

Ignacio Lafuente Niño

L'església de Sant Nicolau del Grau de Gandia, última creació de l'enginyer Eduardo Torroja

A Gandia i concretament al Grau, situada en un emplaçament excepcional com una proa que trau el cap al port, es troba l'església de Sant Nicolau de Bari, bisbe, que acaba de complir els 50 anys de la seua consagració, que va tenir lloc el 28 de juny de 1962.

L'església del Grau mereixeria per si sola l'atenció per ser una obra de l'enginyer espanyol Eduardo Torroja Miret els assoliments del qual van ser ja en els anys 30 motiu de reconeixement mundial, pioner en les estructures de formigó armat i de les estructures laminars. Segons Mario Salvadori, professor d'Estructures Arquitectòniques a Princeton i Columbia: «su fama es debida al papel que desempeñó durante los últimos 30 años de su vida, tendiendo un puente sobre la brecha que siempre ha existido entre ingeniería civil y arquitectura». (1)

Totes les creacions de Torroja tenen interès perquè són concebudes com a obres singulars en les quals s'experimenten solucions estructurals úniques per a donar resposta a problemes funcionals, espacials i formals de manera original alhora que senzilla i econòmica. L'obra de Torroja no consisteix en una repetició de les seues troballes successives perquè busca sempre la invenció i fuig de la trivialitat. Per això, l'altre gran enginyer del formigó pioner del segle XX, Eugene Freyssinet diu de Torroja fou «el maestro de las construcciones originales». (2)

Amb aquesta presentació és segur que també a l'església de Sant Nicolau, la seua última encara que modesta obra, ens trobarem amb solucions originals i sorpreses i efectivament a l'església veurem una estructura excepcional que no es manifesta a simple vista de manera espectacular, com sol ocórrer en altres creacions de Torroja, però que sota aquesta senzillesa aparent amaga una construcció que mereix ser coneguda i divulgada, i que és objecte de visita i anàlisi per les persones estudioses de l'arquitectura i l'enginyeria.

L'estructura de l'església del Grau és la resposta a un plantejament funcional i és la solució espacial eficaç i adequada al seu emplaçament, que resol un programa de necessitats particular per a un temple de barri que preveu una aflluència intensa de fidels en la temporada estival, i s'anticipa al desenvolupament turístic que estaria a punt de produir-se d'aleshores ençà en les dècades següents.

La solució estructural de l'església és una evolució que s'entronca a més amb una de les propostes més arriscades i innovadores de l'enginyer Torroja en els seus primers anys d'experimentació, i concreta una tipologia de cobriment d'espais diàfans que no va abandonar al llarg de la seua vida creativa.

Si l'obra senyera d'aquesta tipologia fou el frontó Recoletos, vertader temple de l'esport, va tenir una curta i atzarosa vida, i alguna altra proposta més modesta no passaria de l'estat de croquis, en Sant Nicolau en canvi s'aconsegueix materialitzar l'envolupant d'un espai públic mitjançant làmines primes de formigó amb les armadures tibades, se separen les façanes del sòl per a permetre la permeabilitat de l'assemblea dels fidels i es fan la coberta per donar entrades de llum natural.

Mereix la pena per tant acostar-se a la vida i l'obra de l'enginyer però també mestre d'arquitectes Eduardo Torroja Miret de manera que ens permeta conèixer i apreciar millor el temple del Grau que, tot i que tan proper, pot ser no obstant això un desconegut.

La història pròxima de l'església, ha quedat feliçment documentada en el llibre commemoratiu editat exemplarment per la parròquia *50 aniversario. Iglesia de San Nicolás Grau de Gandia 2012* (3), on s'exposa i s'il·lustra des dels antecedents de l'ermita del mateix nom que va haver-hi en el Grau, però sobretot el procés de la gestació de la nova església, de com un humil però perseverant rector ecònom, el Sr. Juan Miñana Pavía, connecta amb Torroja fins que l'obra arquitectònica es culmina, i s'acompanya la publicació amb la narració documentada de com tota la feligresia del Grau col·labora durant anys amb aportacions de tot tipus i converteix en un acte col·lectiu l'erecció d'aquest temple. És aquesta altra història, humana, de pescadors, portuaris i veïns, donants i padrins, que es complementa amb l'aproximació arquitectònica i que s'eleva sobre aquesta i fa veritat allò que les obres són esforços de voluntats; cite al senyor Eduardo «Y muy por encima de los resultados técnicos valoro la experiencia realizada en su sentido humano, social y profesional».(4)

Aproximació biogràfica

Eduardo Torroja Miret naix a Madrid al 1899 a punt de doblegar el segle en una família de formació tècnica excepcional, però també humanística com ens recorden alguns dels textos i exegesis dels seus admiradors.

