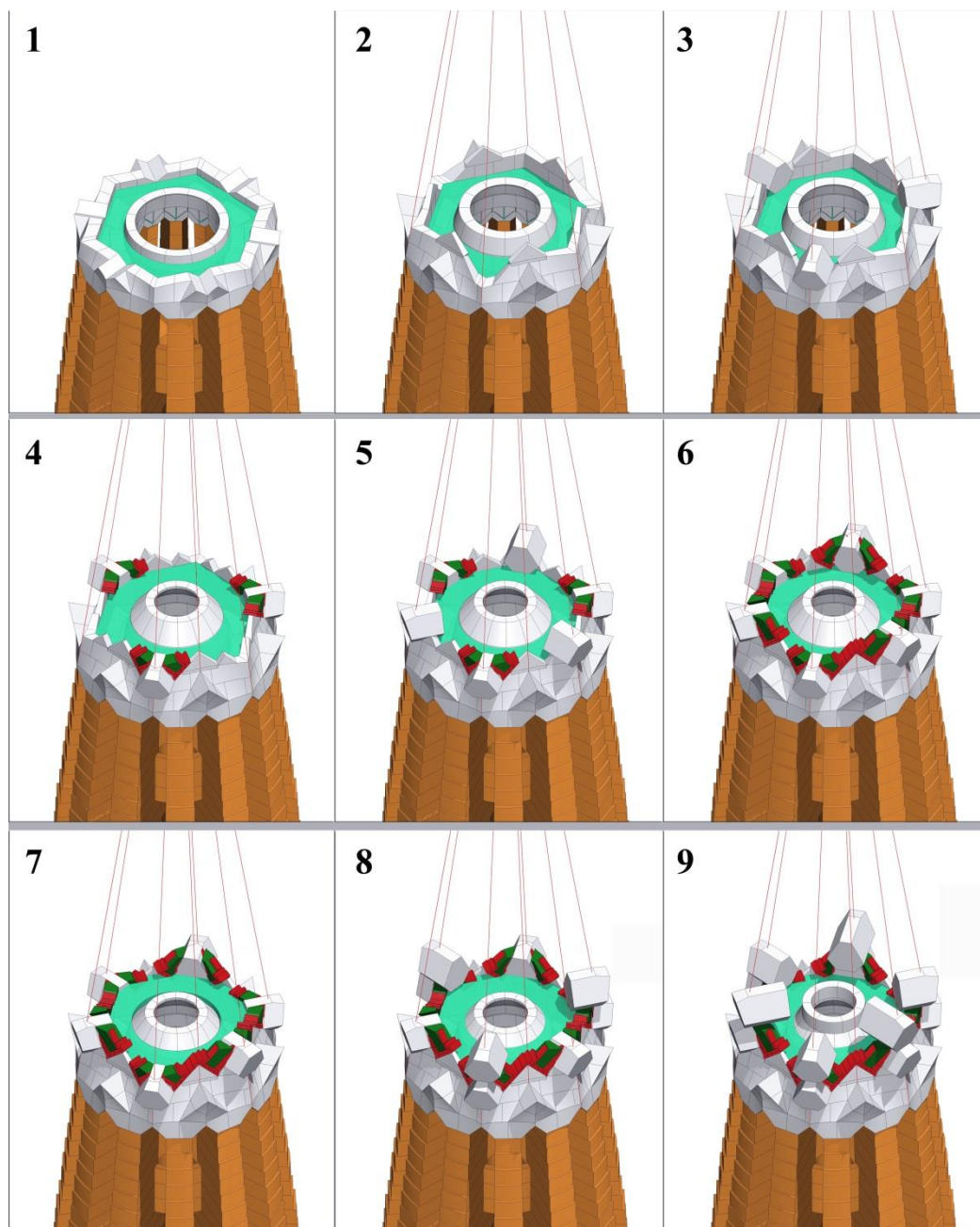
Com ja s'ha dit, totes les pedres corresponents a les paraules “Hosanna” i “Excelsis” s’han treballat a peu d’obra amb tots els recursos necessaris, fins i tot s’hi han incrustat les lletres i segurament s’hi han marcat els encastos on entregar l’obra ceràmica. De baix cap amunt, es van col·locant els elements petris elevats amb politges i perfectament alineats a les arestes de la piràmide teòrica per filades horitzontals. Les pedres que contenen les lletres són monolítiques en la majoria de casos, però també hi ha vegades que l’element es divideix en parts, sempre estudiades per fer que l’encaix entre una part i l’altra de la mateixa lletra faci trava. En el model generat els elements no s’han dividit a excepció de la E del mot “Excelsis”, a la qual se li ha fet un tall, considerant que és l’única que travessa la secció; supòsit que corrobora el fet que coincideixen les mides de la part modelada exterior i les mides preses in situ, des de l’interior, sobre l’element que conté la inscripció a què s’ha fet referència en el capítol anterior: “*Laus Deo / m J / sBernabé A / 1918*”.



1. Per cada filada horitzontal de pedra, es fa el reomplert amb el maó massís de pedra a pedra i amb la inclinació descrita anteriorment. El treball amb peces petites com els maons facilita molt la tasca d'anar obtenint la geometria desitjada.
2. De la mateixa manera que per la cara exterior, es van col·locant, filada a filada, les peces que, per la cara interior, formen la xemeneia central. En aquest cas, les filades són de 42 cm i les pedres venen ja tallades amb la forma requerida.
3. Un cop completades i anivellades les dues cares, exterior i interior, la part central es massissa amb formigó¹¹³. Per les mostres analitzades, sembla ser que, en aquesta part corresponent al nucli central, el formigó podria anar acompanyat de materials més lleugers, com ara trossos de ceràmica. A més d'alleugerir el conjunt aquests trossos rebaixarien l'efecte de la retracció del formigó.

A la següent imatge, una seqüència de vinyetes explica les fases d'aquest procés constructiu. S'hi diferencien els elements petris, en color blanc, dels elements ceràmics en vermell i del formigó de reomplert de la part central, tractat amb color verd.

¹¹³ (Grima López) pag. 38



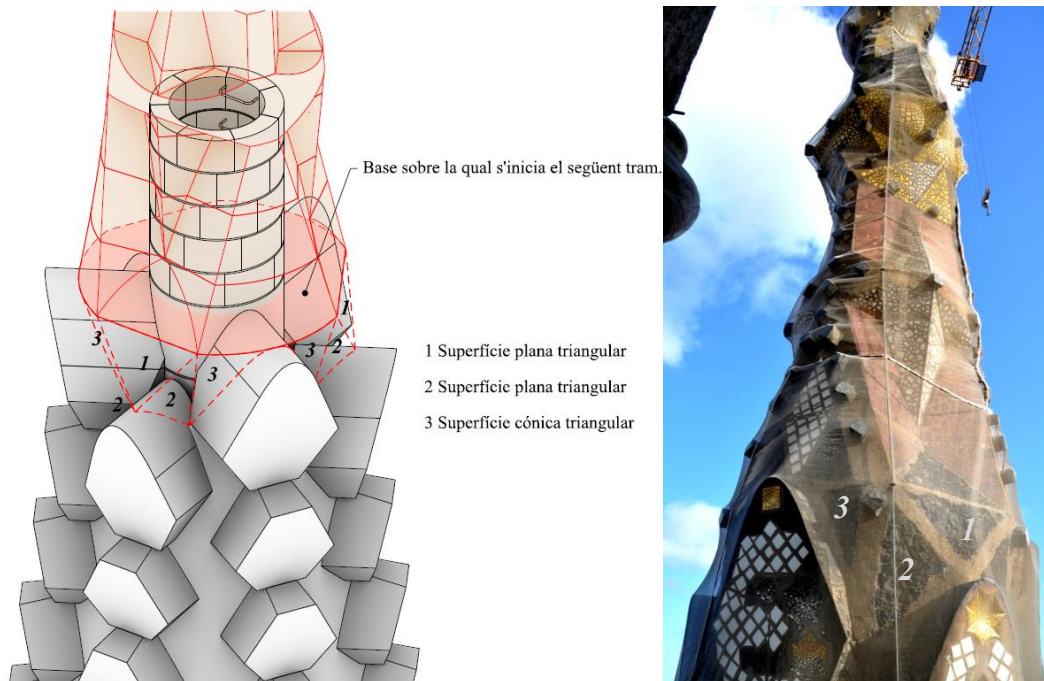
Il·lustració VI-11 Seqüència del procés constructiu per iniciar les lletres Hosanna i Excelsis

Acabat el tram de les lletres i just per sobre de la cota de la “E” d’Excelsis, comença un nou tram amb característiques força diferents. La transició entre les lletres i aquest nou tram es resol, per la cara exterior, mitjançant un seguit de peces prefabricades planes, amb cares triangulars. La mida d’aquestes cares s’adapta a la geometria final de l’obra. La continuïtat amb la peça immediatament superior s’aconsegueix més pels elements decoratius que no pas per la geometria per ella mateixa. El recurs que s’utilitza per resoldre l’entrega és el de fer una transició entre la secció final del tram anterior i la secció desitjada per arrencar el fust, per mitjà de triangulacions. Triangulant, doncs, Gaudí molt similar a l’actual sistema de modelitzat anomenat per malla, on es pren qualsevol superfície per complexa que sigui i es triangula obtenint una simplificació de l’original però amb una base geomètrica similar. Aquí Gaudí, passa de l’entrega superior amb una

geometria clara i neta a l'entrega per sobre dels elements petris intentant farcir el perímetre amb el menor nombre de cares possible.



La construcció es resol amb un encofrat in situ, utilitzant la pedra negra de basalt com a encofrat perdut i després dissimulant les juntures amb morter, tècnica molt habitual en Gaudí.



Il·lustració VI-12 Situació de les pedres planes triangulars a la fotografia i en el model tridimensional.

VI.3.1.2 LÀMINES VI.3

VI.3.2 *El fust (segon tram)*

VI.3.2.1 *Pell exterior del fust*



Acabat el tram de les lletres, en comença un de nou amb una geometria molt clara i un sistema constructiu diferent. La construcció d'aquest nou tram es va demorar uns quants anys a causa d'un llarg retard en l'arribada dels mosaics d'acabat que calia incorporar a les peces. És a partir d'aquest punt, que Gaudí va dedicar més temps a fer assaigs amb solucions diferents.¹¹⁴ Cal recordar que la maqueta de París de 1910 ja estava definida amb les paraules "Hosanna" i "Excelsis", però que, per sobre d'aquest tram, el pinacle encara havia d'evolucionar molt.

A grans trets el pinacle continua creixent en alçada i disminuint la seva secció, amb un contorn aparent que s'aproxima al d'un con. Tot i que, fins al moment, la torre va pujant amb una certa continuïtat que si bé va canviant ho fa sense interrupcions formals, en aquest punt es produeix un trencament pel que fa als tractaments, sobretot color i acabats, i també a la manera de donar resposta volumètrica al conjunt; un punt, aquest últim, que caldria vincular al canvi de sistema constructiu. Aquesta peça, que s'ha denominat com a segon tram del fust del pinacle, es pot dividir en tres parts: l'anella central i les parts superior i inferior a aquesta anella.

En l'anàlisi de la peça es treballa sobre diferents dades, a més del model generat:

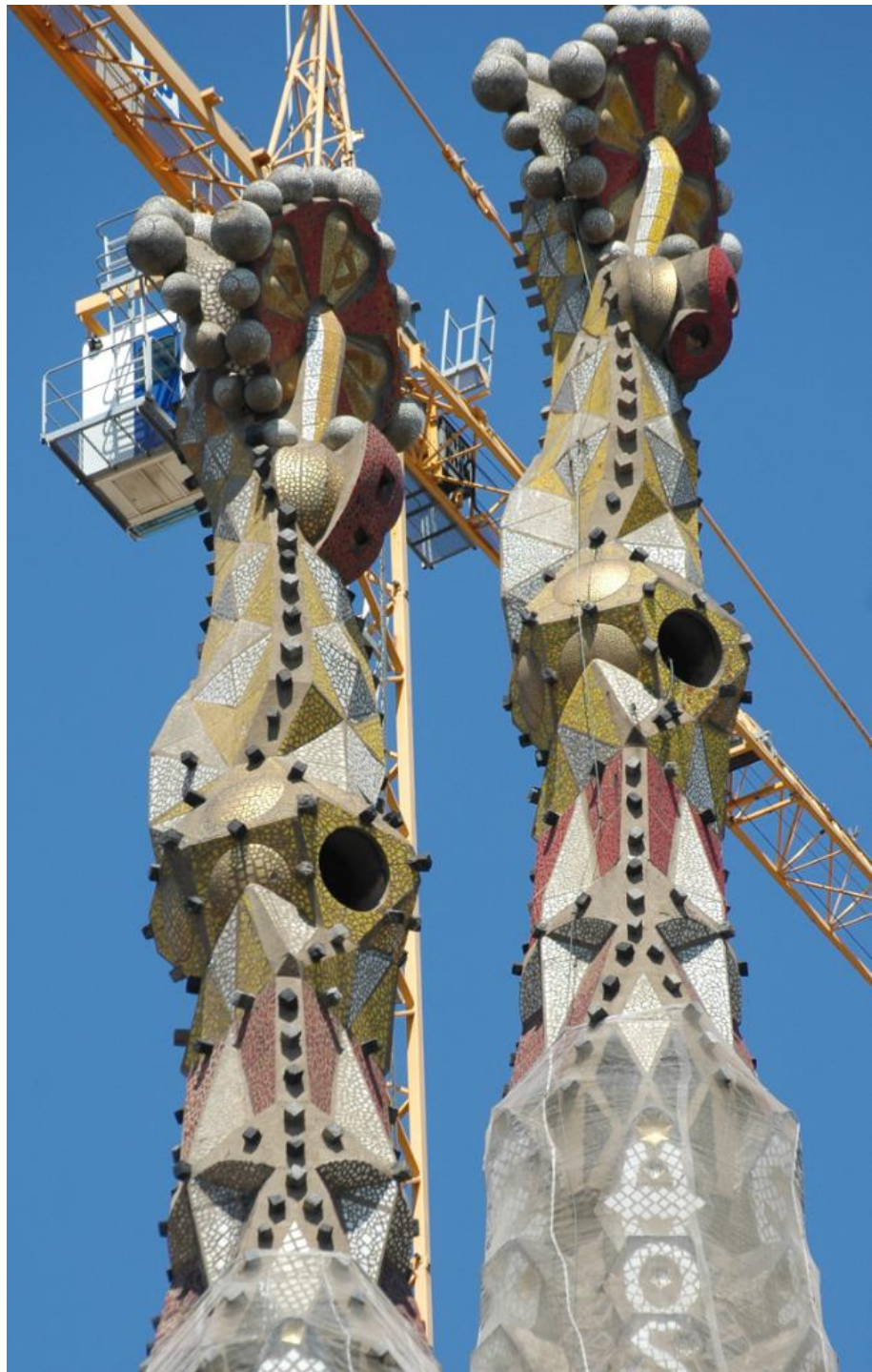
- a) fotografies;
- b) els dibuixos de Berenguer;
- c) un núvol de punts preexistent¹¹⁵.

En l'anàlisi de la peça es treballa sobre diferents dades, a més del model generat:

- a) Anàlisi de les fotografies de la realitat i de la maqueta.

¹¹⁴ Estudi de maquetes previes pag. 139 d'aquesta tesi

¹¹⁵ El núvol de punts prové de l'article (Modeling Sant Bernabé pinnacle of the Sagrada Familia (Barcelona, Spain), 2007) que els seus redactors ens han cedit per fer les pertinents comprovacions.

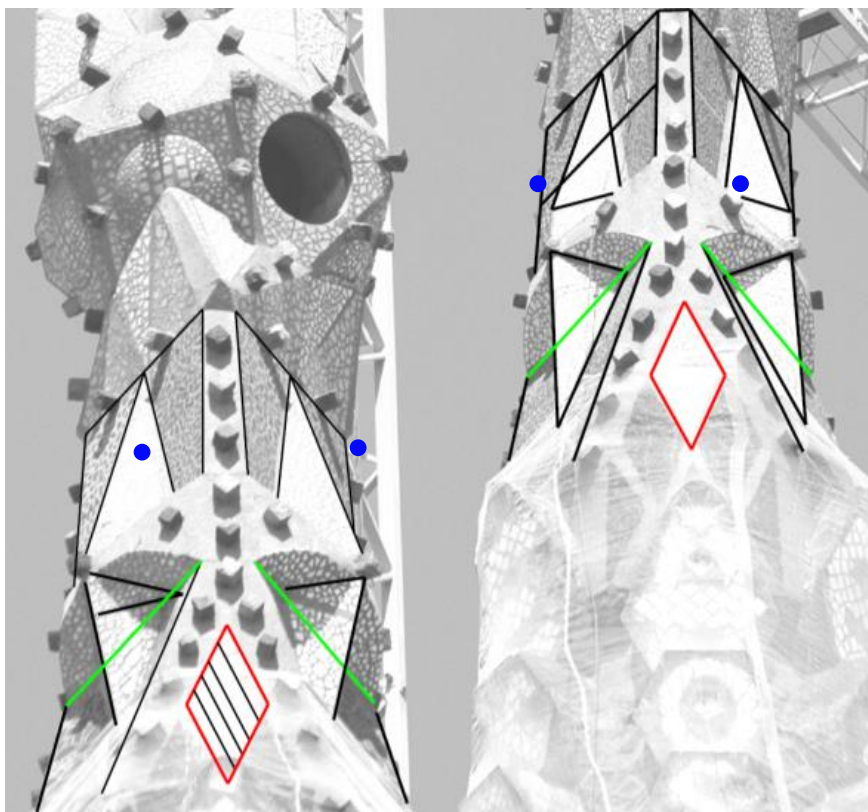


Il·lustració VI-13 Fotografia del darrer tram de pinacle de les torres de Sant Bernabé i Sant Simó presa el juny de 2009 des de el carrer

A la fotografia es poden veure els acabaments dels campanars dedicats a Sant Bernabé i a Sant Matías. Centrant-se en el tram a analitzar, es poden observar algunes qüestions a considerar:

Resseguint línies sobre les fotografies (imatge següent), es constata que les que s'han traçat amb color negre són rectes. No és tan clara, en canvi, la geometria de les línies traçades amb verd. La lògica constructiva sembla indicar que, en cada cas, haurien de correspondre a segments d'una mateixa línia, però a la fotografia

no ho sembla, si més no amb la mateixa claredat que en el cas de les traçades amb negre.



Il·lustració VI-14 Anàlisi de la geometria sobre la fotografia.

A la fotografia, també es poden veure perfectament les juntures horitzontals i, per tant, es distingeixen clarament les peces que van formant el conjunt, en total: 6 alçades, 1 per a la corona central, dues per a la part superior i 3 per a la inferior.

Entre un pinacle i l'altre, les diferències són mínimes, però n'hi ha. Entre aquestes, cal destacar, perquè seran determinants a l'hora de prendre la decisió final en el procés de modelatge, les dues següents:

- Les posicions dels extrems del braç horitzontal de la creu (marcats amb punts blaus) no coincideixen en un i altre pinacle. Mentre a Sant Bernabé el extrems de la creu coincideixen amb el vèrtex del mosaic i amb el punt d'inflexió del contorn, a Sant Matías sembla que cadascú va pel seu cantó.
- La col·locació del trencadís de color blanc, del rombe situat a la part baixa (resseguit amb línies vermelles), tampoc és igual. Mentre que a Sant Bernabé el mosaic segueix una marcada linealitat, a Sant Matías la disposició és caòtica.

Poden semblar petits detalls, però són detalls que fan evident l'absència de Gaudí a l'hora d'acabar la torre de Sant Matías. Ell tenia ben clar el que feia; sabia el

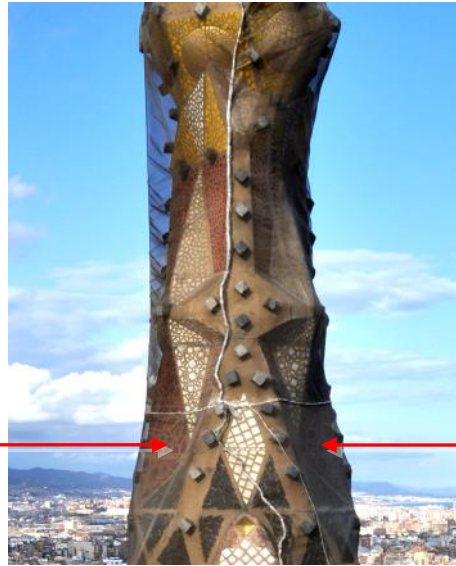
perquè de cada un dels seus trets formals. Però sembla que els continuadors tractaven d'imitar-lo, però no n'acabaven de comprendre les lògiques.



**Il·lustració VI-4 A l'esquerra pinacle dedicat a Sant Bernabé,
a la dreta Pinacle dedicat a Sant Maties,
s'hi poden comparar les diferències en la col·locació del mosaic.**

Retornant a la segona de les diferències observades, El traçat que marca en el trencadís de color blanc podria ser una indicació a generatrius d'una superfície reglada. Cal recordar aquí el que s'ha vist al capítol anterior, parlant de l'evolució del disseny dels pinacles. A les primeres versions, Gaudí projectava una corona metàl·lica en forma d'hiperboloide hiperbòlic que donava suport a tres querubins. No és descartable, doncs, que, malgrat els canvis introduïts i reduïda a petits fragments, la idea de l'hiperboloide no quedés descartada del tot. Efectivament, un hiperboloide hiperbòlic sembla una bona opció per fer la transició entre els vèrtexs arrodonits, de la secció triangular amb què s'inicia el tram, i l'anella central que formen els braços de les tres creus. Com s'ha comentat en algun altre punt, és habitual que Gaudí deixi constància de la geometria que regeix les seves formes. Una col·locació tan intencionada de les peces del mosaic que omple aquests quadrilàters, repetida en els tres casos, no sembla ni casualitat ni frivolitat. D'entrada, donades les dimensions del quadrilàter, les rectes que dibuixa el mosaic poden fer pensar en un paraboloides. Però sembla que Gaudí té interès a evitar confusions. D'una banda, indica que es tracta d'una reglada de doble generació, descartant per tant la hipòtesi que es tracti d'un con. Però té molt d'interès a marcar la diagonal horitzontal del quadrilàter, en el que sembla una referència clara a les seccions circulars de l'hiperboloide hiperbòlic. Es conclou, doncs, que, en aquest punt, el model 3D seguirà les indicacions de l'arquitecte, resolent aquesta superfície per mitjà d'un hiperboloide hiperbòlic.

Continuant l'anàlisi, i centrant-lo ara en l'aresta que s'ha resseguit amb una línia verda a la (Il·lustració VI-14), noves fotografies preses des d'altres angles corroboren la seva rectitud i portaran a concloure que les cares revestides amb mosaic de color vermellós són porcions de paraboloides hiperbòlics.

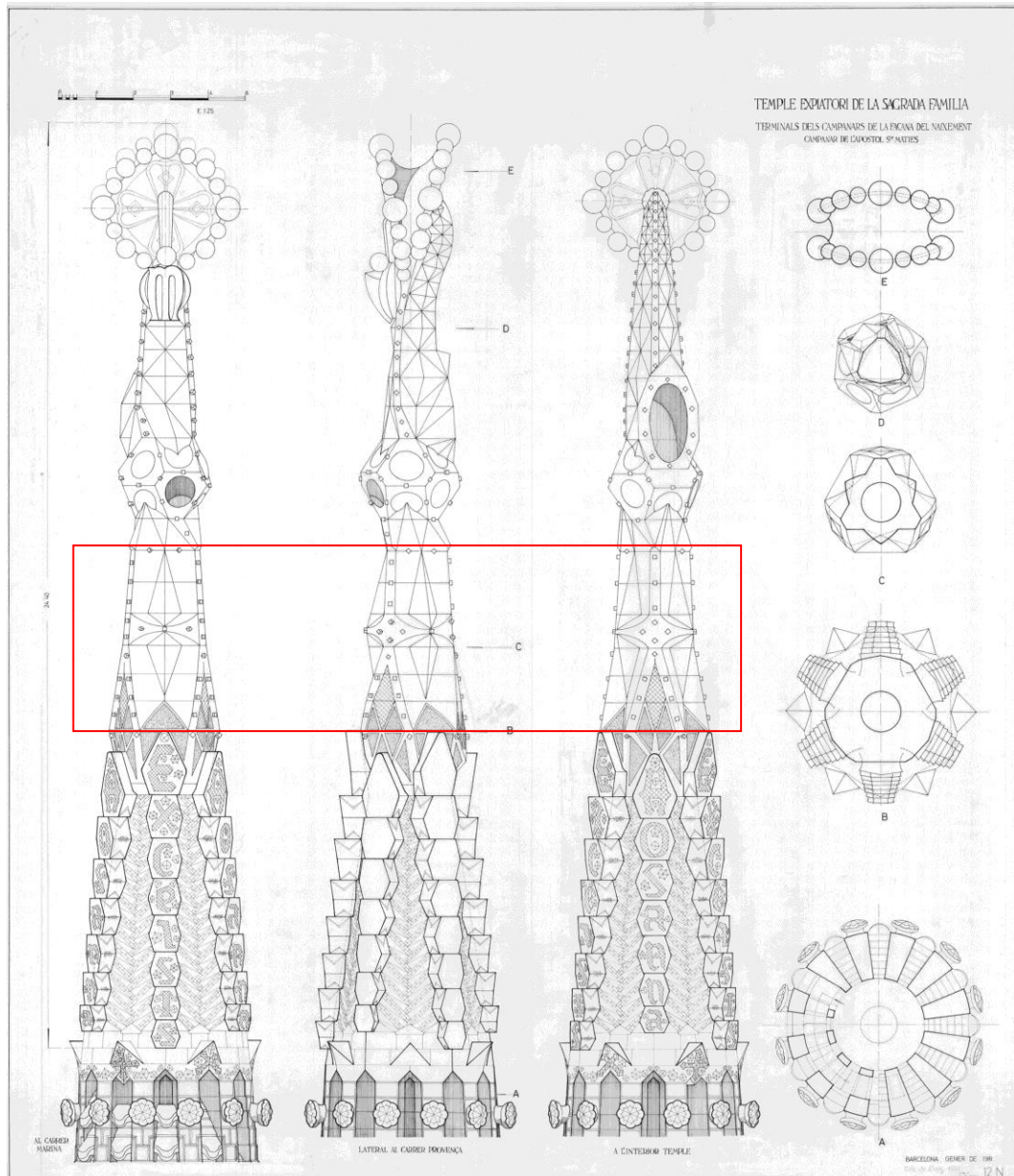


Il·lustració VI-15 Fotografia del pinacle on es veu el trencadís seguint la direcció de les generatrius de la superfície que el conté.



Il·lustració VI-16 Imatges resum del conjunt analitzat.

b) Dibuixos de Berenguer, pinacle dedicat a Sant Maties:

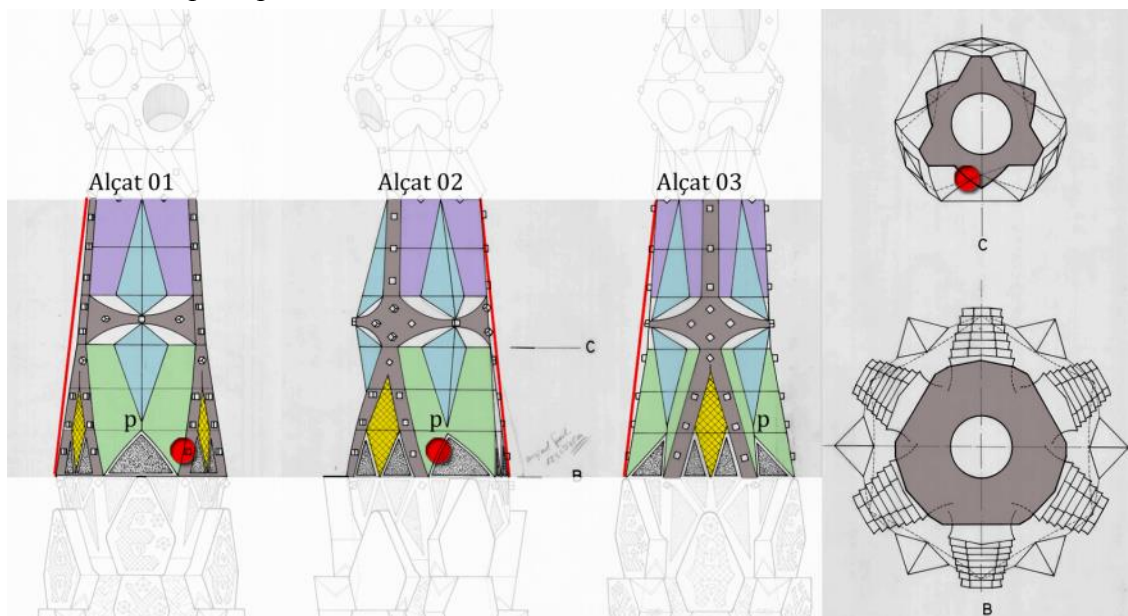


La làmina aquí exposada és un calc, realitzat l'any 1981, d'un original dibuixat per Berenguer l'any 1952. El pinacle representat és el dedicat a Sant Maties. Tot i algunes imprecisions, la làmina té un traçat molt rigorós i evidencia un bon coneixement de les lleis de generació de les superfícies i formes que van component l'element. A la imatge següent s'han acolorit algunes parts especialment interessants en l'anàlisi de la geometria que genera la forma.

Berenguer o l'autor del calc donen curvatura a les línies que són assenyalades amb un cercle vermell a la imatge següent (Il·lustració VI-17). Si aquestes curvatures són certes, necessàriament alguna de les superfícies que tenen intersecció en aquestes línies no pot ser plana.

Pel que fa al contorn general del tram, en els tres alçats es llegeix clarament que es produeix un canvi de direcció just a sota de la peça de l'anella central. Queda també molt clar que la forma estrellada, marcada amb blau cel, té les seves arestes

rectes en totes les projeccions. Per sota del vèrtex inferior d'aquesta forma estrellada (punt **p**), a la làmina hi apareix, de manera inequívoca, un petit segment de recta que indica clarament que la cara de color verd no està formada per una sola superfície sinó per dues. Tot indica que qui fa el dibuix té molt clar què és el que està representant i, per tant, dóna pistes molt valuoses de cara a la confecció del model que aquí es vol acabar de definir.



II·lustració VI-17 Alçats acolorits del tram analitzat

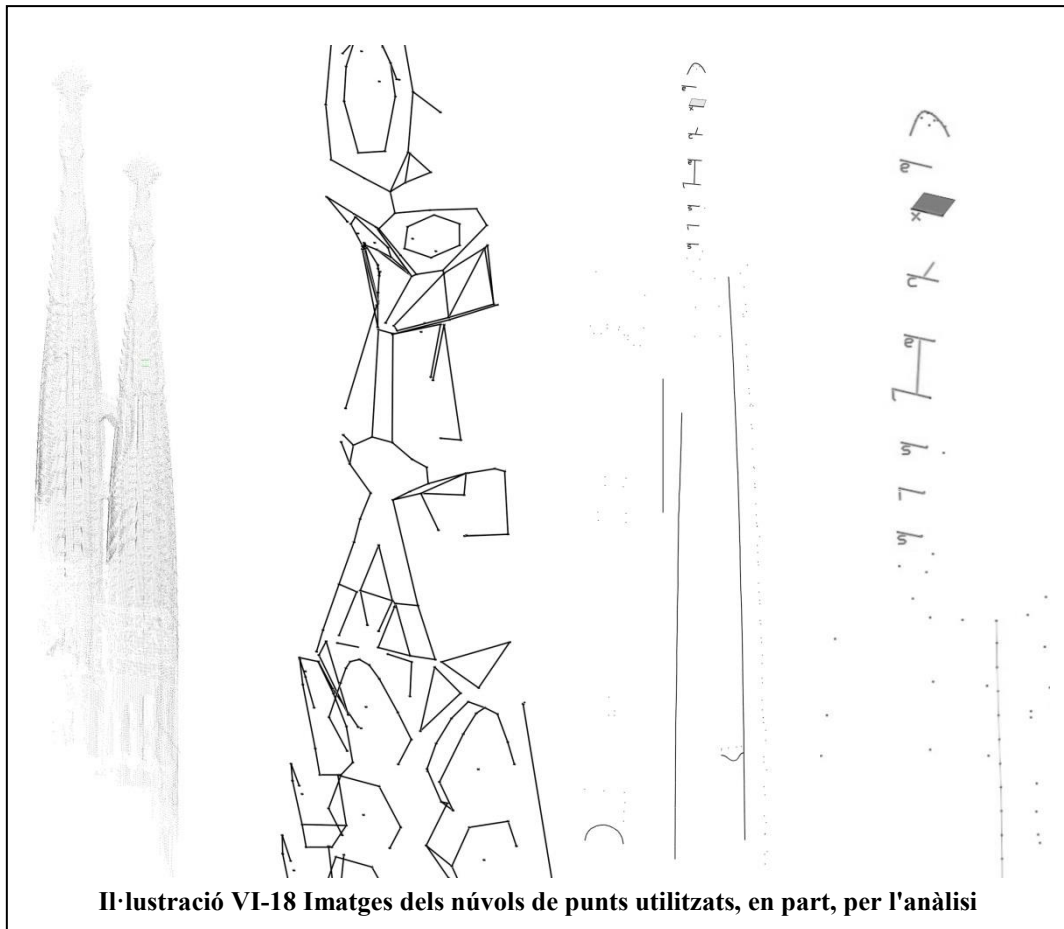
c) Núvol de punts:

Molta part de la torre dedicada a Sant Bernabé està embolcallada per una xarxa de seguretat. En els treballs d'aixecament expressament realitzats per a aquesta tesi s'ha fet una primera tria de punts, escollits per tal de facilitar la tasca de comprovació del modelatge. Així, per exemple, s'han agafat dades de les arestes, establint com a criteri prendre sempre el punt superior de la pedra, o punts situats a la mateixa cota. Tot i això, en aquest procés el grau d'imprecisió pot arribar fàcilment a més d'1 cm, a causa de la distància de captura, o a petites vibracions de l'estació degudes a lleus moviments de la bastida, a la interferència de la xarxa de seguretat i, naturalment, a les toleràncies de la pròpia obra. Per tal de contrastar dades, s'examina el núvol de punts que fa una anys, quan encara no hi havia xarxa de protecció, es va extreure d'aquest mateix element.

S'hi reconeixen clarament les tres seccions horitzontals tipus -l'hexàgon a la part baixa, un cercle a la part intermèdia i un triangle equilàter a la part alta-, si bé és difícil determinar-ne la mesura. Els vèrtexs dels polígons queden escapçats o arrodonits; uns arrodoniments que corresponen a les superfícies cònica o hiperbòlica que es comentaran més endavant.

Si bé és cert que les dades de la captura amb són molt precises, també és cert que aquesta tècnica fa impossible capturar la geometria amb precisió, ateses les

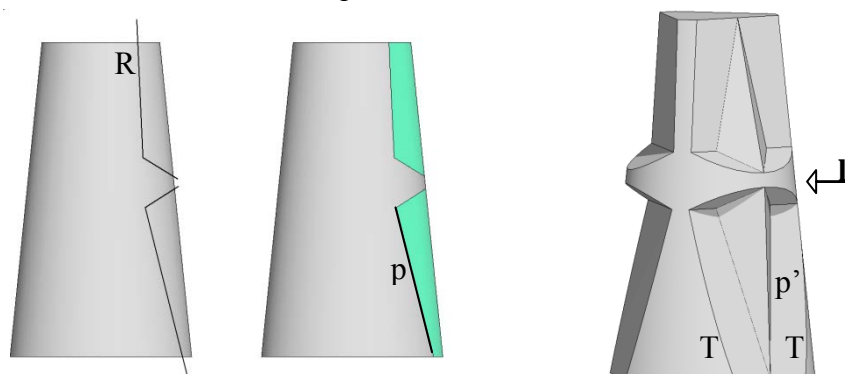
toleràncies pròpies del ram de la construcció. Tot plegat, fa que, del núvol de punts fins al model hi hagi pel mig un laboriós procés d'anàlisi i regularització geomètrica. Cal fer notar com n'és d'important conèixer de prop el procés seguit per obtenir la informació del núvol de punts, i remarcar la necessitat de fer un estudi previ, per tal que la captura es faci d'una manera intel·ligent i intencionada, pensant en els requeriments del modelatge posterior. És molt difícil, sinó impossible, partir d'un núvol de punts generat de manera automàtica, sense establir abans un mínim de criteris que acotin el tema. En aquest sentit, resulta molt més útil el reduït nombre de punts capturats en l'aixecament taquimètric intencionadament fet per al present treball que l'exhaustiu núvol de punts examinat.



Ajuntant i contrastant les dades obtingudes per les tres vies detallades, es pot concloure que: es perceben clarament unes junctures horitzontals que determinen sis parts d'uns 80 cm d'alt i que es corresponen amb les línies horitzontals dels dibuixos de Berenguer. Les divisions coincideixen també amb alguns dels punts buscats de manera intencionada en el procés de l'escanejat preexistent. Segons el núvol de punts obtingut per l'equip del professor Regot, l'altura total del tram estaria entre els 4,78 i els 4,85 m. Mesurant a escala sobre el dibuix de Berenguer, aquesta mida se situa en 4,79 m, i s'observa que les junctures no hi queden equidistants, és a dir, que les sis parts no són ben bé iguals. Aquests 80 cm d'alçada mitjana de cada part s'aproximen molt al doble del mòdul de 42 cm que es ve portant des de la cota 0,00. De fet, en l'aixecament realitzat per la banda de

l'interior¹¹⁶ d'aquest tram, en el primer sector es comprova que hi ha 5 filades de bloc de pedra de 42 cm, amb un total 2,08 m. A partir d'aquí, ja no hi ha més filades de pedra, i la xemeneia es construeix directament amb formigó i encofrat de fusta. Considerant els 42cm com a mòdul, el seu múltiple que més s'apropa a 4,80m és el 12^è, que correspon a 5,04 m. Una mesura teòrica que, considerant que la mida total del pinacle és de 25metres, vindria a corroborar que aquest tram n'és una cinquena part. Malgrat la diferència amb la mesura, la hipòtesi no és del tot descartable, ja que l'abandonament de les filades de pedra, en el tram final, per passar a una tècnica de material continu, juntament amb la complexitat formal que comporten els repetits canvis de secció i les subsegüents solucions de transició poden explicar aquests 20 cm de desviació entre la mesura teòrica i la real.

Passant ja a plantejar el modelatge d'aquest tram, cal situar-se a la secció amb què acabava el tram de les lletres. Es consideren tres seccions clarament definides i identificables: l'hexàgon a la base, el cercle de l'anella central i finalment el triangle equilàter a la cara superior. A grans trets, i així queda reflectit en més d'un article, la peça podria correspondre a un con al qual se li practiquen dues seccions planes (línies R en les imatges següents). Un procés que cal repetir fins a tres vegades, una per a cada costat del triangle de la secció final, i que dóna un resultat que s'acosta molt a la forma que es vol modelar.

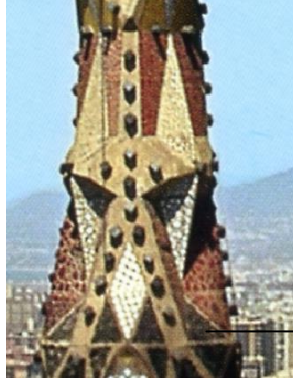


Però observant les fotografies i els dibuixos de Berenguer es poden veure tres punts clars a discutir:

1. A la realitat, el contorn aparent **I**, no és una línia recta. Per tant, com a mínim, el volum no pot correspondre a un sol con.
2. El tall a la part baixa dóna dues corbes **T**, que són arcs de l'el·lipse resultant de la secció. Aquesta és la solució que Berenguer dibuixa a la seva làmina. Però a l'observació real o sobre les fotografies, aquestes línies aparenten ser rectes. Davant del dubte s'opta per assajar una solució alternativa, forçant que siguin rectes, i comparar els resultats.
3. El pla **p**, projectant a l'alçat i resultant del tall a la part baixa, definiria una cara plana, però els dibuixos de Berenguer deixen clar que no es tracta d'una cara sinó de dues. Un detall que es veu bé a les fotografies

¹¹⁶ Veure la pag 205 d'aquest mateix capítol.

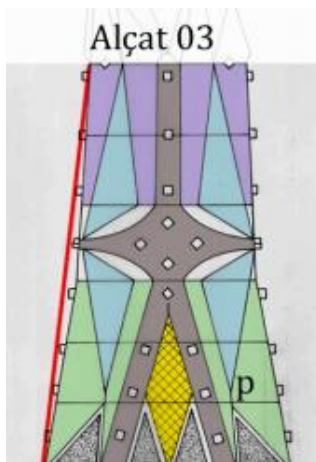
analitzades abans i que justifica la presència de l'element triangular de la part baixa.



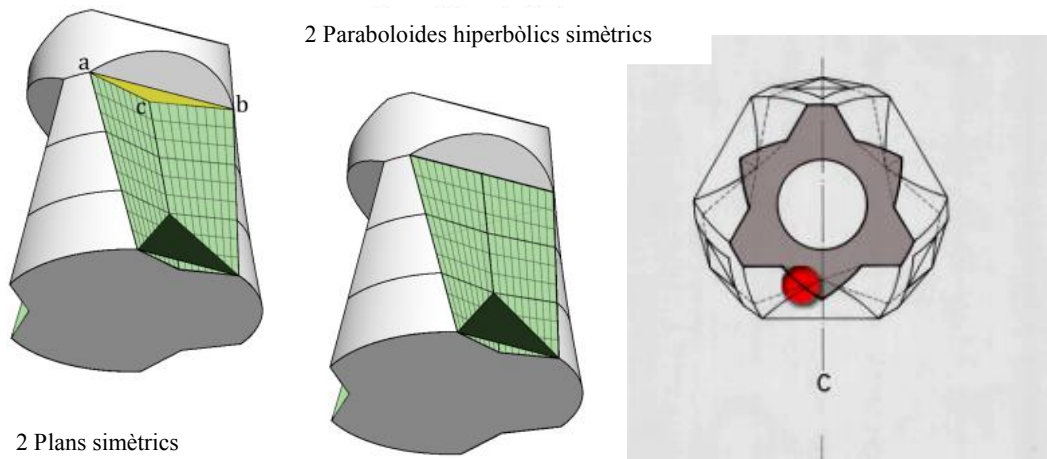
Pla triangular

Per poder discutir aquests punts és modelen doncs les dues possibles solucions alternatives.

1. Construcció de la peça des d'un con inicial. Partint del volum d'un con, se li apliquen les seccions ja comentades.
2. Construcció de la peça a partir d'un hiperboloide. Considerant un hiperboloide de seccions extremes iguals a les del con anterior, i utilitzant l'esmentada recta de tall "T" com a generatriu, per aplicar-li els mateixos talls.