Son pare, Eduardo Torroja i Caballé (Tarragona 1847 - Madrid 1918), es va llicenciar en Ciències en 1866 i va obtenir després el títol d'Arquitecte. Encara que el seu nét José Antonio valorarà la vocació artística de l'avi, aquest és considerat per la comunitat científica com un dels quatre personatges *sembradors* de la transformació de les matemàtiques de la fi del segle XIX, juntament amb Echegaray, enginyer i dramaturg, García de Galdeano i Ventura Reyes.

La seua dedicació principal va ser la geometria, la càtedra de la qual va ocupar principalment a Madrid, i va aportar, en un moment clau del debat europeu de finals del segle entre geometria analítica i geometria projectiva, la difusió de la geometria projectiva de Von Staudt, fins al punt que la contribució espanyola al Congrés internacional de matemàtics de Cambridge de 1912 es titulara «Torroja i l'evolució de la geometria a Espanya».

Acadèmic de la Real Acadèmia de Ciències Exactes, de 1904 és la seua teoria geomètrica de les línies guerdades i les superfícies desenvolupables: «en las mismas fechas en que Antonio Gaudí llevaba a la práctica, en el pórtico de la cripta de la Iglesia de la Colonia Güell, los primeros ejemplos conocidos en la historia de la arquitectura, de paraboloides hiperbólicos» (5) disciplines i matèries en suma amb les quals el futur fill enginyer, protagonista d'aquest article, aplicarà després en les seues creacions de manera destacada.

El matrimoni Torroja Miret va tenir 4 fills, tots ells enginyers de diverses especialitats i amb destacades aportacions en els camps de la ciència i de la investigació. Eduardo Torroja Miret (Madrid 1888-1961) va estudiar a l'Escola d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Madrid, hereva de l'Escola fundada per Agustín de Betancourt, proponent de Tenerife, i es va llicenciar en 1923.

En acabar la carrera va començar a treballar amb el professor José Eugenio Ribera, que fou el seu mestre en el formigó i autor amb un altre dels seus professors, Juan Manuel de Zafra, de la publicació, en 1911, del primer tractat de construcció del formigó armat a Espanya. La paraules del pròleg ajuden a valorar l'oportunitat d'aquest primer llibre de càlcul d'estructures: «Lo que durante largos años hemos estudiado en libros y revistas, casi exclusivamente en lengua Tudesca, eso es lo que deseamos poner al alcance de nuestros compañeros y colegas los Ingenieros y Arquitectos españoles». (6) Hem de situar-nos per tant en un entorn temporal en què Espanya ha de beure de fonts i llengües estrangeres amb

predomini tant en la ciència com en la filosofia de la cultura alemanya, germànica, encara que precisament en el camp del formigó existeixen també noms capdavanters a França com Hennebique o Freyssinet.

Per aquest motiu cal valorar en la seua justa mesura l'impuls que molt ràpid Eduardo Torroja va a proporcionar en el terreny del formigó armat i notablement en les làmines i membranes com a solució al cobriment d'espais de grans llums.

La relació de Torroja amb Ribera durarà fins a 1927 en l'empresa del seu mestre, Hidrocivil. La dedicació dels enginyers com a fundadors i socis d'empreses constructores és habitual en aquestes primeres dècades d'experimentació de les noves tècniques de la construcció on a més innoven i assagen empreses que en molts casos seran els embrions de les grans contractes que dominaran l'execució de les obres públiques i privades fins als nostres dies. En 1926 va contraure matrimoni amb la Sra. Carmen Cavanillas Prosper fruit del qual van nàixer els seus quatre fills, Carmen, Mercedes, José Antonio i Eduardo.