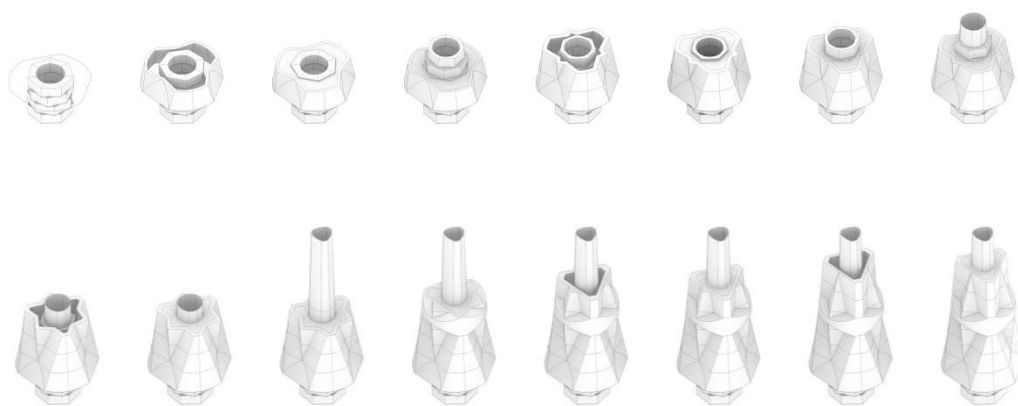
Fets els models corresponents, es constata que, pel que fa a la part baixa, ambdues opcions poden ser vàlides. Ja s'ha comentat, però, el detall del mosaic en què sembla que Gaudí estigui indicant que es tracta d'un hiperboloide. D'altra banda, s'ha de descartar la possibilitat que es tracti d'un con únic que vagi de banda a banda de l'anella central. Tant la percepció visual com la línia de contorn del dibuix de Berenguer mostren clarament la impossibilitat d'aquesta opció. A favor que sigui un con només hi ha el fet que Berenguer vagi dibuixar les línies "T" com a arcs d'el·lipse. Però fins i tot aquesta possibilitat seria plenament compatible amb l'hiperboloide, atès que, com és sabut, l'hiperboloide és una superfície de con director i, per tant, les seves seccions planes són del mateix tipus que les del con, és a dir, còniques. Amb tot, per una qüestió de pragmatisme constructiu, sembla raonable, simplificar el procés i buscar un hiperboloide definit de manera que les línies que venim denominant com a "T" siguin generatius de la superfície.



2 Paraboloides hiperbòlics simètrics

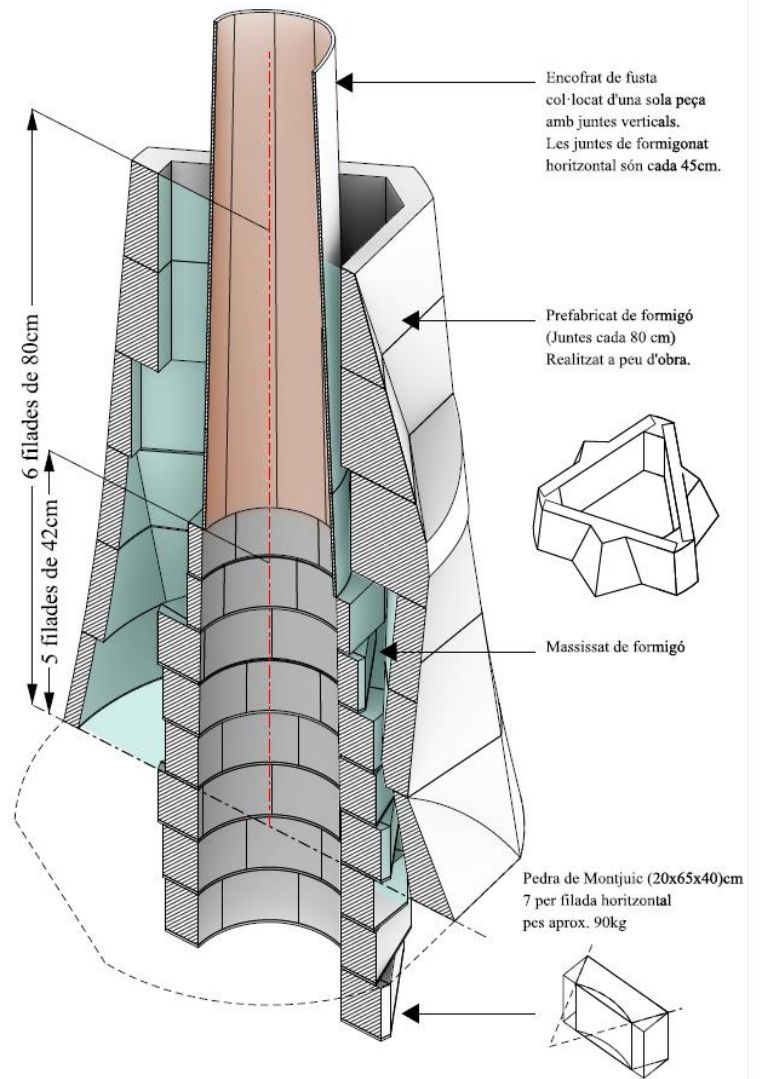
2 Plans simètrics

Queda per discutir el tractament de les cares intermèdies, revestides amb mosaic vermellós, que omplen l'espai entre les dues línies "T". Com s'ha vist, Berenguer hi marca, inequívocament, una aresta que biparteix la superfície en dues cares. Pot pensar-se que es tracta de 2 plans simètrics. Però aquesta hipòtesi contradiu el mateix dibuix de Berenguer, les fotografies i l'observació directa, en el sentit que, per sota de l'anella, hi ha una recta i no dues, com seria el cas si es tractés de dues cares planes. D'altra banda, tant a la realitat com en el dibuix de Berenguer, queda clar que els costats del triangle de la part baixa, entre els dos arcs de la base de l'hiperboloide, tenen curvatura; cosa també incompatible amb la intersecció de dos plans. Tot fa pensar, doncs, que es tracta de dues reglades simètriques. Genèricament, podríem parlar de dos conoides, per bé que es tractaria del cas particular del conoide en què la directriu corba és també recta. Es tracta doncs de paraboloides hiperbòlics.



Il·lustració VI-19 Seqüència del procés de muntatge d'aquest tram.

Fet el model, la següent axonometria seccionada mostra les diferents parts que formen aquest tram¹¹⁸. Es pot afirmar que la pell exterior i la pell interior coincideixen plenament amb la interpretació feta, a partir de les dades examinades. Òbviament, les cares interiors dels elements, en la seva funció d'encofrat perdut, responen únicament a suposicions que es basen exclusivament en criteris de lògica geomètrica i constructiva.



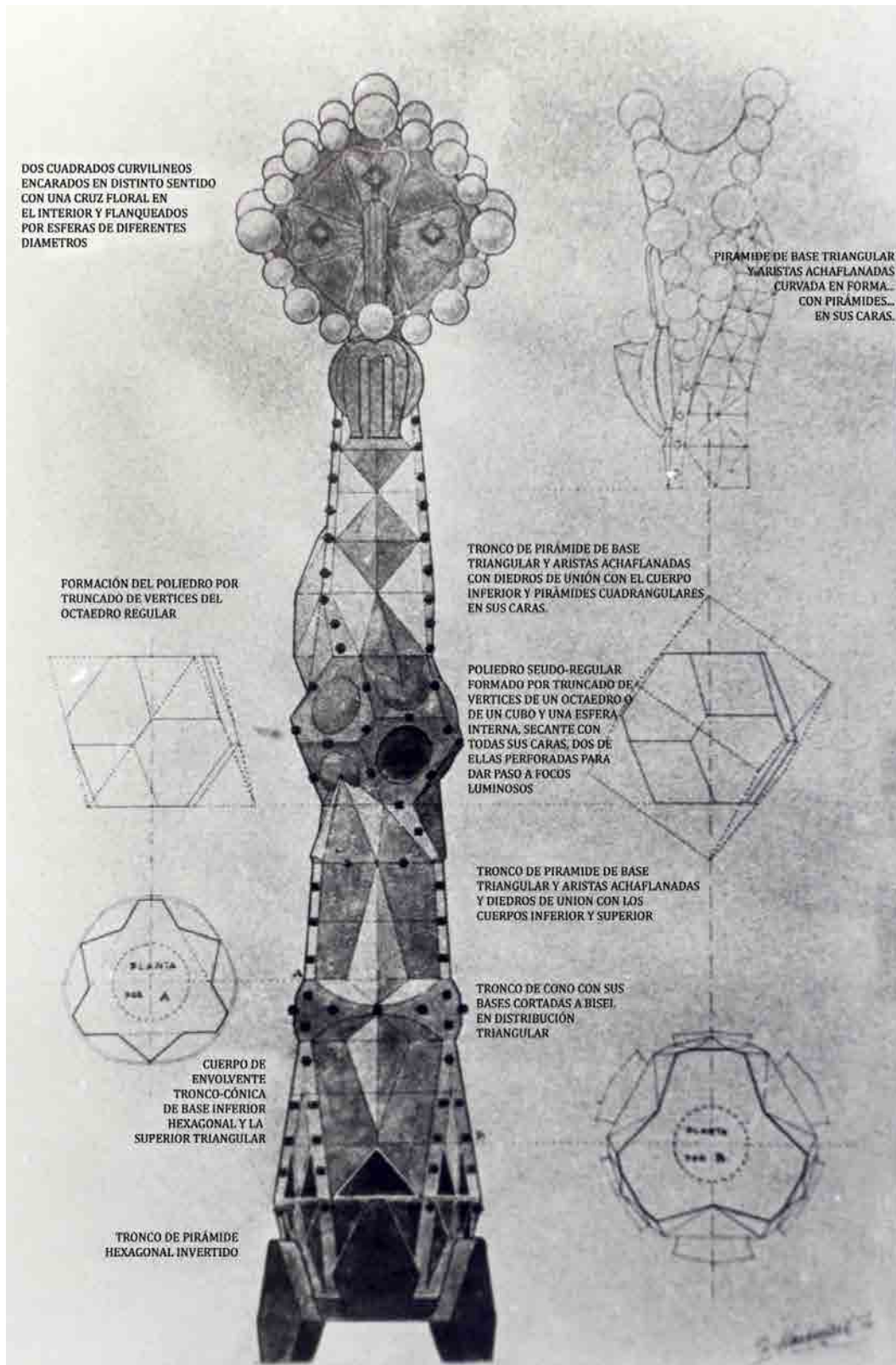
Làmina VI.1.4_02, Secció constructiva del tram de tronc de sota la macla

VI.3.2.2 LÀMINES VI.04

Làmina VI.4_01 Descripció dièdrica sota de la macla.

Làmina VI.4_02 Descripció dièdrica sota de la macla.

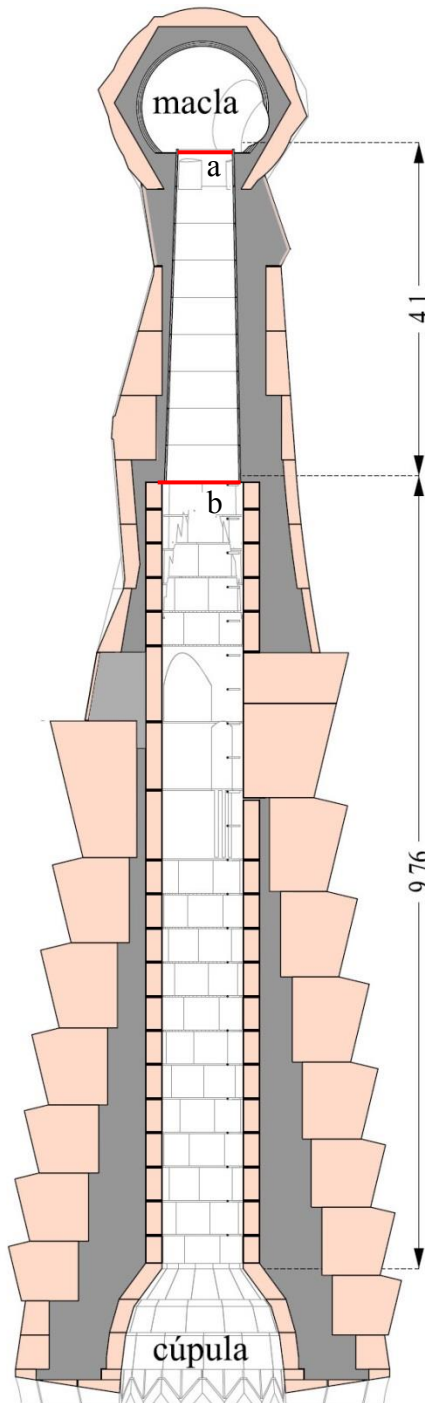
¹¹⁸ En el dibuix no hi apareix l'estructura metàl·lica que suposadament va entre les dues pells, l'exterior i l'interior.



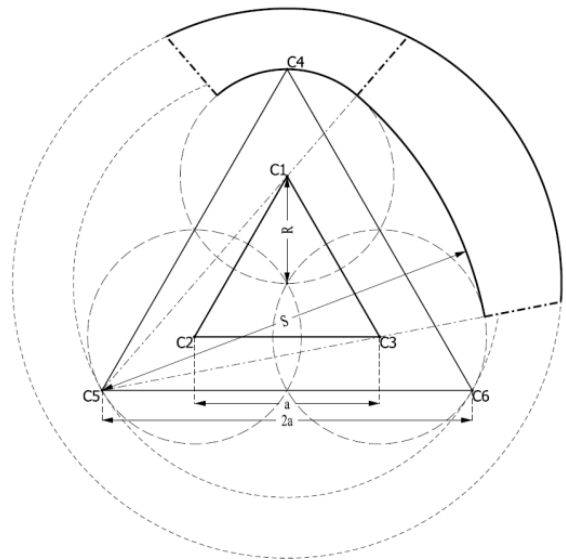
Il·lustració VI-20 Fotocòpia de l'arxiu Bassegoda. Hi apareix el pinacle dedicat a Sant Maties acolorit i amb anotacions dels tipus de elements que formen cada part.

VI.3.2.3 *Pell interior del fust*

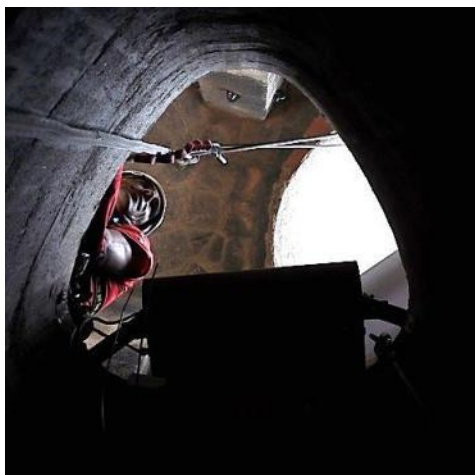
Per la part interior, a partir de la cúpula que tanca el sostre de l'últim forjat accessible, la xemeneia puja, durant 9,76 m, en forma de cilindre. A partir d'aquesta cota, comença la part de formigó encofrat per dins¹¹⁹, amb una longitud de 4,10m, iniciant la transició per passar de la secció circular (b) fins a la secció "triangular" (a), que coincideix amb la sortida a la macla i que s'explica a el següent apartat.



Aquesta secció, que es ve denominant "triangular", en realitat està definida per una successió d'arcs que es recolzen en un triangle equilàter. El seu traçat és fàcil de comprendre observant l'esquema adjunt. Partint d'un triangle equilàter, C1-C2-C3, es tracen tres cercles amb centre en els vèrtex del triangle i radi la distància del vèrtex fins al centre del triangle [R]. Els arcs grans, tangents als cercle anteriors, es tracen amb centre en el vèrtex del triangle exterior C4-C5-C6 i radi [S], que és la distància fins el punt de tangència del dos cercles. Amb aquesta secció és genera la plantilla que es fa servir per definir el forat de sortida a la macla.



¹¹⁹ Comprovat in situ en una visita realitzada a la Sagrada Família el dia 5/06/2013



Traçat geomètric de la secció just abans de sortir a la macla

Internament es poden llegir les juntures que marca l'encofrat, predominant el junt horitzontal. En total s'observen nou filades d'encofrat. Tot fa pensar que el procés constructiu es desenvolupa per filades, amb un encofrat interior, resolt possiblement amb fusta i un encofrat exterior resolt amb peces prefabricades que arriben a la seva posició amb l'acabat exterior ja executat.

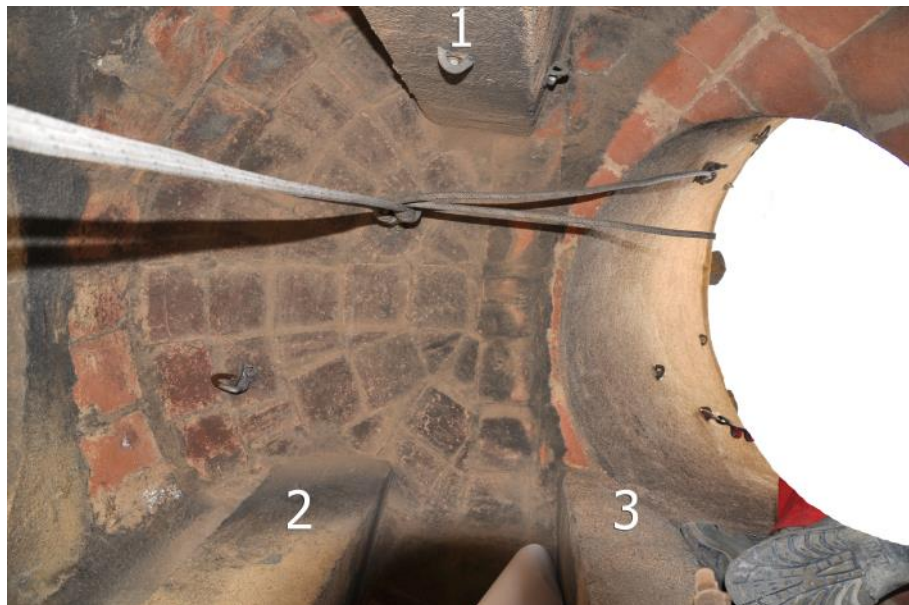
Les filades tenen una mida de 45.5cm (4,10m /9 filades); una mida que no coincideix amb la els 42 centímetres que es venien portant des de la cota 0.00. En aquest tram, el sistema constructiu canvia radicalment. Es deixa de treballar amb elements pesats i de trava, per donar pas a l'ús del formigó, encofrat per dins i amb peces prefabricades per fora.



**Il·lustració VI-21 Fotografia de l'últim tram de xemeneia fins la macla.
S'hi veuen les marques de l'encofrat.**

La culminació de la xemeneia interior es fa amb una cúpula esfèrica feta amb rajola de mida petita; una cúpula esfèrica de petites dimensions però construïda a 88 metres del terra. En aquest punt es produeix un autèntic joc d'equilibri de forces. Vist des de fora, pot semblar que els 8 metres de pinacle que encara

queden per sobre d'aquesta cúpula no tenen pes, com si descansessin sobre el buit de l'esfera que hi ha dins la macla. Per dintre, però, la realitat és una altra. Sobre la base del final de la xemeneia interior, arrenquen tres pilars de 28 x 15 cm que puguen travessant la cúpula. Per bé que lògica i funcional, el cert és que, venint d'una geometria i uns sistemes constructius tan nets i controlats, l'aparició d'aquests pilars sembla un punt barroera, bàsicament per efecte de contrast. A la següent fotografia es mostren i enumeren els tres suports verticals esmentats.



Il·lustració VI-22 Fotografia zenital de la volta esfèrica situada dins la macla.

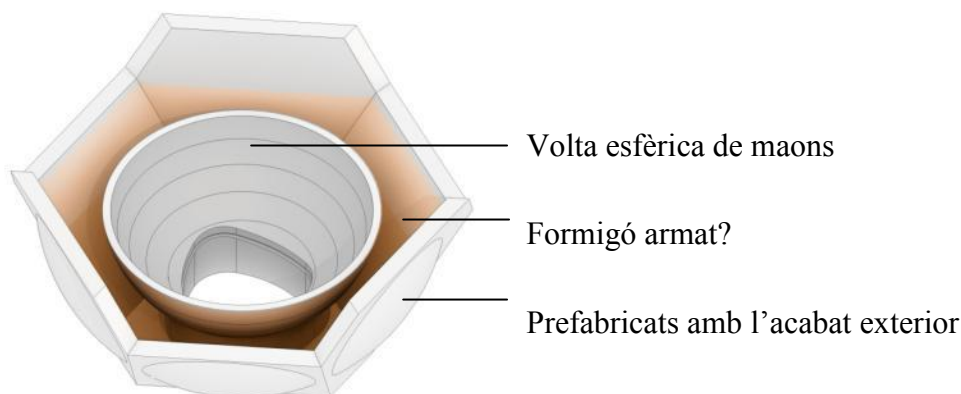
Tant els pilars com els forats practicats per tal d'il·luminar la torre central tenen aparença de ser afegits, sobreposats a la ben construïda i traçada volta esfèrica. Tot plegat porta a posar algunes qüestions sobre la taula:

- Gaudí havia previst recolzar el tram de pinacle, per sobre de la macla, damunt de la cúpula esfèrica sense més reforços?
- Els forats per tal d'il·luminar les torres centrals estaven totalment definits en maqueta?
- Quin procés constructiu segueix per arribar a la forma final?

De les tres preguntes, la primera quedarà sense resposta, la segona queda clarament contestada amb la fotografia adjunta. Es tracta de la maqueta que s'exposa al museu de la Sagrada Família, on es pot veure (parts fosques) com la macla ja està foradada, sense respectar la direcció de les seves cares sinó buscant la direcció correcta per enfocar la torre central.

Seguint la lògica constructiva que es ve portant des de les parts inferiors de la torre, es pot plantejar una possible resposta a la tercera pregunta. Sembla que el més lògic havia de ser construir la macla en dues fases, primer la meitat inferior i, un cop endurit el formigó, la part superior, fent servir la rajola interior, per

generar la geometria d'una esfera, i les cares del poliedre exterior com a encofrat perdut.



La volta esfèrica s'identifica clarament amb el traçat dels maons que la formen. Són maons ceràmics, de mida petita, col·locats a trencajunts formant anelles horitzontals. A la fotografia es pot veure clarament l'equador de l'esfera, amb una marca que sembla ratificar la hipòtesi d'una construcció en dues fases. La marca fa pensar també que, en aquest punt, hi pot haver algun tipus de cercol perimetral metàl·lic; cercol, però, que quedaria tallat pels dos grans forats i que per tant perdria el seu sentit estructural, llevat que a la zona dels forats hi hagi algun tipus de lligam que n'asseguri la continuïtat.