A partir del 27 Torroja s'independitza i obri una oficina de projectes pròpia a Madrid «Eduardo Torroja, Oficina Técnica» i crea a més l'empresa ICON, Investigaciones de la Construcción S.A., amb laboratoris de mesura apropiats per a l'assaig sobre models reduïts aplicables a tot tipus de construccions, on precisament assajarà les novíssimes estructures com a mètode previ a l'execució, com les estructures laminars de formigó sobre les quals no existia encara un mètode de càlcul fiable, aquest era el grau d'experimentació del moment.

En 1934 funda amb un grup destacat d'arquitectes, enginyers i constructors l'Institut Tècnic de la Construcció i de l'Edificació, ITCE, associació privada administrada i sostinguda per les quotes dels socis. L'objectiu fundacional de l'ITCE és la investigació, promoció i divulgació dels temes relacionats amb la construcció requerida per contractistes, fabricants i professionals i va ser la primera organització creada a Espanya per particulars per a aquestes finalitats d'innovació i difusió, la qual cosa avui denominaríem R+D+I. Es tracta d'un cas exemplar en el qual la iniciativa privada ompli la manca d'investigació i desenvolupament per a la indústria de la construcció de les institucions de l'administració pública i fins i tot universitària.

De 1934 és també la publicació de la revista *Hormigón y Acero*, la venda de la qual va contribuir al sosteniment de l'ITCE i que prompte va obtenir una gran difusió. Codirigida pels enginyers de Camins Eduardo Torroja i Enrique García Reyes, es va destinar tant a arquitectes com a enginyers i dedicà major atenció als casos pràctics que als teòrics amb àmplia presència de col·laboracions d'autors estrangers.

Des de 1935 Eduardo Torroja és a més professor de Càlcul d'Estructures de l'Escola de Camins de Madrid, activitat que mantindrà fins a la seua defunció, i dirigeix el laboratori d'as-

saigs de materials de la construcció de l'Escola des de 1940. Després de la Guerra Civil, en 1939, l'Institut ITCE s'integra com a centre adherit al Consell Superior d'Investigacions Científiques, CSIC, però conserva -pel prestigi de Torroja- la seua estructura societària participativa i de presa de decisions privada i, en 1946, s'integra de ple dret en el CSIC amb el nom d'Institut Tècnic de la Construcció i del Ciment, ITCC.

Aquest institut va tenir una dotació de mitjans excepcional per a la seua època, a causa de la projecció internacional de la qual ja gaudia, i va disposar d'una nova seu finalitzada en 1953, en el programa i disseny de la qual Torroja va participar com a director, sent els arquitectes Gonzalo Echegaray Blega que després serà l'arquitecte de l'església de Sant Nicolau de Gandia, i Manuel Barber Rebolledo. Des de l'inici de les obres va passar a ser un dels complexos més emblemàtics a Madrid pel seu estil funcional, els materials i les seues estructures singulars ja que la construcció va ser una via d'assaig d'alguns sistemes propis de l'Institut.

L'Institut i el seu laboratori central seran, en continuïtat amb anteriors iniciatives de Torroja, un referent per a l'anàlisi d'estructures i assaigs a model reduït i rebrien encàrrecs dels enginyers i arquitectes europeus per a ser assajats a Madrid, per estudiar el formigó armat i pretesat així com la indústria de la prefabricació.

A partir de 1948 i des de l'ITCC es crea la revista *Informes de la Construcción*, que malgrat la seua aparença d'especialització tècnica va ser una de les escasses finestres per les quals es va poder oferir, dins de l'erm cultural de l'Espanya dels 40 i 50, una sèrie de col·laboracions internacionals i trobades amb figures senyeres de l'arquitectura i l'enginyeria. Sorprenen en un ràpid repàs com els joves arquitectes que seran els mestres de l'arquitectura de postguerra, Cabrero, Corral, Saiz d'Oiza o Fernández Alba apareixen en la revista on es van donar a conèixer altres mestres com Saarinen, Aalto, Neutra, Nervi, Li Corbusier, Lloyd Wright, Van der Rohe o Candela.

Convé recordar que en aquestes dècades i fins als 70, en un estat d'aïllament i sense les possibilitats de mobilitat que avui existeixen per als professionals i no diguem per als estudiants, eren mínimes les oportunitats d'accés a l'exterior per a conèixer l'arquitectura moderna o través de llibres, revistes o trobades.

Les dècades dels anys 40 i 50 seran per a Torroja una etapa fecunda en el desenvolupament de les seues investigacions amb els mitjans esmentats, que li proporcionarà participar en les reunions i comitès internacionals dedicats a les estructures en general i al formigó armat en particular; Torroja fou la figura de referència en l'àmbit internacional, sol·licitat pels màxims especialistes en la matèria. Presideix, entre d'altres, la «Réunion internationale des Laboratoires d'Essais de Matériaux», participa en la creació del Comité Européen du Be-

ton, CEB, en el qual estan integrats els Estats Units i Rússia, presideix la Federación Internationale de la Precontrainte després de la defunció del seu fundador Freyssinet. Com ens recorda la Fundació Eduardo Torroja en els anys 50, que serien els últims 10 de la seua vida «De esta época es el 80% de sus publicaciones internacionales, mientras que sólo lo es el 20% de las nacionales». (7)

El seu famós llibre *Razón y ser de los tipos estructurales* de 1957 editat per l'ITCC es va traduir prompte a l'anglès, el francès, l'alemany, l'italià i el japonès amb expressius títols com *Philosophy of Structures* (Los Angeles, 1958), o *Logik de Form* (Munic, 1961), i ha sigut llibre de capçalera tant d'arquitectes com d'enginyers, mentre que *The Structures of Eduardo Torroja* (Dodge C^a, Nova York, 1958) només s'editaria en castellà en ocasió del seu centenari en 1999.

Entre altres aportacions, Torroja introduirà els nous criteris de seguretat en el càlcul d'estructures que s'implantaràn en les normatives nacionals a partir d'aleshores a tot el món, que substituïren els criteris deterministes pels probabilistes amb la majoració de càrregues i la minoració de resistències.

Si de l'exposat fins ara es traguera la conclusió que l'enginyer Eduardo Torroja va ser un insigne calculista que amb els seus mètodes va aconseguir superar els límits d'allò construït fins al moment, aquesta conclusió no es correspondria ajustadament a la realitat. Per a Torroja com exposa en *Razón y ser de los tipos estructurales*: (8) «Antes y por encima de todo cálculo está la idea, moldeadora del material en forma resistente, para cumplir su misión» i «El cálculo no es mas que una herramienta. No es mas que la técnica operatoria que permite el paso de unas concepciones abstractas de los fenómenos existentes a los resultados numéricos y concretos de cada caso (...)» o «Ninguna obra pasará a la posteridad por la perfección de sus cálculos. Sólo la forma, la nueva forma, si está bien lograda y es portadora de nueva perfección, continuará impresionando. La obra mejor es la que se sostiene por su forma y no por la resistencia oculta de su material». En paraules del seu fill José Antonio també enginyer i successor: «La adecuación de la forma resistente a la función era, para él, inapelable». (9)

De les tres exigències que ha de complir l'arquitectura de Vitruvio en el segle I a. de C., *utilitas firmitas* i *venustas*, Torroja diu: «En definitiva el problema ha de plantearse con cuatro premisas o conjuntos de ellas: finalidad utilitaria; función estructural o estática; exigencia estética, y limitación económica» si bé «el criterio económico no añade nada a la valoración estética». (10)

El mateix Torroja diu al prefaci de *Las estructuras de Eduardo Torroja*: «mi objetivo final ha sido siempre que los aspectos funcionales, estructurales y estéticos de un proyecto formen una unidad integrada, tanto en esencia como en apariencia». (11)

Fruit de les seues creacions el mestre de l'arquitectura moderna Frank Lloyd Wright va requerir a Nova York la col·laboració amb Torroja de qui va dir que «De todos los ingenieros que conozco Torroja ha expresado los principios de la arquitectura orgánica mejor que cualquier otro». (12)