També es pot veure que hi ha moltes parts arrebossades. De fet, totes les entregues de resolució complicada s'arrebossen. També els pilars i les entregues amb els grans forats practicats a la macla. Per la mida i forma dels pilars sembla que haurien d'estar construïts amb maons massissos però, considerant la situació de la peça dins el conjunt, la seva alta exposició a la intempèrie, i com queda resolt el tram que hi ha per sobre de la macla, sembla més raonable pensar que l'ànima d'aquests pilars és metàl·lica, contribuint així a estabilitzar el conjunt final del pinacle.

Abans de la macla hi ha encara un tram d'uns 90 centímetres que resol l'entrega entre el fust i la geometria de la macla. Però, per facilitar la comprensió d'aquest tram, es considera millor veure abans la descripció de la macla.

VI.4 La macla

La macla del pinacle es pot considerar que és l'element simbòlic més important de la torre. Llegint els escrits dels arquitectes que van succeir Gaudí també se'n desprèn la idea que, per a ell, aquest era un element clau i d'una rellevància simbòlica transcendental. Gaudí designa una macla diferent per a cada façana, per bé que situada en el mateix punt, aproximadament a la meitat del fust.

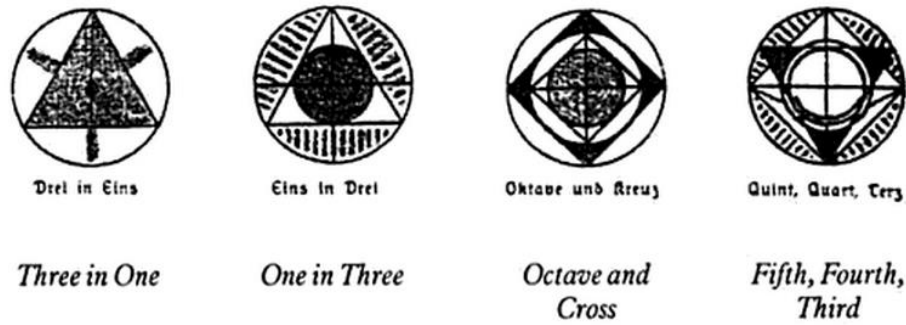
UN NUS POLIÈDRIC FORADAT OBLIQUAMENT
(UN OCTAEDRE DE VÈRTEX XAMFRANATS) INTERROMP...

EN ELS CAMPANARS DE LA PASSIÓ AQUEST NUS ÉS UN CUB, AMB ELS VÈRTEXS
XAMFRANATS, I EN ELS CAMPANARS DE LA FAÇANA DE LA GLORIA SERAN
PENTADODECAEDRES.

A la façana del Naixement, la macla està formada per un octaedre, un cub i una esfera. El sòlid resultant és incrustat de manera abrupta (se'n podria dir brutal) en el fust descrit a la secció anterior. I, encara més, Gaudí l'orienta amb la torre de Jesús, imposant-li un moviment de rotació que literalment arrossega l'element que li dona suport a fer una adaptació forçada. És prou provada la destresa de Gaudí a l'hora de resoldre entregues difícils i assolir continuïtats harmonioses. Sobta, doncs, l'aparent malaptesa amb què queda inserida aquesta macla dins del conjunt del pinacle. Dóna la impressió que aquest sòlid ha estat imposat passant per damunt de tota llei o norma. Coneixent les maneres de treballar de Gaudí, no fóra raonable pensar que això és fruit d'un descuit o d'un *mal moment* de l'arquitecte. Gaudí sempre sap el que fa. Hi ha d'haver alguna raó encara poc coneguda.

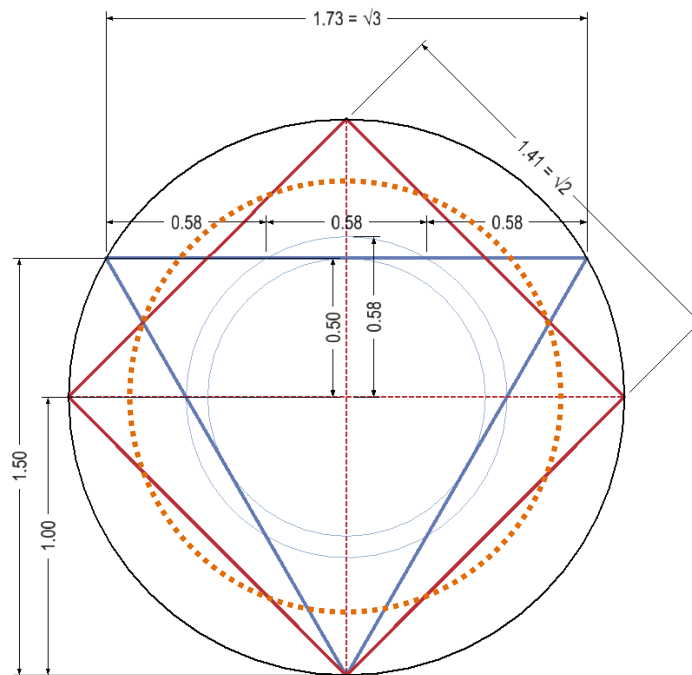
En el seu llibre "Gaudí i la Quinta potència"¹²⁰, Carles Rius Santamaria fa una aproximació a la interpretació del simbolisme gaudinià, relacionant-lo amb l'obra del pintor alemany Peter Lenz i emmarcant el treball d'un i altre dins del pensament global de la doctrina de les potències de Schelling. Des d'aquest plantejament, diu Santamaria: "*Les figures més senzilles del cànon són el quadrat, el triangle i la circumferència o, en tres dimensions, el cub, el tetraedre i l'esfera, símbols de la Santíssima Trinitat; això és Pare, Fill i Esperit Sant. L'artista inclou el triangle, la creu grega i el quadrat dins d'una circumferència, al final de la presentació d'un procés progressiu, que dóna indicis de la seva concepció de geometria animada.*"

¹²⁰ (Rius Santamaria) pag 129



Il·lustració VI-23 Imatge extreta de la pag. 129 del llibre Gaudí, la quinta potencia.

Lenz denomina la darrera figura de la sèrie com a *die Schlüssel-Gottes* (la clau de Déu), ja que l'artista entén que d'aquesta figura se'n poden deduir totes les altres del seu catàleg geomètric. En el dibuix adjunt, s'ha representat i acotat aquesta figura, amb ànim d'analitzar-ne les relacions mètriques que s'hi produeixen.



Il·lustració VI-24, Relacions bàsiques entre triangle i quadrat inscrits en un cercle.

Donant un valor d'1 al radi de la circumferència, el costat del quadrat inscrit és l'arrel de 2, a l'hora que el del triangle és l'arrel de 3. Són relacions mètriques prou conegudes, a les quals certs corrents de pensament atorguen valors transcendents. Valors òbviament discutibles però que no es poden deixar totalment de banda quan es parla d'algú, com Gaudí, tan amant dels símbols i tan impregnat de misticisme. En tot cas, el cert és que els tres elements que formen la macla dels pinacles de les torres de la Façana del Naixement mantenen aquesta relació. De manera que l'aresta de l'octaedre i l'aresta del cub, que formen el sòlid comú, guarden relacions, amb l'esfera que els inscriu, de $\sqrt{3}$ i $\sqrt{2}$ respectivament. D'altra banda, amb aquestes proporcions, l'esfera que s'hi macla, la que sobresurt

lleugerament per cada una de les cares, tindria de diàmetre el del cercle de punts i color taronja que s'ha traçat a l'esquema anterior.

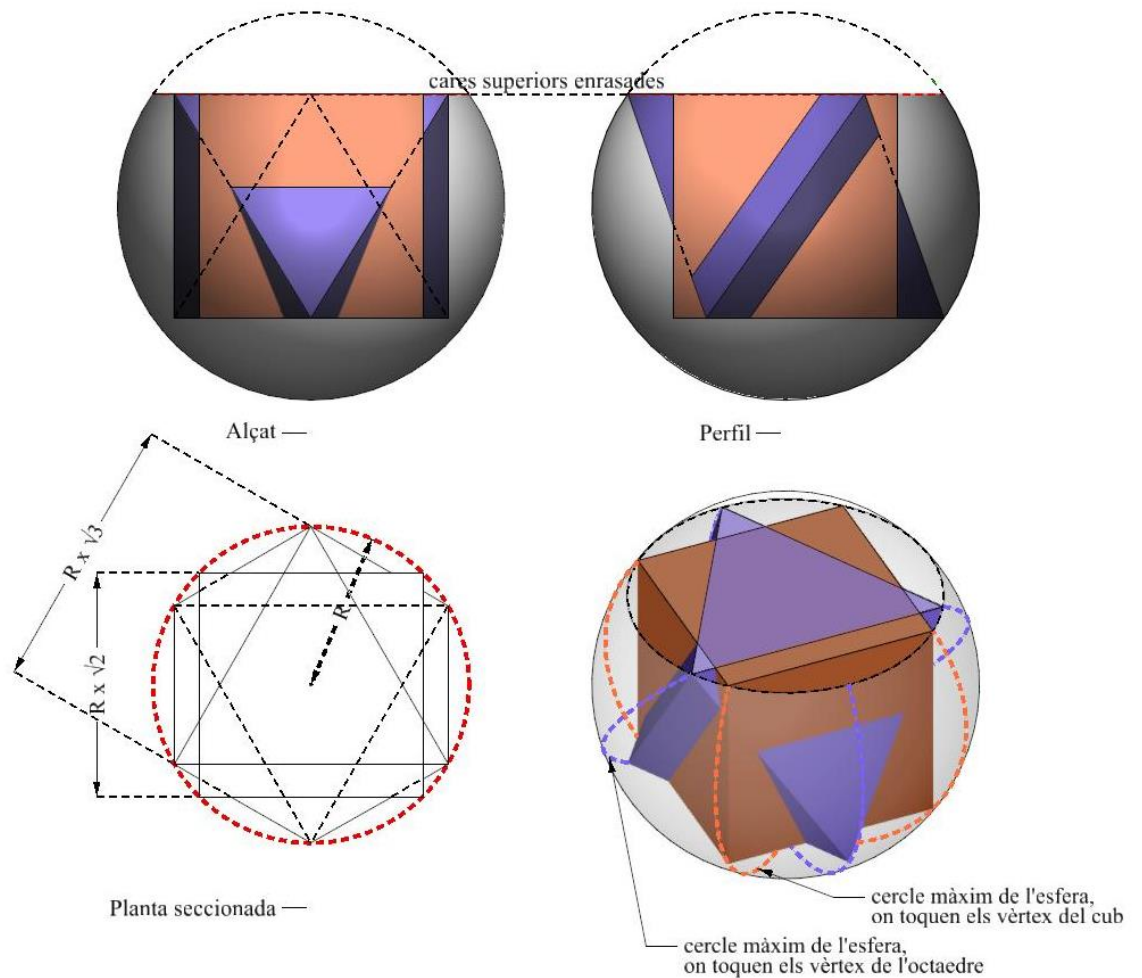
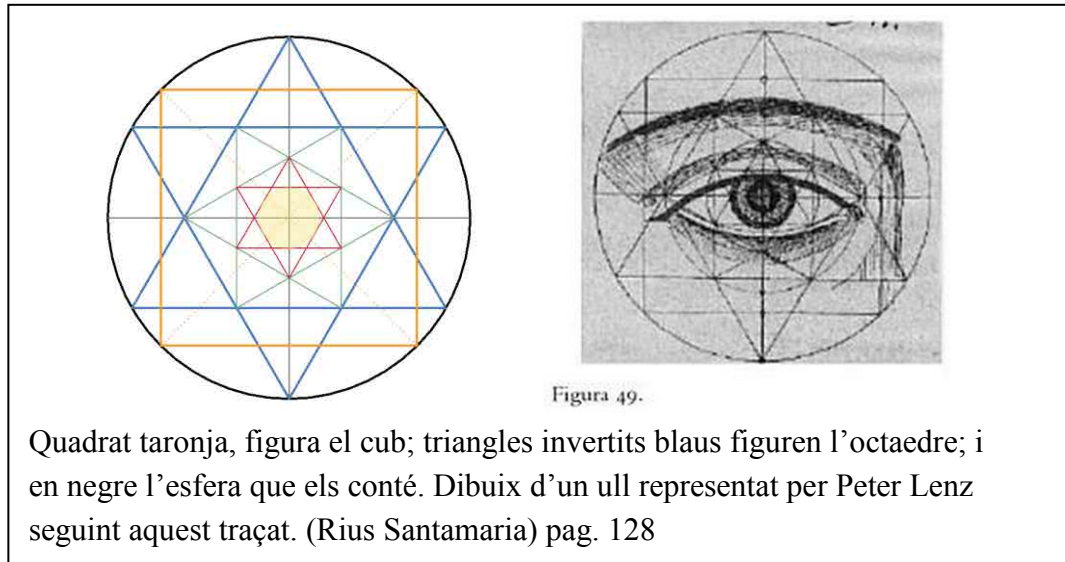
El traçat, doncs, ens defineix les relacions mètriques entre les cares dels 3 poliedres implicats en la composició. Poliedres que ara cal situar concèntricament a l'espai, per obtenir el sòlid comú d'octaedre i cub, i acabar amb la macla d'aquest sòlid amb l'esfera.

Aquest joc geomètric, aparentment simple, quan s'han decidit dimensions i posicions relatives, d'entrada no devia ser tan senzill. Les maquetes conservades i algunes fotografies de l'Obrador evidencien que Gaudí va fer diversos assaigs d'aquest element, abans d'arribar a la solució definitiva.

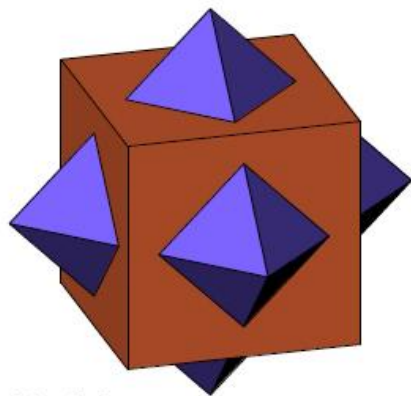


Il·lustració VI-25 Imatges parcials de fotografies fetes al taller de Gaudí

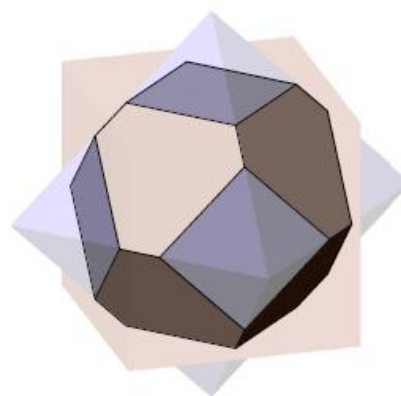
Retornant al llibre de Carles Rius, l'autor relaciona els poliedres gaduinians amb un dibuix de Peter Lenz en el qual hi apareix un ull traçat sobre una base geomètrica molt senzilla, que l'artista identifica com l'ull de Déu. La geometria en què s'encaixa l'ull, representa dos triangles equilàters capiculats, i inscrits en una circumferència, acompanyats del quadrat també inscrit a la mateixa circumferència. Certament, la figura té una transposició a les tres dimensions, a través de la qual es pot arribar a relacionar amb el poliedre del pinacles de la façana del Naixement. A l'espai de tres dimensions, el quadrat seria un cub i els dos triangles la projecció d'un octaedre. Les relacions mètriques coincideixen, però òbviament les posicions relatives dels dos poliedres no. Per arribar a les posicions que es donen en el sòlid comú que fa Gaudí, cal que l'octaedre faci encara un gir com el que s'indica a la figura. No és fàcil, doncs, donar gaire crèdit a les tesis de Rius, per bé que tampoc és poden desmentir d'una manera irrefutable. De tota manera, no es pot negar que resulta inquietant la introducció abrupta, gairebé es diria que insolent, d'aquesta macla al bell mig del pinacle, passant per damunt de tot. És des d'aquest punt de vista que hipòtesis com la de l'ull de Déu semblen obrir vies per interpretar simbòlicament el paper d'aquest sòlid polièdric.



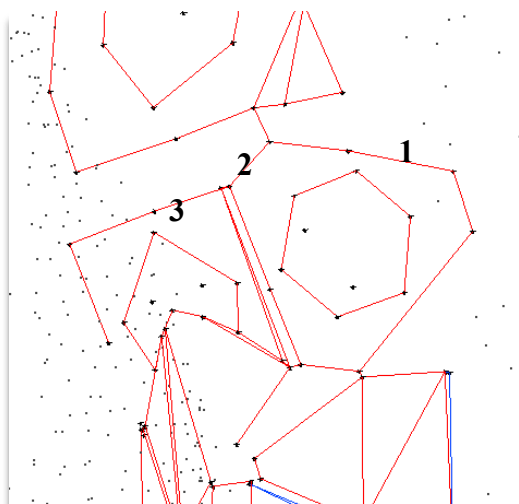
Il·lustració VI-26 Representació dièdrica i en axonometria de la mateixa peça



Macla del poliedre —



Sòlid comú del poliedre —

Il·lustració VI-27 Macla i sòlid comú del poliedre situat al bell mig del pinacle.

Operant amb l'aixecament realitzat pel grup del professor Regot¹²¹, es comproven algunes mides del pinacle de Sant Bernabé. Sobre el núvol de punts i disposant de les dades del aixecament taquimètric posterior, es marquen algunes línies clau (color vermell a la imatge). Això permet determinar les longituds de les arestes de la macla corresponents a la cara de l'octaedre, que són: una de 1,13 m (1) i una altra de 0,36 m (2). Òbviament, la

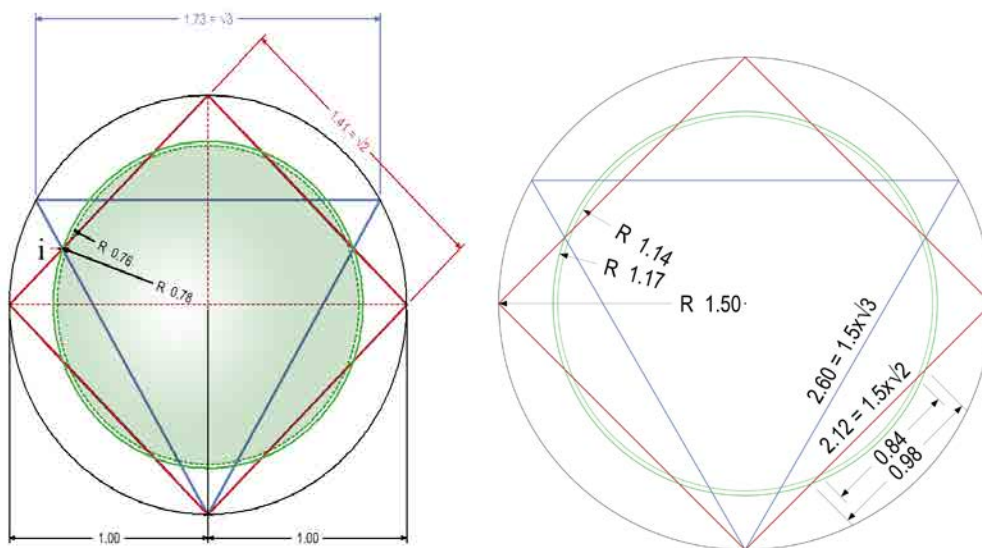
primera mida correspon també a l'aresta de les cares provinents del cub, ja que són comuns amb les anteriors. Aquestes arestes però, no són el resultat exacte de la intersecció entre els dos sòlids ja que el cantell del sòlid comú està lleugerament aixamfranat. De fet, resulta molt difícil determinar la mida exacta de les parts a partir del núvol de punts, i el fet que el sòlid estigui recobert amb ceràmica fa encara més complicat un treball de precisió a l'hora de determinar les arestes del poliedre.

Amb tot, les dimensions dels dos poliedres poden deduir-se amb un grau de precisió força elevat, contrastant dades dels diferents aixecaments. Altra cosa és la determinació del radi de l'esfera, mesura que podria requerir tecnologies més sofisticades. Finalment s'opta per un procediment més casolà, però suficient per als objectius d'aquest estudi. Es tracta d'encaixar la vista del model 3D amb la d'una foto de l'objecte real, i relacionar punts del model amb els seus

¹²¹ Nuñez, M.A. [et al.]. Modeling San Bernabé pinnacle of the Sagrada Família (Barcelona, Spain). A: "Optical 3-D measurement techniques VII". Grün/Kahmen, 2007, p. 363-370.

corresponents a la foto fins a aconseguir-ne l'encaix. Un cop encaixat, i dibuixant sobre les cares del model 3D, s'ha traçat el cercle d'intersecció de l'esfera amb el sòlid comú; cercle menor que permet ja determinar fàcilment el radi de la forma esfèrica. A la seqüència adjunta, es relacionen els passos que s'han seguit¹²¹.

Després dels diferents processos d'amidament, la imatge següent fa un resum gràfic de dimensions i posicions relatives dels tres sòlids que s'integren a la macla: cub, octaedre i esfera. Com es pot veure, hi ha una lleu diferència entre el radi resultant del model teòric traçat abans, que determina el radi del cercle prenent-lo en el punt **i**, i l'obtingut a partir de la restitució. Una diferència que es podria atribuir ben bé al gruix del revestiment ceràmic, atès que, en cap cas, l'error arriba als 3 cm.