En aquest breu resum de les inquietuds i els assoliments de l'Eduardo Torroja estudiós, investigador i pioner de les estructures, sembla oportú concloure amb una valoració del que ha suposat aquesta figura excepcional en la societat espanyola de l'època i en la seua projecció al moment actual, i per això res millor que acudir a les paraules de l'avui directora de l'IETCC Eduardo Torroja, M. del Carmen Andrade Perdix amb motiu del centenari de Torroja. Davant el dilema que avui ens plantegem al començament del segle XXI en l'Espanya en crisi, de la necessitat d'haver desenvolupat un model productiu basat en la investigació bàsica i també com a conseqüència en la investigació aplicada, «Este dilema sobre la prioridad en el binomio ciencia-técnica es, sin duda, una de las claves del desarrollo tecnológico y, en forma indirecta, para el bienestar social de un país». (13)

Eduardo Torroja representa el model d'home creador científic i investigador que conjunja ciència, tècnica, empresa i formació docent en un objectiu integrador comú: «En el centenario del nacimiento de un ingeniero tan singular es importante tomar su figura universal con la humildad del que sabe que, por desgracia para la humanidad, hombres tan completos y polifacéticos no se repiten con frecuencia, pero lo que sí es posible es crear y apoyar centros multidisciplinarios que integren en sí mismos las cuatro facetas de ciencia-técnica-docencia-empresa». (14)

D'haver proliferat i perseverat en exemples com el que va representar la generació d'homes emprenedors com Eduardo Torroja, aquest país estaria sens dubte millor preparat per al dur trànsit cap a l'eixida de la crisi actual, per l'absència d'un model productiu basat en la innovació i el desenvolupament.

Torroja mor prematurament a l'edat de 61 anys al seu lloc de treball, el despatx de l'Institut de la Construcció i del Cement que ell mateix va crear, i que es denominarà des d'aleshores Institut Torroja de la Construcció i del Cement.

Les obres d'Eduardo Torroja, antecedents de l'església del Grau de Gandia

Els primers projectes de col·laboració amb Eugenio Ribera de 1923 al 27 ja van tenir des de l'inici una atenció especial a les estructures reglades com les cúpules laminars de revolució

de la fonamentació del pont de San Telmo a Sevilla, o els hiperboloides laminars concèntrics de la fonamentació en rajola armada del Pont de Sancti Petri a Cadis, tots dos de 1926.

La integració de Torroja en la junta de construcció de la Ciutat Universitària de Madrid a partir de 1927 li permet col·laborar sota la direcció de l'arquitecte Modest López Otero amb altres arquitectes com Manuel Sánchez Arqueges o Luis Lacasa Navarro interessats en l'arquitectura moderna pròpia dels temps de la República i del moviment modern internacional, contactes que sens dubte li formaran en una visió mes completa per al jove enginyer.

Si el treball continuat amb joves avantguardistes en les obres de la nova Ciutat Universitària va impregnar d'alguna manera la seua sensibilitat espacial i estètica, aquesta apareixerà plenament conformada en les seues tres emblemàtiques i capdavanteres obres de 1935 en les quals comptarà amb sengles arquitectes de vàlua: el mateix Manuel Sánchez Arqueges en el Mercat d'Algesires, Secundino Zuazo Ugalde en el frontó Recoletos i finalment per al concurs guanyador de l'hipòdrom de la Zarzuela, Carlos Arniches Moltó i Martín Domínguez Esteban. Tots ells, arquitectes d'una generació que va ser punta de llança dels nous principis racionalistes de l'arquitectura i del moviment modern espanyol que la Guerra Civil truncaria abruptament.

Sense ànim de passar a una exposició de les obres de Torroja, sinó a aquells aspectes que ens poden acostar a l'església de Sant Nicolau de Gandia, moll d'aquest breu article, s'ha de dir que les tres primeres obres citades que són les de major projecció arquitectònica, el mercat d'Algesires i el frontó Recoletos van ser les majors làmines de formigó en el seu moment i tenen com a recurs estructural les làmines primes de formigó armat que juntament amb la tècnica del pretesat serà la solució per a l'església de Gandia.

D'aquestes tres obres la que tipològicament ens interessa per tenir una relació amb l'església de Sant Nicolau de Gandia és el denominat frontó Recoletos, situat al carrer Villanueva al costat del passeig de Recoletos a Madrid, que discorre de la plaça de Cibeles a la de Colón. El frontó Recoletos és un encàrrec de 1935 d'un grup d'inversors bascos a l'arquitecte de Bilbao Secundino Zuazo, encàrrec amb una urgència de temps exigent, tant per a l'elaboració del projecte com en l'execució de les obres, amb independència del seu major cost, i fou en el seu moment el frontó més gran del món en la seua categoria.

La destinació de l'edifici és el joc de pilota basca, per a remunta i pala, per la qual cosa els seus requisits funcionals són un frontó tancat pels murs frontal, lateral i posterior, que delimiten la zona de joc, i en l'altre lateral es disposen les graderies i galeries on se situa el públic. El recinte ha de ser diàfan per a permetre tant el joc com la visió dels espectadors i s'exigeix una determinada altura de la coberta sobre la pista de joc així com la il·luminació natural adequada del recinte en ser un frontó cobert.

El cobriment d'aquesta pista amb aquestes premisses funcionals i per les notables dimensions de 55 metres de llarg per 32'5 metres d'ample, serà l'aspecte més innovador d'aquest projecte i el que el fa únic: «La solución dada a la cubierta del recinto, consistió en dos cilindros, cuya sección estaba formada por dos arcos circulares asimétricos que se cortaban perpendicularmente, cubriendo la más grande la zona de juego y parte del graderío bajo y la más pequeña el graderío alto». «La bóveda del frontón Recoletos no se apoya sobre su línea de imposta como sería lo habitual, sino increíblemente sobre sus hastiales de fondo con 55 metros de luz sin necesidad de nervios de refuerzo». (15)

En resum, el cobriment del frontó en paraules de Navarro Vera «Su apariencia es la de una bóveda pero su comportamiento estructural es radicalmente opuesto» (16) i això és perquè les voltes es recolzarien en les parets laterals i no en les extremes com és aquesta obra genial. La làmina de la coberta «Tenía 8 centímetros de espesor, excepto en las cercanías de la intersección de los dos lóbulos, donde aumentaba a 16». (17)

Tot i que el cost no era un requisit d'aquesta obra, el complex de l'encofrat de la coberta i els lucernaris es compensava en part pel poc pes de la làmina de formigó.

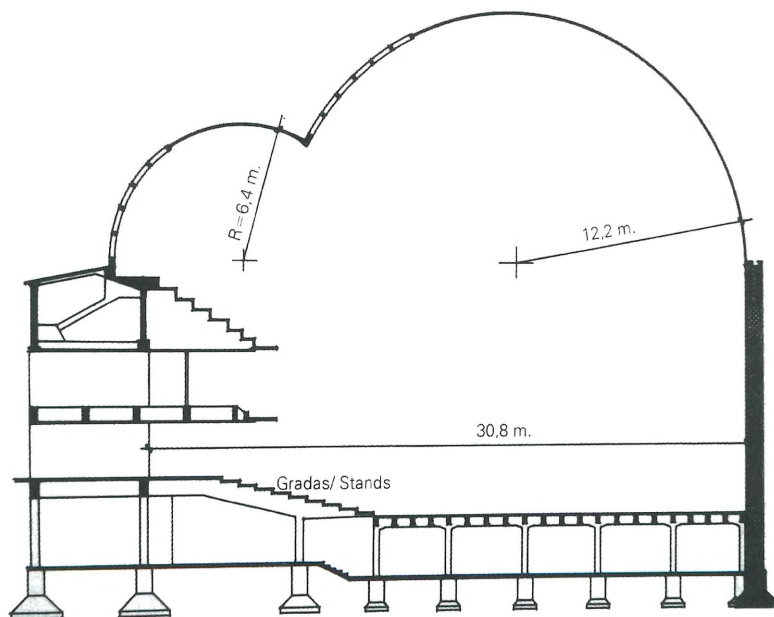
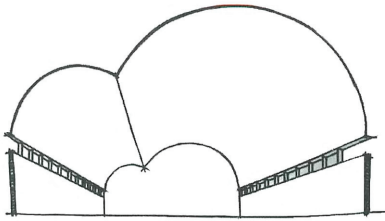
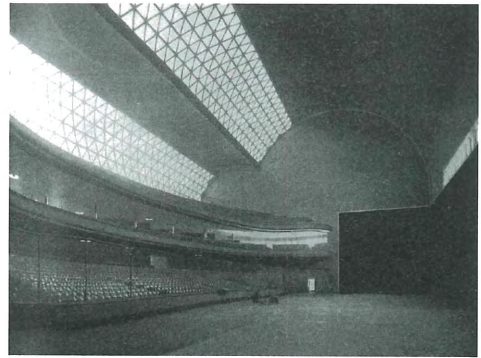