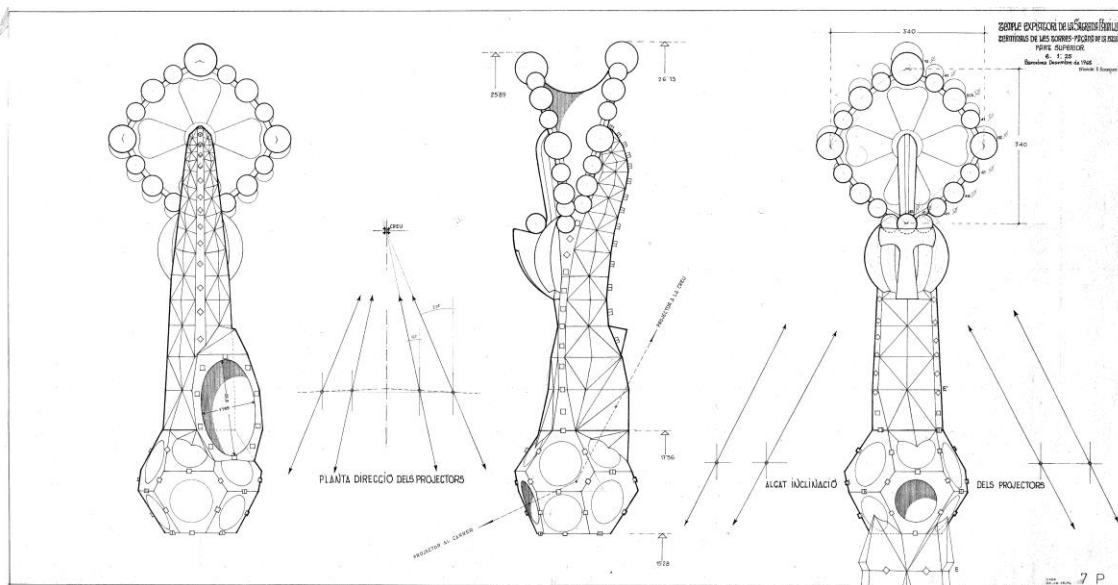
Il·lustració VI-28, Dimensions i posicions relatives de les tres cares dels sòlids que integren la macla.

La base del sòlid comú final, és perfectament coherent amb la geometria que, en el punt anterior VI.3.2, s'ha definit com a secció del fust: un triangle equilàter amb les puntes escapçades. Semblaria lògic que el poliedre es col·loqués directament ajustat a la secció triangular del fust. Però, en cada torre, el sòlid ha d'albergar un focus que il·lumini la torre central, de manera que el raig s'acabi reflectint a terra, per simbolitzar l'arribada de la paraula de Déu. Per tal que aquest raig de llum, surti en la direcció correcta, Gaudí introdueix un gir d'eix vertical a la macla de cada torre i, d'acord amb l'orientació resultant, li practica dos forats.

¹²¹ Aquesta tècnica ja l'havíem utilitzat per modelar els cinc edificis del llibre (Gómez Serrano, y otros, 2012)

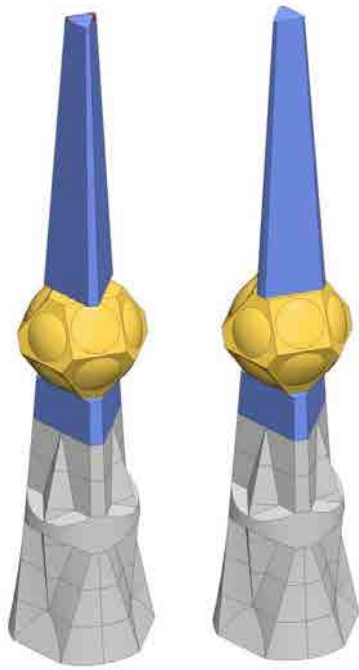


Il·lustració VI-29 Fotografies en detall de l'element i gràfic explicatiu de la relació entre la cara inferior de la macla i la base que la suporta.



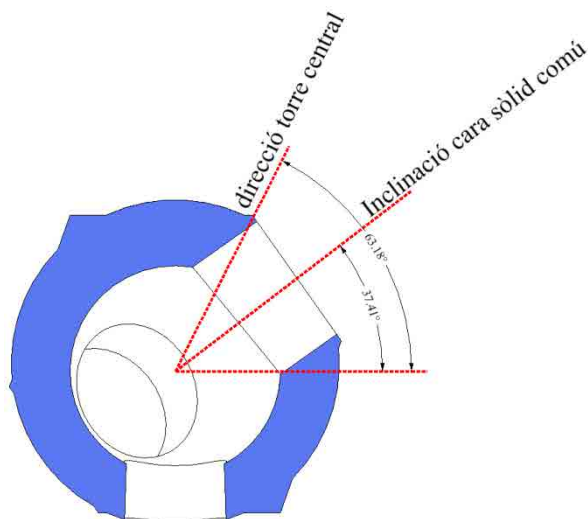
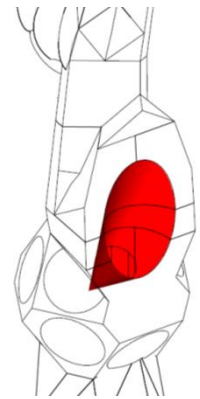
Il·lustració VI-30 Dibuixos explicatius de Berenguer representant la direcció correcta del raig de llum i per tant del forat corresponent en el pinacle. Arxiu de la Sagrada Família

Segons el dibuix de Berenguer de l'any 1968, l'angle de rotació del poliedre és de 23° per a les torres extremes i de 12° per a les dues centrals. Per tal d'absorbir el gir del poliedre i connectar-lo amb el fust, Gaudí recorre de nou a una col·lecció de facetes planes triangulars (veure Il·lustració VI-29) que van enllaçant la part superior del fust amb la base de la macla. Com en el cas ja descrit de la transició entre el final del tram de les lletres i el segon tram del fust, la malla de triangles només pretén resoldre l'entrega, però no respon a cap geometria definida.



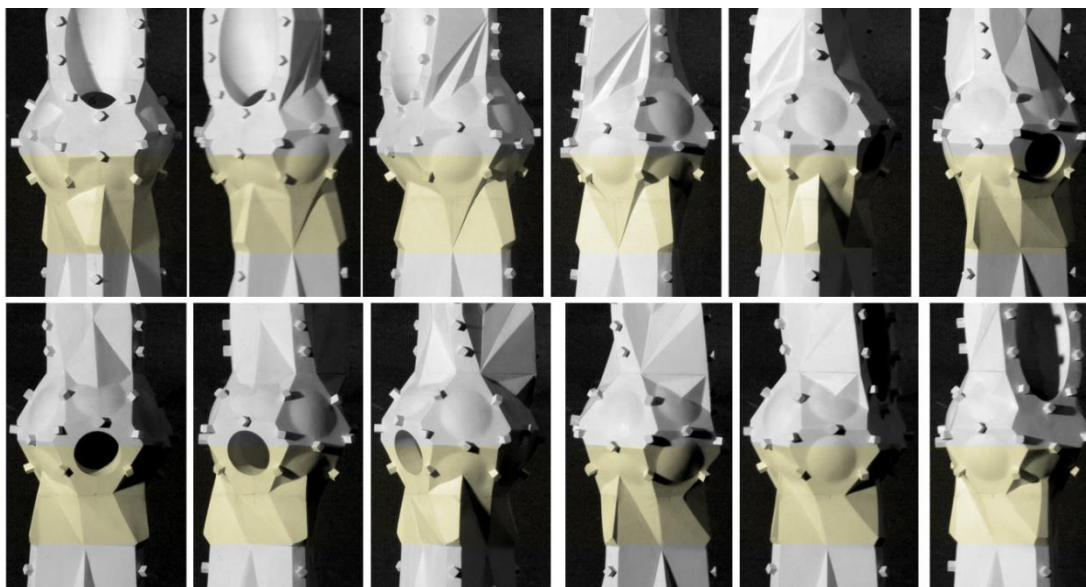
A banda del problema ja esmentat provocat per aquest gir, el poliedre genera una altra mena de complicació. En la seva posició, les dues cares horitzontals, la superior i la inferior, són dos triangles capiculats, de vèrtexs escapçats. La coherència amb aquesta geometria hauria de provocar un canvi d'orientació del tronc del fust a partir del poliedre (esquema de la dreta, a la imatge¹²³). Òbviament, això no és així; seria un gest ben estrany. Però no deixa de ser indicatiu de fins a quin punt és distorsionadora la introducció d'aquest poliedre i de com, malgrat tot, Gaudí n'assumeix els problemes que indiscutiblement li havia de provocar. Tot plegat, sembla reforçar la idea que efectivament aquest poliedre tenia una valor d'especial transcendència.

Si per la cara inferior, com ja s'ha exposat, Gaudí resol la transició amb cares triangulars, per la banda superior la perforació practicada per poder il·luminar la torre central apareix com un autèntic despropòsit. El tema no és de fàcil solució ja que el pendent requerit pel al raig de llum és de 63.18° , mentre que la corresponent cara quadrada de la macla té un pendent de 36.5252° . Gaudí ho resol engrandint el forat i incorporant nous volums per resoldre les entregues. Novament, la peça afegida sembla poc integrada en el conjunt i apareix com una superposició brusca.



Il·lustració VI-31 Secció esquemàtica del poliedre i fotografia del forat encarat a la torre central.

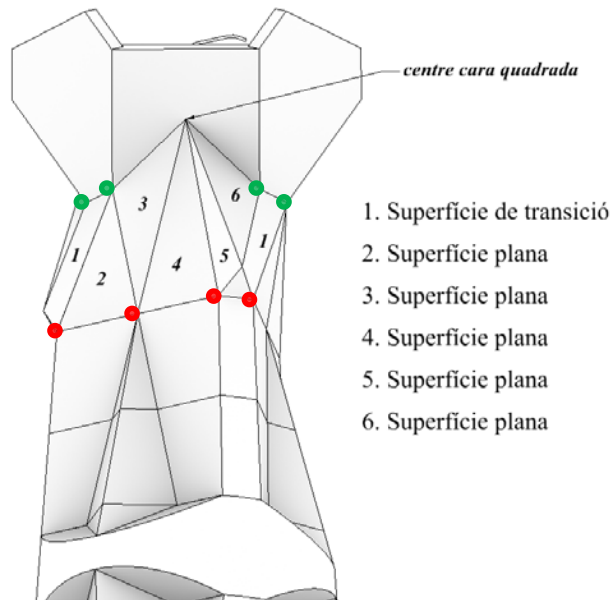
¹²³ Transició geomètrica entre la part baixa i la alta, un cop el fust travessa la macla. La opció escollida per Gaudí és la de l'esquerra on la macla s'imposa a la piràmide superior.



Il·lustració VI-32 Seqüència fotogràfica de la maqueta de guix que existeix al Taller de maquetes del Temple de la Sagrada Família del pinacle tipus de la façana del Naixement

En la seqüència aquí exposada (foto-alçat, rotant el model 360° amb preses cada 30°), es pot veure perfectament l'entrega, en maqueta, entre la part de baix del fust i la macla. Sobre el model d'escaiola es pot veure millor que no a la realitat, perquè és llis i totalment blanc. A la realitat Gaudí reforça la geometria de cada pla revestint-lo amb un color diferent de trencadís, alternant el groc i el blanc. La maqueta de la seqüència exposada correspon al pinacle de la torre dedicada a Sant Judes, i per tant la geometria no és ben bé la mateixa de la torre de Sant Bernabé, ja que la rotació de la macla, respecte de la vertical, és diferent. Tot i això el criteri que es fa servir és el mateix: es triangula la superfície de transició, marcant les arestes que van des de tots els vèrtexs de la secció inferior (*punts vermells a la següent imatge*) fins als vèrtexs dels triangle escapçat de la base de la macla (*punts verds*) i al centre de les cares quadrades.

Per la cara interior es manté la xemeneia, en el seu tram final. Com abans, l'espai, entre els triangles de l'exterior i l'encofrat de fusta del tram final de xemeneia, es massissa amb formigó. Per tant, només hi ha dues opcions: o bé les peces triangulars estan perfectament tallades a taller per a adaptar-se a la macla, o bé, primer es col·loca la macla en el seu lloc final i després es posen les peces triangulars.



Il·lustració VI-33 Anàlisi transició01, entre el tronc inferior i la macla.

Aquestes cares triangulars necessiten, per ser definides, tots els punts dels seus vèrtex. En definitiva, punts molt concrets de la macla, els vèrtexs inferiors, de color verd i el vèrtex situat al mig del quadrat.

El prefabricat d'aquesta entrega de transició és complicat de realitzar, si es fa peça a peça, perquè l'ajust entre cares té talls molt complexos. Però si la peça prefabricada conté més d'una cara, posem pel cas les cares de l'anterior imatge (2-3-4-5-6) la resolució és molt senzilla i només cal deixar la peça número 1 per facilitar la col·locació. D'aquesta manera quedaria perfectament preparada la base de la macla.



Il·lustració VI-34 Visita a l'interior de la macla del pinacle dedicat a Sant Bernabé.

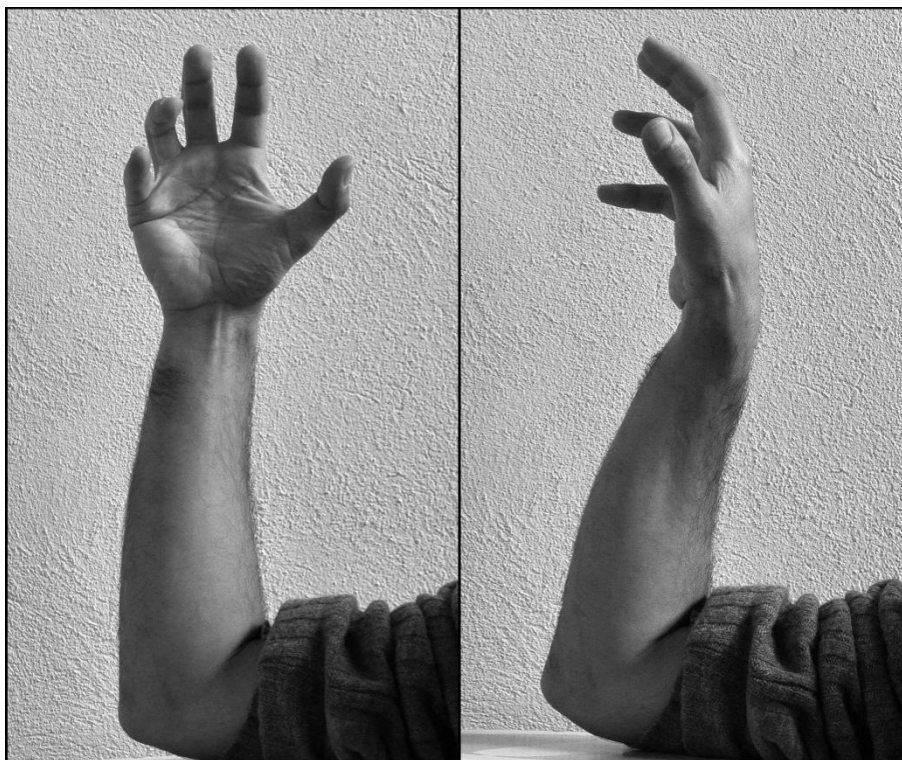
VI.4.1.1 Làmina VI.4_01 Proporcions del poliedre

VI.5 El tronc o fust (bàcul, tercer tram)

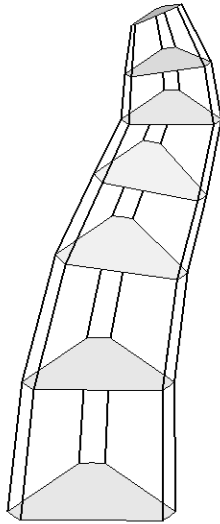
Per sobre de la macla, continua una agulla piramidal de secció triangular amb els vèrtex aixamfranats. A partir de la meitat, l'agulla s'inclina lleugerament, cap a la part interior de l'edifici, i retorna per sostenir la creu.

Des dels alçats frontal i posterior, aquest element es llegeix com una piràmide de secció triangular que culmina a la creu. En canvi en els alçats laterals, l'eix de la piràmide s'encorba lleugerament a partir de la meitat. En aquest gest, Gaudí interromp la lògica compositiva que havia utilitzat en els elements agulla fins el moment. A diferència de les experiències prèvies, aquí Gaudí trenca amb la geometria regular ascendent, i tot l'element de suport es doblega per agafar lateralment la creu, enlloc de suportar-la verticalment.

Aquest moviment es pot considerar com un dels trets més importants d'aquests pinacles ja que, amb ell, l'arquitecte es desprèn totalment de la rigidesa imposada per la verticalitat estructural de la peça. El fust agafa l'element de coronació lateralment com si es tractés d'una mà que mostra a tothom la importància d'allò que sosté: **la creu**. Amb aquest gest evita, a més, competir amb la creu de quatre braços de la torre central així com reconèixer la seva posició com a element de façana.



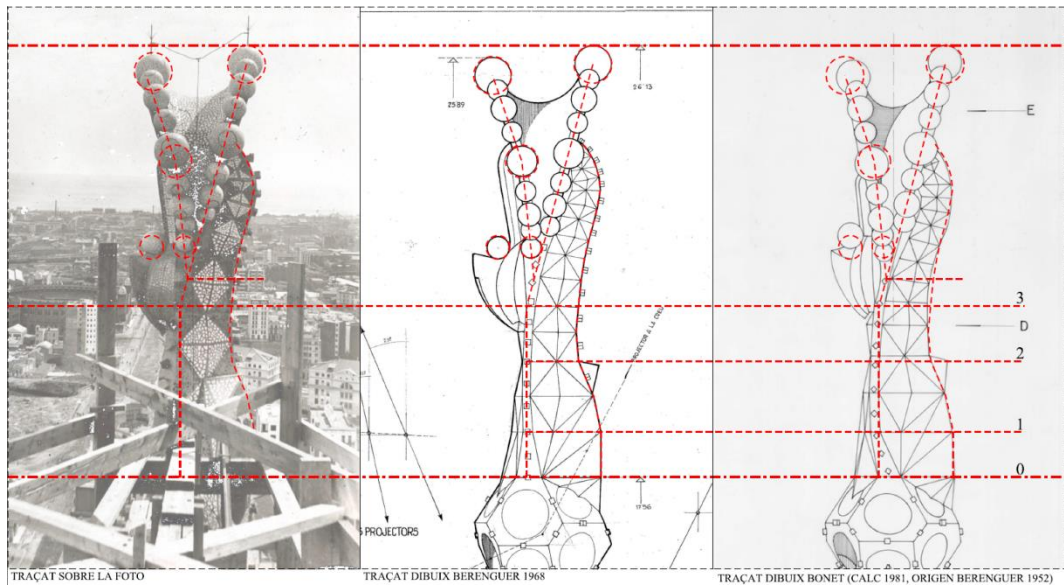
VI-35 Alçat interpretatiu frontal i lateral de la Creu i el fust que la sosté



En síntesi, aquest tram de fust manté la secció en forma de triangle escapçat, disminuint-ne progressivament la dimensió a l'hora que va descrivint la corba que el defineix en alçat. Com abans, el tram es construeix a partir de peces prefabricades que ja venen amb el mosaic adherit i que, un cop col·locades, actuen d'encofrat del massís interior.

En realitat, i a menys que respongui a càlculs estructurals per reequilibrar els pesos¹²⁴, la forma que descriu aquest tram no sembla seguir cap llei geomètrica. Sembla una forma escultòricament modelada, que es transporta a la realitat directament des de la maqueta, com ja s'ha vist que Gaudí havia fet en innumbrables ocasions.

El procés de generació del model tridimensional s'ha basat sobretot en els dibuixos de Berenguer i també en la fotografia històrica del moment de finalització del pinacle. A partir de la secció horitzontal abans esmentada, que es pren com a perfil, i de la línia encorbada que defineix l'eix com a trajectòria, la superfície es genera per escombratge, amb l'oportuna reducció progressiva d'escala.



Il·lustració VI-5 Comparatiu de diferents traçats de l'alçat del tram superior de pinacle i la fotografia. Les línies vermelles són les mateixes en els tres casos.

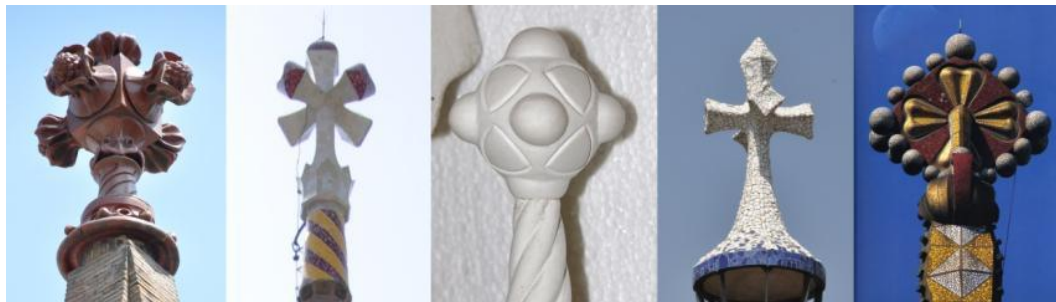
¹²⁴ Estructuralment, el moviment associat al bàcul dels bisbes, podria tenir una explicació molt senzilla; la secció horitzontal dels pinacles del Naixement, és un triangle. El centre de gravetat d'un triangle equilàter se situa a les 2/3 parts de la seva altura i per tant això provoca un descentrament de càrregues en una direcció. Aquest argument, però, no és vàlid quan parlem de les torres de la Passió.

L'entrega amb la creu no sembla respondre tampoc a cap geometria determinada sinó a la simple intersecció entre un element i l'altre. Novament Gaudí resol l'entrega amb una superfície facetada amb cares triangulars que revesteix alternativament amb trencadís de colors blanc i groc.

Per acabar la descripció d'aquest tram, cal retornar al poliedre on s'inicia. Com s'ha comentat, l'ampliació del forat per on ha de sortir el raig que il·lumina la torre central, requereix afegir una superfície addicional. Es tracta d'un con amb vèrtex en el centre de l'esfera i directriu en una de les seves seccions. El con sobresurt i és tallat per un pla d'escassa inclinació que li provoca un tall en forma d'el·lipse. L'element s'afegeix al model prenent dades de l'aixecament fet pel grup de Regot¹²⁵ i seguint el criteri de filades horitzontals. Novament, l'entrega exterior amb el tronc del fust es resol triangulant.