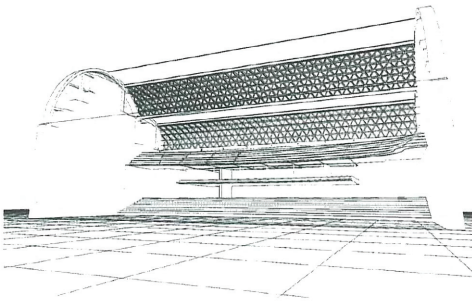
Figura 1. Croquis del frontó Recoletos de Madrid. (18). La coberta mitjançant una làmina prima de formigó armat sense suports laterals sinó en els murs de tancament extrems a 55 metres de distància, igual que les graderies altes, en volada i penjades.



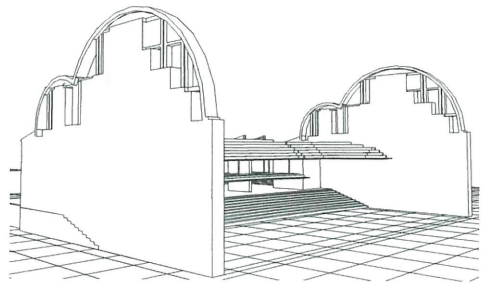
Croquis de l'espai interior del frontó i la solució de la coberta bilobulada que gairebé no es recolza en les parets laterals sinó en els murs testers, i que permet l'entrada de llum al llarg de l'espai. (19)



Fotografia del frontó acabat que aconsegueix un espai unitari, amb l'efecte de l'entrada de llum natural que esquinça les voltes amb nervis de formigó. (20)



Perspectiva del frontó des de la paret lateral de joc, els lucernaris de gelosia de nervis de formigó i al fons la graderia. (21)

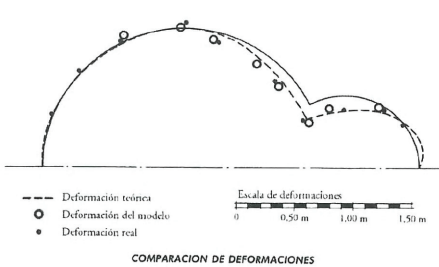


Perspectiva de l'estructura del frontó amb els dos murs de tancament a 55 metres de distància on es recolzarà la coberta. (22)

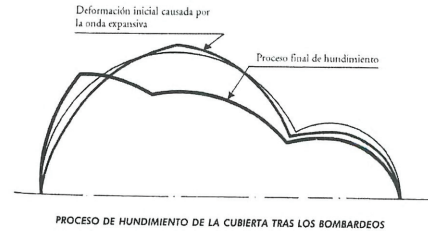
Per solucionar els requeriments d'il·luminació natural es va recórrer a dos grans lucernaris longitudinals orientats cap al nord i amb una inclinació que impedirà l'entrada directa del sol al recinte, perquè no es pogueren enlluernar els jugadors. Aquests lucernaris estaven situats, com s'aprecia en les il·lustracions, un en la unió d'ambdues voltes per a il·luminar la zona de joc i l'altre per a il·luminar la zona de públic, en la vora lateral de la volta xicoteta. De les graderies, la intermèdia està penjada i permet que la galeria no tinga interrupcions visuals a la pista per l'absència de pilars. L'edifici es va acabar en un temps rècord, ja que el

primer partit es va jugar el 29 de febrer de 1936, pocs mesos abans del començament de la Guerra Civil.

Per comprendre millor l'estructura de Sant Nicolau de Gandia interessa seguir els avatars que va patir el frontó fins al col·lapse del 1939. Durant la guerra l'edifici va patir diversos impactes directes de bombes que van obrir forats en la coberta, a més, l'efecte de les fortes vibracions dels bombardeigs van provocar lliscaments que van ocasionar el vinclament i el clivellament d'aquesta.