VI.6 La Creu

Bo i mantenint que el sòlid polièdric és la peça dominant en l'estructura simbòlica del pinacle, la creu és l'element que el culmina i per tant, per la seva posició, requereix una atenció especial.



Il·lustració VI-2 Comparació de Creus Teresianes/ Bellesguard/ 1versió SAGRADA FAMÍLIA/Parc Güell/ versió definitiva SAGRADA FAMÍLIA

Cal començar per dir que la creu dels pinacles de la Sagrada Família és molt diferent a la resta de creus amb què Gaudí culmina molts dels seus edificis, creus algunes de les quals han estat analitzades al llarg d'aquest text. Aquí, Gaudí reserva la seva habitual creu de quatre braços per culminar la torre central, la de Jesucrist. La creu dels campanars presenta un seguit de variacions importants, en relació amb les anteriors.

Comparativament podríem dir que la creu dels pinacles no té volum, és a dir, que està concebuda com un gravat a sobre d'un element pla. La seva dimensió visual no és resultat del perfil d'una volumetria, sinó que es percep pel joc de colors, daurat i vermell, i pel relleu del seu dibuix. La font d'inspiració d'aquest element podria ser la imatge d'una pinya seccionada¹²⁶. Fet que no és nou del tot si es fa memòria de la creu que culmina els pinacles del convent de les Teresianes on apareix amb tota claredat una pinya.¹²⁷ Referències formals a banda, el que es pretén ara és esbrinar: sobre què està gravada la creu, quines peces defineixen aquest element i com es componen, constructivament.

¹²⁶ ("L'ànima geomètrica dels elements pinaculats en l'arquitectura gaudiniana", 2014)

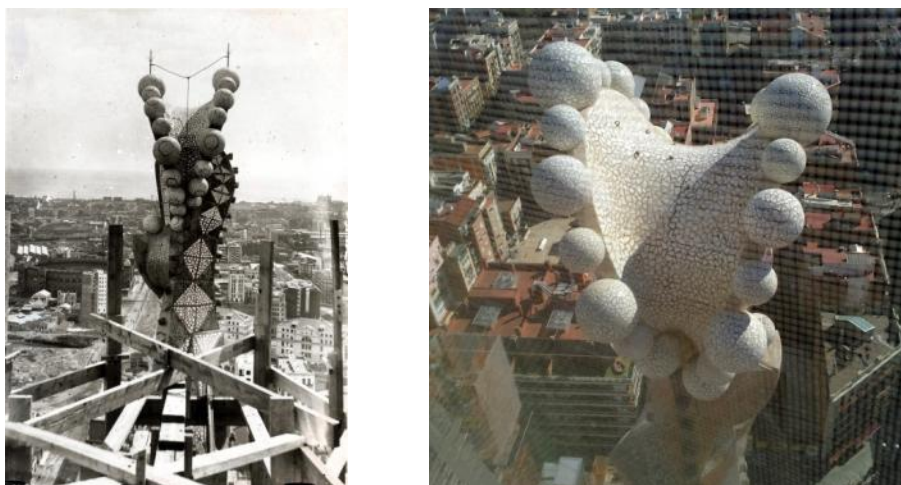
¹²⁷ "La fachada está coronada en los cuatro lados por almenas construidas con ladrillo, y en las cuatro esquinas sobresaldrán, a manera de torres, coronadas por la cruz de cuatro brazos rematados por la flor de ciprés, símbolo de fortaleza, que será después propia de todas las obras de Gaudí." Maria Carmen Franch 2013, (Franch, 2014) minut 12.



Il·lustració VI-36 Remat dels pinacles del Convent de les Teresianes i tros de pinya.

A les fotografies que recullen el procés de construcció dels pinacles de la façana de la Passió, es pot veure quines són les parts que formen aquests elements i quin procés constructiu segueixen¹²⁸. Però no s'han trobat imatges del procés de construcció del pinacle “original”, el de Sant Bernabé. No se n'han trobat, però sí que hi ha textos i comentaris publicats en alguns números ordinaris, o en algun dels seus àlbums extraordinaris, de la revista que publicaven els josefins.

En esquema, es tracta de dos plans oberts formant una V. L'espai intermedi es cobreix amb una volta que es podria dir que porta l'inequívoc segell de Gaudí i que es caracteritza per una doble curvatura. Finalment, el perímetre i les cares externes són decorades amb relleus i mosaics, a més d'una col·lecció d'esferes de diferents mides i característiques.

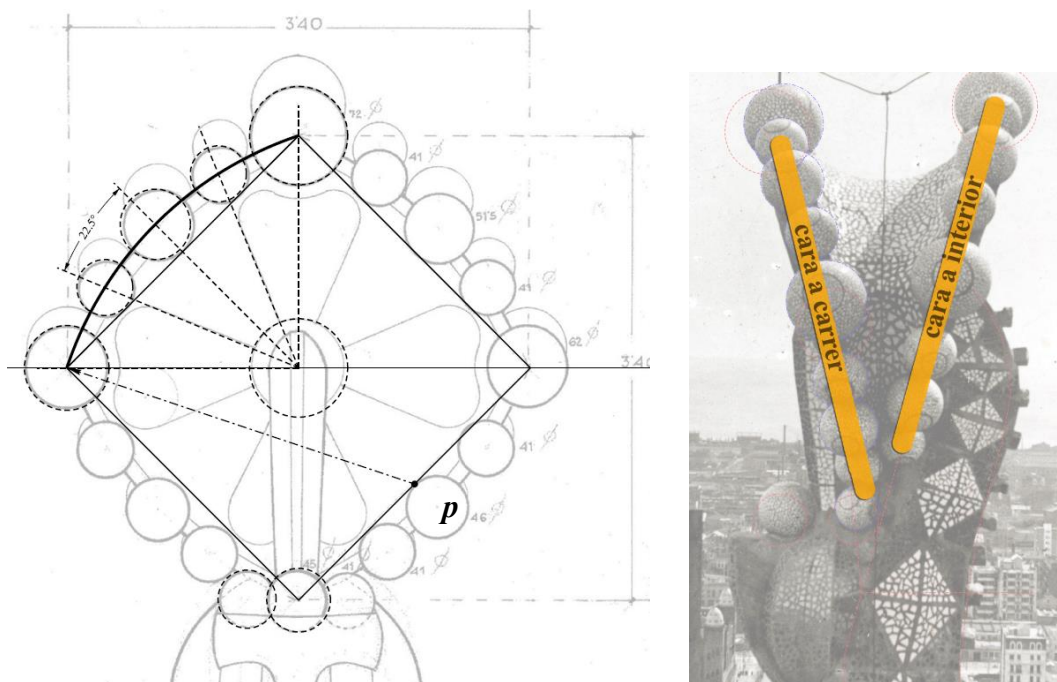


Il·lustració VI-37 Fotografia Alçat del remat del pinacle dedicat a l'Apòstol Bernabé i vista superior del remat dedicat a l'Apòstol Felip, a la façana de la Passió.

Analitzant un dibuix del traçat de la creu, realitzat per Berenguer l'any 1968, s'hi poden veure traces de la geometria de base. Calcant el dibuix, amb la precisió dels mitjans actuals, se n'ha generat una còpia que recupera aquests traços de construcció. D'aquí es desprèn que el traçat seguiria el procés següent: es parteix

¹²⁸ (Grima López)

d'un quadrat girat de 3,40 m de diagonal; amb centre en el punt mig d'un dels costats (*p*) i radi fins el vèrtex del costat oposat, es traça un arc que, amb els altres tres homòlegs, formarà el perímetre de l'element prefabricat que estructura el conjunt; amb la mateixa peça, col·locada a una alçada diferent i amb la inclinació simètrica a la primera, es forma l'altra element de suport del conjunt; tot seguit, es divideixen els quadrants en 4 parts ($90^\circ/4=22,5^\circ$), i a cada intersecció dels eixos amb l'arc abans traçat, s'hi situen les esferes de diferents diàmetres¹²⁹.

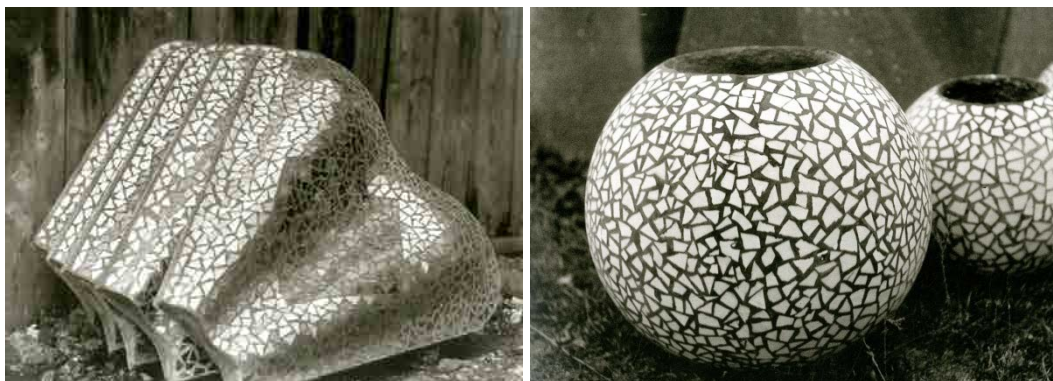


Il·lustració VI-6 Anàlisi de la geometria base sobre dibuixos i fotografies

Aquestes dues cares, aproximadament quadrades, serveixen per definir els límits de la peça. Entre una i altra cara, es massissa l'espai utilitzant el típic trenat i fent servir "hipotèticament" com a material per traçar-lo el totxo massís, sobre el qual s'aplica el trencadís amb rajola blanca. Al final, la superfície que apareix podria assimilar-se a un paraboloid hiperbòlic o, fins i tot, a un hiperboloid. Però, com veurem més endavant, aquestes superfícies difícilment s'adaptarien de manera estricta a la geometria de la resta.

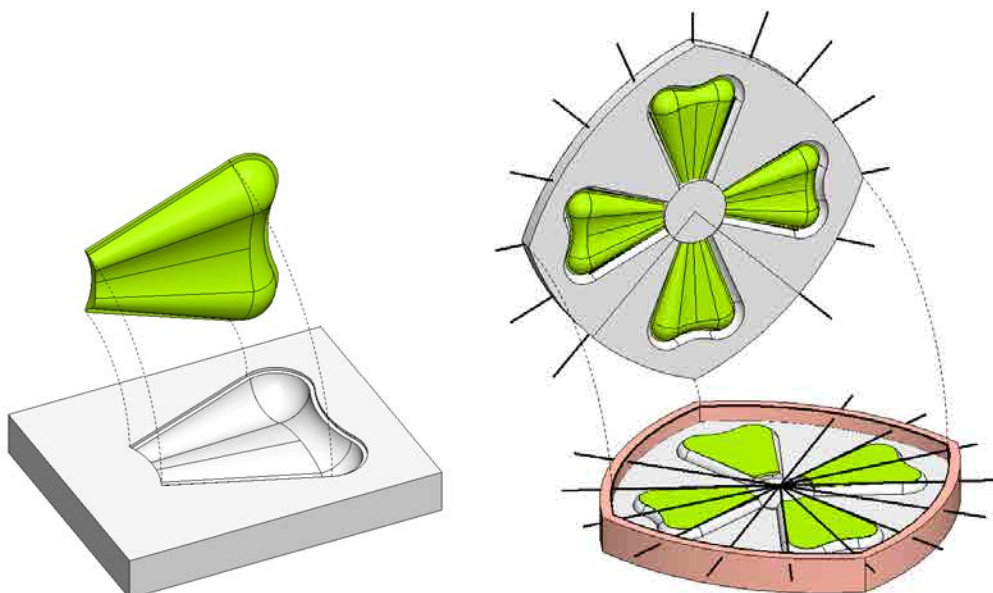
Les fotografies que acompanyen aquest paràgraf són dels elements que formen la creu abans de ser col·locats al seu lloc final. A l'esquerra, es veuen els lòbuls interiors de la creu, que caldrà encadellar en una peça de dimensions més grans. En el cas dels lòbuls de la creu, primer es fabriquen els motllos, on es disposa el trencadís, i s'omplen amb morter, obtenint l'element de la foto.

¹²⁹ (Bonet i Armengol, 2000)



Il·lustració VI-38 Parts¹²⁹ dels braços de la creu i les esferes col·locades perimetralment.

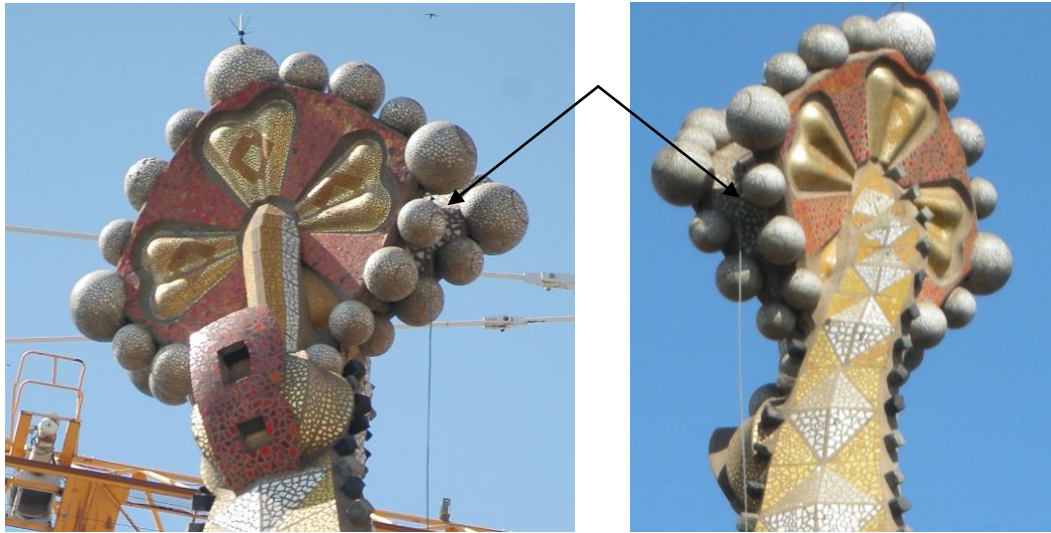
A continuació aquests peces es tornen a emmotllar per obtenir la peça gran, que serà enlairada fins a la seva posició final. Les dues imatges següents, extretes del model 3D, resumeixen aquesta fase d'emmotllats amb què s'obté la peça definitiva.



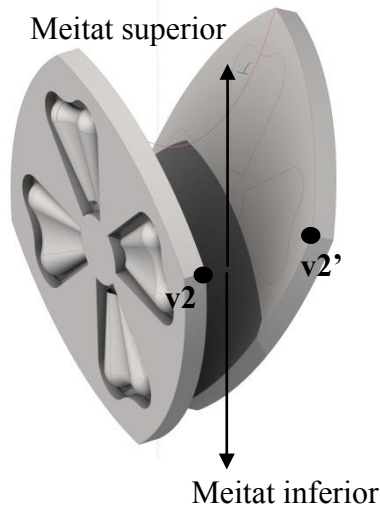
Il·lustració VI-7 A l'esquerra el motlle del qual surt el lòbul amb el trencadís incrustat. I a la dreta la peça final amb les “esperes metàl·liques” per rebre les boles.

Amb aquestes dues peces col·locades, ja només cal omplir l'espai del mig. Conceptualment i seguint criteris ja plantejats anteriorment, la part de massissat actuarà com una falca entre les dues cares planes, col·locades en forma de V. El procés es planteja en dues fases: primer es realitzen els laterals, a manera d'encofrat, i després es massissa tot amb formigó. Com abans, la pressió del formigó fresc serà perfectament absorbida per la geometria, en forma d'arc, dels laterals.

¹²⁹ Fotografies de 1926. Font “Casa Asia”



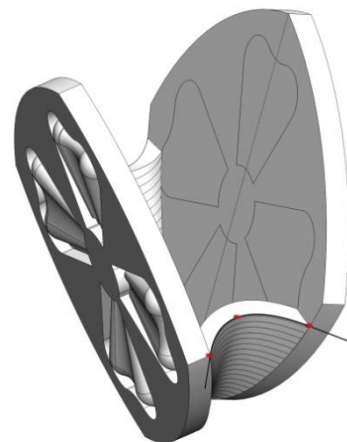
A les fotografies, s'aprecia, i constructivament té el seu sentit, poca continuïtat de la superfície en passar entre els vèrtex v_2 i v_2' , marcats a la següent imatge.



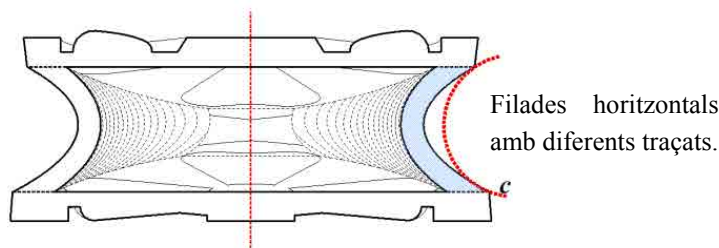
És lògic, ja que constructivament la meitat inferior es pot resoldre de manera senzilla formant les parets filada a filada i massissant l'espai central amb formigó. Un procés similar al que s'ha exposat per a les parts baixes del pinacle. La complicació bé quan s'ha de tancar la volta, ja que no es pot fer des de l'interior. Per tant cal anar tancant fins a deixar una obertura suficient per poder sortir i acabar de tancar superiorment la cara exterior.

En la sèrie d'imatges següent s'explica el procés pas a pas:

1. **Meitat inferior.** Situats els dos elements prefabricats (quadrats rotats 45°) es poden aixecar filada a filada (horitzontals) les parets que van d'una cara a l'altra. Per tal que aquestes parets aguantin l'empenta del formigó fresc, és bo encorbar-les cap endins, traspasant les empentes a la peça gran prefabricada. El grau de curvatura de la paret no té importància, des d'un punt de vista constructiu o estructural. És possible que respongui a una plantilla preestablerta. A la imatge s'ha resolt el mur de tancament amb un traçat parabòlic (color blau, a la següent imatge), però també podria ser un traçat, molt més senzill sobre una circumferència c (color vermell, a la següent imatge). A la part baixa és complicat

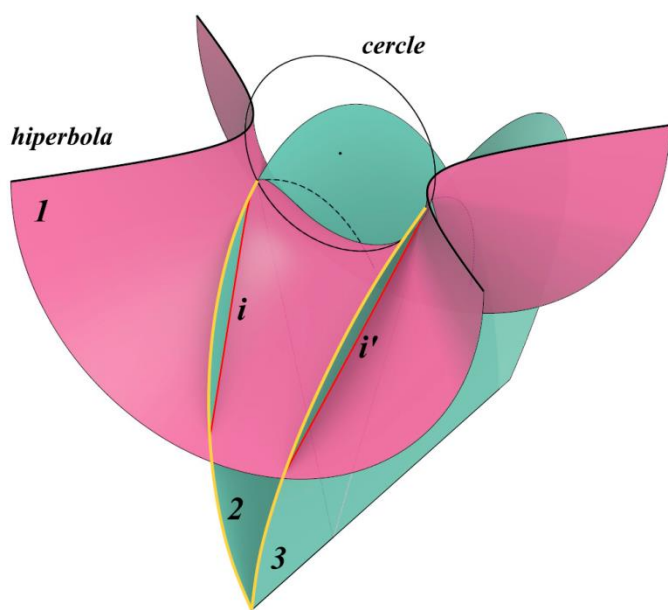


intentar ajustar-se a cap geometria concreta però, a mesura que el procés avança i sobretot a partir de la meitat en amunt, la superfície es fa molt més visible i cal pensar que la forma està volgudament controlada.



Il·lustració VI-8 Planta seccionada de la Creu.

2. **Meitat superior.** De la meitat en amunt, el contorn tendeix a tancar-se cap a l'interior. En l'anàlisi feta sobre la fotografia de l'any 1926 (làmina V.6.7-01), es comprova amb una exactitud quasi total, que el contorn aparent de la part superior de la creu es pot resseguir amb un cercle d'un radi aproximat de 93/95 cm. També el traçat de 1968 de Berenguer s'ajusta perfectament a aquesta mida. Aquesta comprovació descarta totalment la possibilitat que aquest contorn sigui una paràbola (en discontinua a la làmina) i això fa pensar que la superfície que culmina la creu no és un paraboloides hiperbòlic. Es descarta doncs, la possibilitat que s'hagués fet un replanteig de la superfície superior a partir de les seves generatrius rectes, a més la textura del mosaic que la recobreix no marca cap mena de direccionalitat, fet que reforça aquesta argumentació. Tampoc es tracta d'una hipèrbola i per tant caldria descartar l'hiperboloide, tot i que podria tractar-se d'aquest últim si en consideréssim la part interior, tal i com explica la imatge següent.

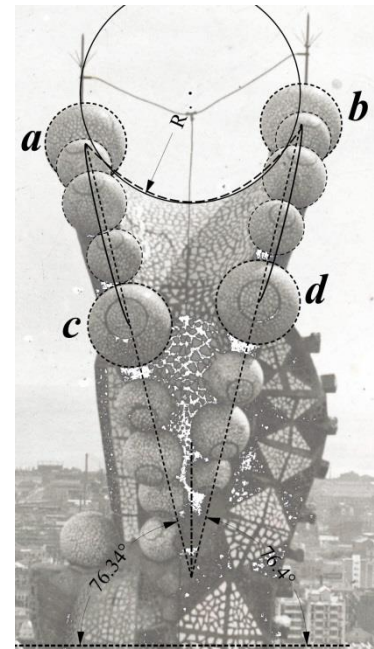


El dibuix presenta alguna simplificació, en relació a la realitat, però serveix per aclarir el tema.

Els cercles de color verd contenen les corbes (grogues) de la peça de suport amb els lòbuls incrustats. Considerant el cercle superior com la gorja d'un hiperboloide, amb secció a la hipèrbola que s'indica, es troba la intersecció entre 1(hiperboloide) i 2/3 (els plans del cercle). És evident que les línies d'intersecció *i* / *i'* difereixen molt de la solució en arc de color groc.

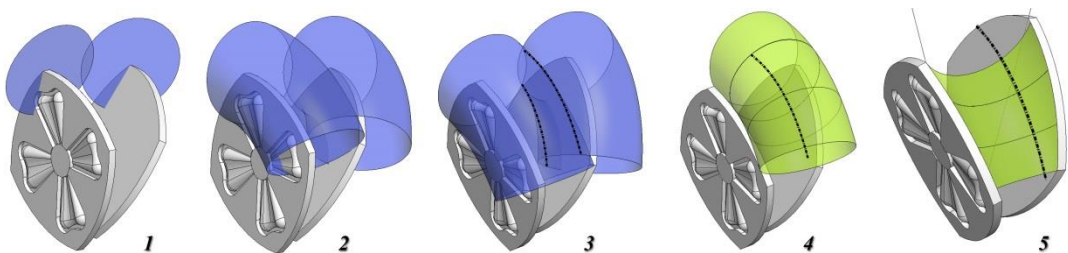
Descartat l'hiperboloide de revolució es podria pensar en un hiperboloide, també hiperbòlic, però de secció el·líptica. Una opció que no es té en comte perquè, a l'anàlisi de la fotografia, la secció per la gorja no és ni una el·lipse ni una hipèrbola.

Finalment, l'opció triada per generar el model 3D, parteix de contemplar la possibilitat que la superfície de la part superior fos feta a base del desplaçament d'una plantilla recolzada en els costats de la cares planes que contenen els lòbuls. La plantilla és el cercle que es dedueix de la fotografia, i té un diàmetre d'1.95 cm. En una maqueta de guix, aquest procediment és molt senzill d'aconseguir. Només es tracta de fer lliscar una esfera, amb el diàmetre corresponent, per sobre de les dues arestes del mòdul prefabricat. El material, sigui fang o sigui guix, pren la forma en qüestió de manera natural. En el model 3D, aquest moviment tan intuïtiu necessita una mica de reflexió i d'estratègia per tal trobar un procés de generació equivalent.



El procés seguit ha estat el següent:

- Per trobar la trajectòria de l'esfera de diàmetre 1.95, s'han modelat dues superfícies de secció circular, amb el radi esmentat, per extrusió, en cada cas, de la circumferència corresponent seguint les corbes superiors de les cares planes que contenen les creus.
- La intersecció superior d'aquestes dues superfícies¹³¹ dona la trajectòria que ha de seguir l'esfera. El desplaçament d'aquesta esfera, seguint la trajectòria determinada, genera la superfície buscada.



Il·lustració VI-9 Seqüència de construcció del sostre de la Creu.

Pel que fa a sistema constructiu, aquesta superfície es pot resoldre fent una volta seguint la tradició catalana¹³². S'adjunta a continuació la "Làmina VI.6_02 Descripció dièdrica de la Creu superior".

¹³¹ Donat que la trajectòria de la secció circular és un arc, la superfície a la que fem referència és un torus.

VI.7 Definició final de les parts estudiades.

Arribats a la part superior del pinacle de Sant Bernabé i havent passat per tots els trams, explicats pas a pas, en aquest punt es presenta, de manera completa, la suma de tots els punts anteriors. Tot i la gran quantitat de proves fetes, en cada fitxer s'ha modelat la definició final del tram, com a solució última. De manera que el model complet està format per la suma d'aquestes solucions.

En el procés seguit en cada tram, es pot veure el plantejament que Gaudí fa de cada part i com es resol la unió entre aquestes parts. Però, ¿com s'assegura la continuïtat estructural entre les parts?.

La resposta ha anat apareixent en diferents punts de la tesi, però ara és el moment de parlar-ne de manera exclusiva¹³³. De fet, l'objectiu d'aquest punt és poder despullar el pinacle i deixar a la vista l'estructura metàl·lica que li dona la resistència necessària. Evidentment es tracta d'una suposició; però una suposició basada en la comprovació i l'estudi de tota la pell (interior i exterior) que defineix el pinacle. Ara, pràcticament arribant al final, és el moment d'aventurar una solució a aquesta enigma. En totes les obres estudiades, el ferro ha aparegut com a element resistent, sempre amagat dins la part massissa del volum.

La geometria que descriu la peça metàl·lica ha de ser senzilla, i cal que es mantingui entre la pell exterior i la pell interior, descrites i modelades en les pàgines anteriors. Les solucions tècniques per unir unes parts amb les altres s'han de basar en els sistemes de l'època i per tant cal pensar en què les unions es resolen amb reblons.

Analitzant tot l'element estudiat s'identifiquen clarament tres parts: la part inferior de la macla, la part central que inclou la macla i les transicions, i finalment la part per sobre de la macla que inclou la creu. La única part on es fa evident l'estructura és a l'interior del poliedre per on hi travessen tres elements verticals en una posició absolutament fora de lloc.

En el disseny d'aquesta part metàl·lica s'han utilitzat perfils de secció oberta i no s'ha entrat en el detall. El que sí s'ha respectat és la geometria de les dues pells exterior i interior i un cert criteri d'ordre basat en el número 3. A continuació es presenta el resultat d'aquest model.

¹³² “y para cubrir el empleo de *bóvedas tabicadas* de varios gruesos” cita de Gaudí a (Bassegoda i Nonell, 1996)

¹³³ En el capítol VI.2 ens referim al número del juliol 1918 de la revista el propagador.

VI.7.1.1 Làmina VI.6.1 Alçats principals del pinacle a partir del model tridimensional.

VI.7.1.2 Làmina VI.6.2 Alçats i seccions del pinacle a partir del model tridimensional.

VI.7.1.3 Làmina VI.6.3 Axonometries a partir del model tridimensional.

3part
CAPÍTOL VII

CAPÍTOL VII. CONCLUSIONS

El punt de partida de la tesi era la hipòtesi que una representació acurada i interpretativa dels pinacles que coronen les torres de la façana del Naixement de la Sagrada Família permetria entendre millor no només les lleis formals de definició d'aquests elements sinó també la seva lògica constructiva. Tal hipòtesi es fonamentava en l'experiència de treballs previs, realitzats en el si del CAIRAT, que venien a evidenciar que el procés de modelatge 3D d'edificis i elements arquitectònics i la posterior construcció del seu discurs gràfic explicatiu, basat en vistes i dibuixos extrets del model tridimensional, comportaven un procés de treball que obligava a fer una prèvia interpretació geomètrica i constructiva de l'element; una interpretació profunda que, en canvi, pot ser eludida en representacions gràfiques convencionals (dibuixos 2D) o en la confecció de maquetes físiques que, per raons d'escala, poden deixar sense resposta incògnites que difícilment es poden defugir en un modelatge amb aplicacions de CAD.

De bon principi, va quedar clar que el tema dels pinacles no podia analitzar-se de manera epidèrmica, com ho faria un escàner, sinó que en tot moment calia vincular forma i procés constructiu. Calia doncs entendre que les anàlisis geomètriques es farien des del punt de vista d'entendre les lleis que ordenaven el pensament constructiu, és a dir, entendre aquelles estructures de pensament que permetien fer construïbles les formes que Gaudí imaginava. Des del primer moment s'entén, doncs, que les formes gaudinianes i el seu plantejament constructiu són previs a la geometria, és a dir, que Gaudí no construeix formes geomètriques sinó que usa la geometria per ordenar i fer possible la construcció de les seves formes.

Per ratificar aquestes premisses, s'ha aprofundit en el coneixement de la formació geomètrica de Gaudí i en el concepte que ell tenia d'aquesta disciplina. A través de l'anàlisi dels programes docents que va seguir i dels professors que els impartien, de l'estudi d'obres seves i, sobretot, del recull de sentències i pensaments formulats davant dels seus col·laboradors, s'ha intentat fer un retrat força acurat del pensament geomètric de Gaudí. Un retrat que deixa palesa la seva defensa d'una geometria visual, tàctil fins i tot, orientada a resoldre els problemes de control de la forma a peu d'obra. Una geometria sintètica que ell contraposa a la analítica, que considera fruit del pensament nòrdic i allunyada de la plàstica i la creativitat mediterrània.

La distinció que Gaudí fa entre geometria sintètica i geometria analítica, fa veure, gairebé en paraules del mateix Gaudí, com les més noves tecnologies actuals pertanyen al pensament analític, en contraposició als sistemes constructius tradicionals, els del temps de Gaudí, els quals només poden regir-se per un pensament de geometria sintètica. Això porta a una reflexió, que la tesi deixa oberta, sobre el sentit de continuar una obra concebuda en el marc d'una

construcció tradicional -per tant reflex d'un control sintètic de la forma-, amb tecnologies actuals que es basen en el pensament analític, és a dir, tecnologies que poden controlar cada punt d'una superfície de manera independent.

Entenent que la geometria és una disciplina cabdal en el treball de Gaudí, especialment a la Sagrada Família, s'ha passat revista a les formes geomètriques amb què operava. Es constata, que el repertori formal tradicional de l'arquitectura actua com un fre que coarta la seva creativitat, i es conclou que les superfícies reglades guerxes representen una porta que li obre a Gaudí un munt de noves possibilitats formals que no només donen sortida a la seva creativitat, fins llavors restringida al vocabulari tradicional, sinó que li permeten avançar en la seva recerca de la forma contínua i "natural".

L'anàlisi de l'obra i dels mètodes de treball de Gaudí fan veure que un punt de vista centrat exclusivament en la geometria gràfica deixaria de banda un camp fonamental en l'univers formal de Gaudí, especialment a la Sagrada Família: el que en podríem dir de les formes de transició resultants d'un procés de modelatge. Això va portar a seguir el fil dels maquetistes, personatges fonamentals en el procés de treball de Gaudí al seu Obrador. D'aquest fil, novament es constata que, en Gaudí, la forma sempre va abans que la geometria, i que la funció d'aquesta és bàsicament reguladora. En aquest cas, quan l'obra no és formalitzada pel treball de paleta, sinó a través de la feina prèvia dels picapedrers, queda clar que, bo i treballant com treballava amb tècniques d'escultura, al final les formes han de ser racionalitzades per fer factible el treball dels artesans que tallen pedra, i evitar així la complexitat d'un canvi d'escala per tècniques d'escultor o la necessitat de fer models d'escaiola a mida real.

Atès que els pinacles són elements que provenen de l'arquitectura gòtica, i que el mateix Gaudí ocasionalment defineix la Sagrada Família com un perfeccionament del gòtic, va semblar oportú aprofundir sobre què hi ha de cert en aquesta afirmació gaudiniana. En aquest sentit, l'anàlisi efectuat porta a concloure que tal afirmació de Gaudí té el seu sentit, si s'examina des d'un context històric del moment en què va ser formulada. Amb tot, es fa notar que hi ha moltes raons per considerar que la Sagrada Família, tot i el seu concepte nadiu com a "catedral del pobres", té ben poca cosa a veure amb una catedral gòtica. Certament, s'hi reconeixen alguns aspectes formals que l'emparenten amb el gòtic però, ni per concepte estructural ni pels sistemes constructius amb què s'erigeix, no es pot identificar ni amb un temple gòtic ni amb cap altre corrent arquitectònic tipificat.

Considerant que el pinacle de la torre de Sant Bernabé és, de fet, l'última cosa que Gaudí construeix en vida, s'entén que no deixa de ser una síntesi de tot el seu coneixement sobre el disseny i execució d'aquesta mena d'elements de remat. En conseqüència, abans d'analitzar aquest pinacle, ha semblat raonable fer una anàlisi d'altres elements similars, prèviament realitzats per Gaudí, que poguessin aportar informació sobre algunes constants del seu treball, i ajudar així a fer un millor plantejament de l'estudi del cas de la façana del Naixement.

En aquest sentit, es constata que, en el cas de torres rematades amb pinacles, la forma segueix els passos següents: 1) l'element parteix d'una base poligonal que dóna lloc a un prisma vertical; 2) a una certa alçada, s'inicia una convergència en forma de piràmide o de con; i 3) en aquest recorregut convergent, apareixen traçats helicoïdals, ja sigui amb caràcter ornamental o amb intenció estructural. Pel que fa a proporcions, s'observen unes relacions que, en el cas de les torres, és aproximadament d'1/7, mentre que, en el dels remats cònics és d'1/4. Com en altres detalls d'obres de Gaudí, en gairebé tots els elements estudiats apareixen el que en podríem dir solucions de continuïtat, és a dir, zones de transició entre una geometria i una altra. Per últim, és de remarcar la ja esmentada presència de diferents tipus d'hèlixs. En més d'un cas, l'hèlix es materialitza en forma d'estructura metàl·lica interna que confereix rigidesa a l'element i en garanteix la resistència a flexió i torsió.

Com s'havia previst, l'estudi realitzat ha donat el coneixement necessari del pinacle de la Sant Bernabé per fer-ne un complet model 3D i el subsegüent discurs gràfic. Sense tanta extensió, s'ha seguit el mateix procediment amb la resta d'elements gaudinians estudiats prèviament. Tal com s'ha plantejat aquesta tesi, tot aquest material gràfic inèdit generat constitueix, per ell mateix, el gruix de les seves conclusions. Tot plegat conforma un discurs no textual, sinó gràfic i visual, que representa la principal aportació del treball. Ja durant el procés s'ha pogut constatar que estudiosos del temple de Gaudí, fins i tot vinculats a les obres de la Sagrada Família, han descobert en els dibuixos de la tesi aspectes de la construcció d'aquests pinacles que els eren del tot desconeguts, bàsicament pel fet que no ho havien vist mai d'aquesta manera. Sembla oportú, arribats a aquest punt, recuperar les paraules de Gaudí a Martinell, quan li parla de la força que té "veure" les coses: ... quan un ha vist una cosa diu: "Sí, és cert, jo ho he vist." Quan en matemàtiques queda demostrat quelcom, es diu que és evident. L'evidència és als ulls de l'esperit el que la visió és als ulls del cos."

En tant que docent, és inevitable acabar amb una reflexió feta des de la posició de qui, ja des de fa uns quants cursos, assumeix la responsabilitat d'orientar estudiants en el seu procés de formació gràfica. Durant molts anys, s'ha discutit l'ús de sistemes informàtics en la formació gràfica de les escoles d'arquitectura. Sortosament, això avui ja no és objecte de discussió. Però és dubtós que aquesta acceptació s'hagi basat en arguments acadèmicament sòlids. Dóna la impressió que més aviat ha estat el fet que l'ús de sistemes informàtics era ja una realitat a l'àmbit professional el que ha donat llum verda a l'entrada dels ordinadors a les nostres aules. Massa sovint hom té la sensació que s'ensenyava els estudiants a fer ús d'aplicacions informàtiques de caire gràfic com anys enrere s'ensenyava a les futures mecanògrafes a assolir un cert nombre de pulsacions per minut. En una escola d'arquitectura, a un estudiant se li han de donar eines per reflexionar, per aprofundir, per aprendre a plantejar-se i a resoldre problemes que, alhora, li

hauran de plantejar nous problemes sobre els quals haurà de seguir reflexionant i avançant. Un universitari no és algú que s'ha de preparar per fer el que li manin, sinó una persona formada a plantejar i resoldre problemes i prendre decisions encertades per ell mateix. En aquest sentit, l'experiència de la tesi ve a corroborar que un bon sistema de CAD és una eina de primer ordre per ensenyar a pensar i reflexionar sobre la forma, la geometria i els sistemes constructius. De la mateixa manera, la construcció d'un discurs gràfic -pensat, controlat, sense automatismes estandaritzats, sospesant en cada moment quina és la millor decisió- és un exercici imprescindible per a tot aspirant a arquitecte.

BIBLIOGRAFIA

VII.1 Bibliografia

"*L'ànima geomètrica dels elements pinaculars en l'arquitectura gaudiniana*".

Ávila Casademont, Genís y Font Comas, Joan. 2014. Barcelona : s.n., 2014.

Abajo, F.Javier Rodríguez de. 1982. *Geometria Descriptiva, sistema diédrico.* San Sebastián : Editorial Donostiarra, 1982.

Animation to Explain Constructive Geometry . **avila casademont, genís, font comas, Joan y crespo cabillo, isabel. 2013.** Alger : s.n., 2013.

Armengol, Jordi Bonet i. 2002. Les Escoles provisionals de la Sagrada Família. *Les Escoles provisionals de la Sagrada Família.* Barcelona : Editorial Escudo de Oro SA, 2002. ISBN 84-378-2424-9.

Asociación pro Beatificación de Antoni Gaudí. Hacia la beatificación de Antoni Gaudí, desde 1992. Barcelona : Comgrafic, SA. ISBN: B188392012.

Aymar Ragolta, Jaume. <http://jaumeaymar.blogspot.com.es/2009/11/cinco-claves-para-comprender-el-arte.html>. [En línea]

Aymar Ragolta, Jaume. 1993. L'arquitecte Joan Martorell i Montells. Mestre d'Antoni Gaudí. barcelona : s.n., 1993.

Barranco Martín, Carmen, y otros. 2002. *Colegio de las Teresianas, de Gaudí - Historia y Arquitectura.* Barcelona : s.n., 2002.

Bassegoda i Nonell, Joan. 1996. *L'estudi de Gaudí, selecció d'articles revista Temple(1971-1994).* Barcelona : Junta constructora del Temple Expiatori de la Sagrada Família, 1996. B-16057-96.

Bassegoda Nonell, Joan. 1968. El proyecto de la primera Sagrada Família debido al arquitecto don Francisco del Villar y Lozano. *La Vanguardia.* viernes, 7 de junio de 1968, 1968, Vol. pag 47.

Bassegoda Nonell, Joan y Gabarró, Gustavo García. *La càtedra Gaudí. Estudio analítico de su obra.*

Bassegoda Nonell, Juan. 1996. *L'estudi de Gaudí, Selecció d'articles publicats a la revista Temple (1971-1994).* Barcelona : Junta Constructora del Temple Expiatori de la Sagrada Família, 1996.

Bergós i Massó, Joan y Marc, Llimargas. 1999. *Gaudí, l'home i l'obra.* Barcelona : Lunwerg editores, 1999.

Birgit Beyer, Espérazza, y otros. 1999. *Gotik.* Köln : Könemann Verlagsgesellschaft mbH, 1999. 3-8290-1742-1.

Bohigas, Oriol. 2002. Desarelats? *GAUDÍ 2002 MISCEL·LÀNIA.* barcelona : planeta, 2002, p. 20-25.

Bonet i Armengol, Jordi. 2002. *Les Escoles de La Sagrada Família.* barcelona : Editorial Escudo de Oro SA, 2002. ISBN 84-378-2424-9.

—. **2000.** *L'últim Gaudí, El modulad geomètric del Temple de la Sagrada Família.* Barcelona : ECSA, 2000. ISBN-84-7306-633-2.

- Burry, Mark, Coll Grifoll, Jordi y Gómez Serrano, Josep. 2008.** *SAGRADA FAMILIA s. XXI, Gaudí ara*. Barcelona : Edicions UPC, 2008.
- Buxadé, Carles y Margarit, Joan. 2002.** Estructura i Espai. *Gaudí. La recerca de la forma. Espai, geometria, estructura i construcció*. Barcelona : Lunwerg editores, 2002.
- Cabanyes, Oriol Pi de. 2002.** *Gaudí una cosmogonia*. Barcelona : Proa, 2002. ISBN: 84-8437-397-5.
- . **2002.** *Gaudí, una cosmogonia*. Barcelona : Edicions Proa, 2002. ISBN: 84-8437-397-5.
- Camille Halabi, Maruan. 2008.** Los inicios de la aplicación de la tecnología CAM en la arquitectura: la Sagrada Familia. *Tesis Doctoral-ESARQ*. octubre de 2008. director: dr. Alberto T. Estévez.
- Casanelles, E. 1965.** *Nueva Visión de Gaudí*. Barcelona : La Polígrafa SA, 1965.
- Casanelles, E., y otros. 1991.** *Antoni Gaudí, Estudios Críticos 5*. Barcelona : Ediciones del Serbal, 1991. ISBN: 84-7628-087-4.
- Castellar-Gassol, Joan. 1999.** *GAUDÍ, La vida d'un visionari*. Barcelona : Edicions de 1984 sl, 1999. ISBN: 84-86540-54-2.
- Castro Villalba, Antonio. 1995.** Historia de la construcción arquitectònica. barcelona : Edicions UPC, 1995.
- Centro de estudios gaudinistas. 1960.** *Gaudí*. Barcelona : Cuadernos de arquitectura, 1960.
- Centro de estudios Gaudinistas. 1970.** *Jornadas internacionales de estudios gaudinistas*. Barcelona : Editorial Blume, 1970.
- Cirlot, Juan-Eduardo, Vivas, Pere y Pla, Ricard. 2002.** *Gaudí*. Barcelona : Triangle Postals SL 2002, 2002.
- Codinachs, Marcià. 1982.** Antoni Gaudí - Manuscritos, artículos, conversaciones y dibujos. Murcia : s.n., 1982. ISBN: 84-500-7832-6.
- Coll, Jordi, y otros. 1996.** *La Sagrada Familia. De Gaudí al Cad.* Barcelona : Edicions UPC 1996, 1996. ISBN: 84-8301-148-4.
- Crespo Cabillo, Isabel.** Control gráfico de formas y superficies de transición. Barcelona : s.n.
- Cussó i Anglès, Jordi. 2010.** *Gaudí(r) de la natura i de la Sagrada Família*. [ed.] Pagès Editors. Barcelona : Editorial Milenio, 2010.
- Damisch, Hubert. 1964.** *L'architecture raisonnée*. Paris : Collection Savoir Hermann, 1964. pág. 228. ISBN: 2-7056-5888-2.
- diversos. 1970.** *Memoria de la Catedral Gaudí*. Barcelona : Edicions GEA, 1970.
- Elias, Jordi. 1961.** *Gaudí, Assaig Biogràfic*. Barcelona : Edicions "CIRCO", 1961.
- Els poliedres als pinacles del temple. Alsina, Claudi. Setembre-October 2010.* Setembre-October 2010, Temple, págs. 4-7.
- Fargas, Albert i Vivas, Pere. 2009.** *Simbologia del Temple de la Sagrada Família*. Barcelona : Triangle Postals SL, 2009. p. 200. 978-84-8478-404-3.

- Faulí Oller, Jordi. 2009.** Composició i continuïtat en les columnes i voltes de les naus del Temple Expiatori de la Sagrada Família. Barcelona : Tesi doctoral UPC, 2009.
- Flores, Carlos y Huertas, Josep Maria. 1999.** *La Pedrera, arquitectura e historia.* Barcelona : Caixa Catalunya, 1999. 84-87135-35-8.
- Franch, Carmen. 2014.** *Col·legi de les Teresianes.* 11 de novembre de 2014.
- Gallego, Juan Antonio Sánchez. 1993.** *Geometria descriptiva. Sistemas de proyección cilíndrica.* Barcelona : Edicions UPC, 1993.
- Gallego, Juan-Antonio Sánchez. 1993.** *Geometria descriptiva. Sistemas de proyección cilíndrica.* Barcelona : Edicions UPC, 1993.
- García Gabarró, Gustavo y Bassegoda Nonell, Juan. 1999.** *La catedral de Antoni Gaudí, estudio analítico de su obra.* Barcelona : Edicions UPC, 1999. ISBN: 84-8301-283-9.
- Gaudí al descobert.* **Medarde, Manuel i Marín, Marià. 2013.** 1506, Barcelona : Revista El Temps, 2013, p. 12-29.
- Gaudí al descobert, EL TEMPS.* **Medarde, Manuel i Marín, Marià. 23 abril 2013.** 1506, Barcelona : s.n., 23 abril 2013.
- 2002.** *Gaudí vist desde la retina japonesa, el perquè d'una fascinació.* Barcelona : s.n., 2002.
- Giralt-Miracle, Daniel, y otros. 2002.** *Gaudí. La recerca de la forma.* Barcelona : Lunwerg Editores, 2002. ISBN: 84-7782-723-0.
- Gómez Serrano, Josep, y otros. 2012.** *Gaudí invisible.* Barcelona : Etsav-upc, 2012.
- Grima López, Rosa.** El hormigón en el templo de la Sagrada Familia. *TEsina.* Antonio Aguado de Cea y Josep Gómez Serrano.
- Helmut, Pottmann, y otros. 2007.** *Architectural Geometry.* Exton, Pennsylvania : Bentley Institute Press, 2007.
- Heyman, Jacques. 1995.** *El esqueleto de piedra, Mecánica de la arquitectura de fábrica.* [trad.] Gema M. López Manzanares. Cambridge : Cambridge University Press, 1995. ISBN: 84-89977-73-9.
- La búsqueda de un nuevo lenguaje en el pasado.* **Mackay, David. 2002.** 58, Barcelona : Barcelona Metròpolis Mediterrània, 2002.
- La Miranda, un edifici de Llinars del Vallès.* **Grau Nogueras, Maria Antònia. 2003.** 24, Granolles : Lauro: revista del museu de Granollers, 2003, Vol. Espai obert.
- La reconstrucción virtual del Obrador de Gaudí.* **Gómez Serrano, Josep, y otros. 1996.** 9, Valencia : UPV, 1996, Loggia, págs. 30-43.
- Lahuerta, Juan José. 2002.** Tres sales al voltant de Gaudí. *GAUDÍ 2002 MISCEL·LÀNIA.* BARCELONA : PLANETA, 2002, págs. 27-39.
- López, Carlos Flores. 1982.** *Gaudí, Jujol y el modernismo catalan.* Madrid : aguilar sa de ediciones, 1982.
- Lora Ordaz, Abel y Villaescusa Caballero, Fco. Javier. 2001.** CRONOLOGIA DEL TEMPLO EXPIATORIO DE LA SAGRADA FAMILIA. *UPC.* 2001.

- Los proyectos de Gaudí para las religiosas de Jesús-María (1877-1882).*
Bassegoda Nonell, Joan. Barcelona : s.n.
- Manual o digital. Fundamentos antropológicos del dibujar y construir modelos arquitectónicos.* **Trachana, Angelique.** 2012. 2012, Ega. Expresión Gráfica Arquitectònica, págs. 288-297.
- Martí Monteys, A., y otros.** 1926. *Antoni Gaudí, La seva vida, les seves obres, la seva mort.* Barcelona : Poliglota, 1926.
- Martinell, Cèsar.** 1951. *Gaudí i la Sagrada Família explicada per ell mateix.* barcelona : s.n., 1951.
- Michell, George.** 1995. *Architecture of the islamic world, its history and social meaning.* London : 1978 Thames and Hudson Ltd, 1995.
- Modeling Sant Bernabé pinnacle of the Sagrada Família (Barcelona, Spain).*
nUÑEZ, aMPARO, y otros. 2007. pag 363-370, Barcelona : Grün/Kahmen, 2007, Vols. Optical 3-D measurement techniques VII. 3-906467-67-8.
- Morales, Ignasi Solà de.** 2003. *Antoni Gaudí.* Barcelona : Edicions Polígrafa, 2003.
- Nocito, Gustavo J.** 1998. Los cuerpos geométricos en la arquitectura de Gaudí. Barcelona : Tesi doctoral UPC, 1998.
- Permanyer, Lluís y Levick, Melba.** 1998. *Antoni Gaudí.* Sant Joan Despí : 1998 Edicions Polígrafa SA, 1998. ISBN: 84-343-0855-x.
- Presas i Puig, Albert.** 1997. *Un Ejemplo de la geometria practica del gòtico: El büchlein der fialen gerechtigkeit y la geometria deutsch de Matthäus Roriczer.* s.l. : LLULL, 1997. Vol. 20.
- Puig Bermejo, David.** 2014. Evolució geomètrica i estructural de les naus de la Sagrada Família. Barcelona : Tesi doctoral, UPC, 2014.
- Puig i Boada, Isidre.** 1986. *El Temple de la Sagrada Família.* Barcelona : Edicions de Nou Art Thor, 1986. ISBN: 84-7327-135-1.
- Puig-Boada, Isidre.** 1981. *El pensament de Gaudí. Compilació de textos i comentarissr.* [ed.] COAC. Barcelona : La Gaya Ciència, SA, 1981. ISBN: 84-7080-159-7.
- Rabasa, Enrique y Castellanos, Agustín.** 2007. *Guía práctica de la estereotomía de la piedra.* León : s.n., 2007.
- Rius Santamaria, Carles.** *Gaudí i la quinta potència, la filosofia d'un art.* s.l. : Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.
- Ros Pérez, José Luis.** 1983. Los dibujos de un modernista. Claroscuro de Francisco de Asís Berenguer i Mestres. Barcelona : s.n., 1983.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio, y otros.** 1996. *QVATRO EDIFICIOS SEVILLANOS, METODOLOGÍAS PARA SU ANÁLISIS.* Sevilla : COAAOc, 1996. ISBN 84-88075-30-8.
- Ruiz de la Rosa, Antonio.** *Traza y simetría de la arquitectura en la Antigüedad y Medievo.*
- Samper Sosa, Albert.** 2014. Análisis fractal de las catedrales góticas (Tesis doctoral). Reus : s.n., 2014.

- Serrallonga Gasch, Jaume. 2003.** *Geometria i mecànica en els models de Gaudí.* Barcelona : Tesis doctoral UPC, 2003.
- Shelby, Lon.** *Gothic Design Techniques. the Fifteenth-Century Design Booklets of Mathes Roriczer and Hanns Schumuttermayer.*
- Simson, Otto von. 1956.** *La Catedral Gótica Los orígenes de la arquitectura gótica y el concepto medieval de orden.* [trad.] Fernando Villaverde. New York : Alianza Editorial, SA, 1956.
- Tàrrrech, Armand Puig. 2010.** *La Sagrada Família segons Gaudí. Comprendre un símbol.* Barcelona : Raval Edicions SLU, Pòrtic, 2010. ISBN:978-84-9809-158-8.
- Toman, Rolf, Birgit, Esperanza Beyer y BorngÄsser, Barbara. 1998.** *Gotik.* Köln : Könemann Verlagsgesellschaft mbH, 1998. ISBN 3-8290-1742-1.
- Torii, Tokutoshi. 1983.** *El mundo enigmático de Gaudí.* Madrid : s.n., 1983. ISBN 8485559304.
- Urbano Lorente, Judith. 2013.** *Eclecticisme i Arquitectura. August Font i Carreras (1845-1924).* Barcelona : Dux, 2013.
- Urbano, Judith y Bassegoda, Joan. 2002.** *Gaudí a París l'any 1910.* Barcelona : s.n., 2002.

VII.2 Il·lustracions

Il·lustració II-1 Secció transversal de la Façana del Naixement feta per Berenguer.....	37
Il·lustració II-2 Fotografia d'època del taller d'Antoni Gaudí al peu de la Sagrada Família. Arxiu de la Sagrada Família.....	55
Il·lustració II-3 Fotografia d'època del mateix espai que la fotografia anterior. Arxiu de la Sagrada Família.....	56
Il·lustració II-4 Fotograma del vídeo explicatiu de la construcció d'un paraboloid hiperbòlic. La barra de color taronja llisca per sobre de dues línies guies generant en la seva trajectòria una superfície.....	59
Il·lustració III-1 Façana Catedral de Barcelona projectada	66
Il·lustració III-2 Planta Primera de la Façana Naixement en detall segons plànol acotat	77
Il·lustració III-3 Base geomètrica teòrica 1 Façana Naixement.....	77
Il·lustració IV-1 Façana presentada a l'ajuntament per obtenir la llicència d'obres	87
Il·lustració IV-2 Visió parcial del plànol de la planta 3 corresponent a la documentació original entregada a l'ajuntament.....	87
Il·lustració IV-3 Fotografia de la façana de La Pedrera, tal i com la coneixem avui	88
Il·lustració IV-4 Alguns exemples de les xemeneies del Palau Güell	89
Il·lustració IV-5 Diferents tipus de seccions horitzontals.....	90
Il·lustració IV-6 Hèlix cònica, localitzada en una fotografia de l'estudi "Obrador" de Gaudí. Arxiu Sagrada Família.....	90
Il·lustració IV-7 Secció Poligonal a l'esquerra i Secció Lobulada a la dreta.....	92
Il·lustració IV-8 Xemeneies del Palau Güell, a l'esquerra amb seccions poligonals rectes, a la dreta amb la secció lobulada.....	93
Il·lustració IV-9 Diferents solucions per a la construcció de la superfície helicoïdal.....	93
Il·lustració IV-10 Badalot de sortida a la coberta de La Pedrera	95
Il·lustració IV-11 Fotografia dibuix original de Gaudí.....	96
Il·lustració IV-12 Planimetria feta per Torii l'any 1982	96
Il·lustració IV-13 Visió actual de la Sagrada Família. Aquest punt de vista permet veure totes les torres del conjunt, i en dona una imatge ben diferent a la visió frontal a les façanes.....	98
Il·lustració IV-14 Alçat original Convent de Tànger acotat. Aquest alçat recorda la visió esbiaixada de la fotografia anterior.....	98
Il·lustració IV-15 Croquis original de la planta del convent. Al costat, secció horitzontal d'un tronc, casualitat?	99
Il·lustració IV-16 Recull d'alguns dels elements característics de la Colònia Güell.....	101
Il·lustració IV-17 Plànol de situació de la Casa del mestre dins la Colònia Güell. Fotografia des de l'eix que ens hi porta.....	102
Il·lustració IV-18 Pinnacle a les Escoles de la Colònia Güell, de Francesc Berenguer,	103
Il·lustració IV-19 Fotografia del Plànol de l'edifici al Parc Güell	105
Il·lustració IV-20 Fotografies de J. Gutiérrez Marcos	105
Il·lustració IV-21 Fotografies de la Creu situada a la cantonada nord oest	107
Il·lustració IV-22 Fotografia invertida del conjunt de tres obertures situades a la planta baixa. La superposició d'una cadena constata de manera evident la base del seu traçat, esquema que també serveix per al traçat de les cartel·les a la base dels elements de cantonada	108
Il·lustració IV-23 Alçat Porta principal del Parc Güell, arxiu Càtedra Gaudí.....	111
Il·lustració IV-24 Comparació entre el dibuix de l'alçat i la fotografia d'època de l'estat final.....	113
Il·lustració IV-25, presa de dades interior	114
Il·lustració IV-26 Mides interiors.....	114
Il·lustració IV-27, fotografia exterior	115
Il·lustració IV-28 Retall del perfil metàl·lic identificat com de la torre del Parc Güell.....	119
Il·lustració IV-29 Fotografia de la reixa i de l'element de coronament de la torre realitzat amb el passamà descrit	120
Il·lustració IV-30 Fotografia del plànol de maig de 1955 amb els detalls del reforç interior.....	121
Il·lustració IV-31, maqueta il·lustrativa de la suposada superposició dels elements metàl·lics.....	122
Il·lustració IV-32, comparació remat original i actual.....	123
Il·lustració IV-33, Fotografia d'època.....	124
Il·lustració IV-34, imatge de la web cameronius.com.....	125

Il·lustració IV-35 Imatge virtual realitzada a partir del model tridimensional seccionat en part, deixant veure la malla metàl·lica de la totalitat de la peça.....	126
Il·lustració IV-36, casa Bell Esguard des de les runes del castell.....	129
Il·lustració IV-37 estat de deteriorament del pinacle abans del 1983.....	130
Il·lustració IV-38 Vista inferior de la base del coronament del pinacle un cop desmuntat per la seva restauració. Fotografia de Bis Arquitectes. S'identifiquen clarament la part del nucli, la part de pedra perimetral i la part de reomplert.....	131
Il·lustració IV-39 Fleix dins el massís del pinacle envoltant la part del nucli.....	131
Il·lustració IV-40 Sostre sala principal casa Bellesguard amb elements metàl·lics.....	132
Il·lustració IV-41 Entrada a la casa amb el mosaic que segueix la geometria.....	133
Il·lustració IV-42 Planta zenital del sostre de la torre i Planta de la creu.....	135
Il·lustració IV-43 Geometria bàsica dels elements de coronament, tots són octògons regulars, a excepció del traçat de color blanc que serveix per comparar.....	135
Il·lustració IV-44 Seqüència d'imatges del procés constructiu que es segueix. Làmina IV-7-01.....	136
Il·lustració V-1 Reproducció del mapa cronològic de les 3 etapes.....	141
Il·lustració V-2 Façana Est del Temple, Façana del Naixement, dibuix de Berenguer.....	144
Il·lustració V-3 Dibuixos de Berenguer.....	145
Il·lustració V-4 detall acotat dels tornaveus a façana.....	151
Il·lustració V-5 Imatge esquemàtica del model on apareixen les filades i graons.....	152
Il·lustració V-6 Fotografia presa l'any 1905.....	153
Il·lustració V-7 Fotografia de l'any 1909.....	153
Il·lustració V-8 Fotografia presa el 1912.....	154
Il·lustració V-9 fotografia de la maqueta exposada a París (f081200016.jpg).....	155
Il·lustració V-10, f081200023 arxiu Sagrada Família.....	158
Il·lustració V-11 Dibuix de la façana publicat a l'Àlbum dedicat a la Sagrada Família per la revista El Propagador l'any 1914 i el 1917 també.....	160
Il·lustració V-12 plànol presentat l'any 1921 a la revista El Propagador.....	161
Il·lustració V-13 Restes recomposades pel taller de maquetes de la SAGRADA FAMÍLIA.....	166
Il·lustració V-14 Calc dibuix de Francesc Cardoner B.....	167
Il·lustració V-15 Imatge extreta del folletó "Los proyectos de Gaudí para las religiosas de Jesús-Maria(1877-1882) de Joan Bassegoda Nonell.....	168
Il·lustració V-16 Croquis de la planta Hotel a Nova York.....	168
Il·lustració V-17 desplegament de la macla R88 i vista en perspectiva.....	170
Il·lustració V-18, Mènsules polièdriques a les balconades.....	170
Il·lustració V-19 les dues fotografies estan preses al taller de maquetes de la Sagrada Família.....	171
Il·lustració V-20 Gràfic per regular la grandària de l'escultura monumental.....	173
Il·lustració V-21 Fotografia aèrea de l'entorn de la Sagrada Família amb les distàncies màximes des d'on es poden llegir les lletres.....	175
Il·lustració V-22 Distàncies de lectura dels textos aplicades a la secció.....	176
Il·lustració V-23 Fotografia plànol urbanístic al voltant de la Sagrada Família amb els alçats esquemàtics i la relació angular esmentada.....	177
Il·lustració V-24 esquema correcció alçades en funció de la visual.....	178
Il·lustració V-25 Ampliació de l'esquema amb les Mides en vertical un cop corregides seguint el criteri per la correcció de figures de Gaudí.....	179
Il·lustració V-26 Croquis de Gaudí del conjunt de la Sagrada Família.....	182
Il·lustració V-27 Fragment de la revista El Temple.....	184
Il·lustració V-28 Fotografia on es veuen les tres filades corresponents a la corona.....	186
Il·lustració V-29 A l'esquerra, arribada d'una pedra corresponent a la H d'Hosanna, a la part superior de la torre. I a la dreta, fotografia d'un "crochet".....	187
Il·lustració V-30 fotografia interior de la macla.....	191
Il·lustració V-31 Revista El Propagador -gener 1925-.....	192
Il·lustració V-32 Fotografia de l'arxiu de la Sagrada Família.....	193
Il·lustració VI-1 Imatges en planta i axonometria del final de la torre.....	198
Il·lustració VI-2 Especejament dels blocs que contenen les lletres Hosanna i Excelsis.....	203
Il·lustració VI-3 Dues mostres del bloc que sosté la lletra H en el pinacle de Bernabé.....	204
Il·lustració VI-4 Aplicant els corresponents talls al bloc, en resulta la geometria de cada element.....	204
Il·lustració VI-5 Imatge virtual de la pedra resultant un cop aplicats el talls "teòrics".....	205
Il·lustració VI-6 fotografia amb el detall dels possibles anclatges.....	205

Il·lustració VI-7 Imatge esquemàtica de la Sagristia	206
Il·lustració VI-8 Fotografia de la forma interior del tram analitzat	209
Il·lustració VI-9 foto presa el 23/07/2012	209
Il·lustració VI-10 Imatges del procés de treball en el modelat de la part de les lletres	210
Il·lustració VI-11 Seqüència del procés constructiu per iniciar les lletres Hosanna i Excelsis	214
Il·lustració VI-12 Situació de les pedres planes triangulars	215
Il·lustració VI-13 Fotografia del darrer tram de pinacle de les torres	217
Il·lustració VI-14 Anàlisi de la geometria sobre la fotografia	218
Il·lustració VI-15 Fotografia del pinacle on es veu el trencadís seguint la direcció de les generatrius de la superfície que el conté	220
Il·lustració VI-16 Imatges resum del conjunt analitzat	220
Il·lustració VI-17 Alçats acolorits del tram analitzat	222
Il·lustració VI-18 Imatges dels núvols de punts utilitzats, en part, per l'anàlisi	223
Il·lustració VI-19 Seqüència del procés de muntatge d'aquest tram	226
Il·lustració VI-20 Fotocòpia de l'arxiu Bassegoda. Hi apareix el pinacle dedicat a Sant Maties acolorit i amb anotacions dels tipus de elements que formen cada part	228
Il·lustració VI-21 Fotografia de l'últim tram de xemeneia fins la macla	230
Il·lustració VI-22 Fotografia zenital de la volta esfèrica situada dins la macla	231
Il·lustració VI-23 Imatge estreta de la pag. 129 del llibre Gaudí, la quinta potencia	235
Il·lustració VI-24, Relacions bàsiques entre triangle i quadrat inscrits en un cercle	235
Il·lustració VI-25 Imatges parcials de fotografies fetes al taller de Gaudí	236
Il·lustració VI-26 Representació dièdrica i en axonometria de la mateixa peça	237
Il·lustració VI-27 Macla i sòlid comú del poliedre situat al bell mig del pinacle	238
Il·lustració VI-28, Dimensions i posicions relatives de les tres cares dels sòlids	239
Il·lustració VI-29 Fotografies en detall de l'element i gràfic explicatiu de la relació entre la cara inferior de la macla i la base que la suporta	240
Il·lustració VI-30 Dibuixos explicatius de Berenguer representant la direcció correcte del raig de llum i per tant del forat corresponent en el pinacle. Arxiu de la Sagrada Família	240
Il·lustració VI-31 Secció esquemàtica del poliedre i fotografia del forat	241
Il·lustració VI-32 Seqüència fotogràfica de la maqueta de guix que existeix al Taller de maquetes del Temple de la Sagrada Família del pinacle tipus de la façana del Naixement	242
Il·lustració VI-33 Anàlisi transició01, entre el tronc inferior i la macla	243
Il·lustració VI-34 Visita a l'interior de la macla	243
VI-35 Alçat interpretatiu frontal i lateral de la Creu i el fust que la sosté	244
Il·lustració VI-36 Remat dels pinacles del Convent de les Teresianes i tros de pinya	248
Il·lustració VI-37 Fotografia Alçat del remat del pinacle dedicat a l'Apòstol Bernabé i vista superior del remat dedicat a l'Apòstol Felip, a la façana de la Passió	248
Il·lustració VI-38 Parts dels braços de la creu i les esferes col·locades perimetralment	250

Genís Àvila Casademont
Sant Llorenç Savall, 28 abril de 2015