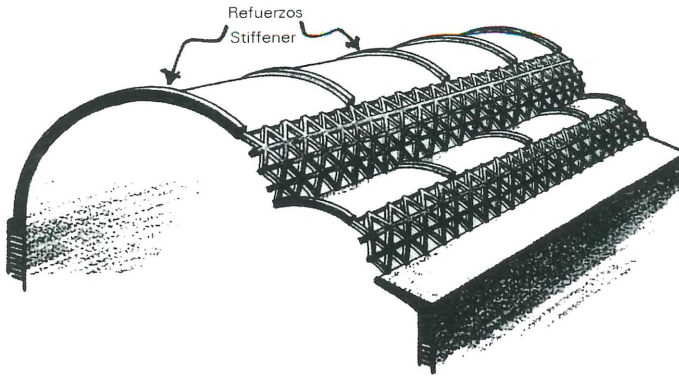
Estudi de les deformacions de la volta, teòrica, del model i real i la causada per las ones expansives dels bombardeigs fins a l'ensorrament. (23)



Fotografia del frontó acabat que aconsegueix un espai unitari, amb l'efecte de l'entrada de llum natural que esquinça les voltes amb nervis de formigó. (20)

Al juliol de 1939 Torroja va realitzar una inspecció per a estudiar els danys i preparar una proposta de reparació però la nit del 15 d'agost d'1939 abans de començar les obres de reforçament la coberta es va esfondrar. En 1942 Torroja va presentar un estudi, publicat per la Real Acadèmia de Ciències Exactes, Físiques i Naturals, sobre les causes tècniques de l'enfonsament i de les obres que serien necessàries per a posar novament en servei l'edifici. «Si hubiera habido medios para repararlo, se hubiera evitado la ruina. También se habría evitado la ruina si la bóveda hubiese contado en el proyecto con unos nervios transversales que hubieran disminuido la posibilidad de deformación lenta, aun en el caso de rotura de la estructura. Probablemente, si tuviera que hacer ahora este proyecto, tendría nervios transversales» (24)

Com es pot apreciar està present el rigor científic de l'enginyer que amb humilitat assumeix possibles millores del disseny per a una coberta tan arriscada, encara que en aquest cas els danys siguin deguts a una causa externa, les bombes, i que per la pressa per executar les



Croquis que muestra la solución que se había previsto para la reparación de la lámina dañada durante la Guerra Civil.

Croquis de la proposta de reparació amb introducció de nervis transversals de rigidització de la volta. (25)

obres aquesta estructura no s'haguera assajat abans en el seu laboratori amb un model a escala com Torroja solia realitzar.

El que interessa ací és que aquesta assumptió de reducció de riscos en proporcionar nervis transversals en una làmina de formigó recolzada en els extrems mes allunyats, estarà present precisament en l'església del Grau de Gandia, on a la solució d'una façana i coberta resoltes amb una làmina de formigó pretesat, afegirà uns nervis *rigiditzadors* que seran a més protagonistes expressius en l'exterior del temple gandià.

Després de la Guerra Civil l'activitat de Torroja en l'àmbit de la creació d'obres singulars és necessàriament reduïda en comparació de les de la dècada anterior, però quant a la seua major aportació de les estructures laminars, l'estat de la qüestió és que les closques de formigó armat, eficaces i econòmiques, lleugeres i resistents al foc, d'una expressivitat plàstica sense precedents, contemplades avui amb una perspectiva històrica, deuen el seu impuls a les creacions de Torroja fins a la dècada dels anys 50, i començaran a partir d'aleshores el seu declivi per motius econòmics a causa de l'encariment de la mà d'obra i el cost dels encofrats de superfícies corbes. Podem considerar l'òpera de Sidney (1956-73) el brillant epígon formal d'aquesta etapa creativa.

«¿Que ocurre actualmente con las estructuras laminares de hormigón?» es pregunta l'enginyer Rafael López Polanco «Pues en realidad lo que sucede es que no se hacen. Hace ya

bastantes años que han dejado de construirse». (26) Exemples recents del singular arquitecte, enginyer i escultor valencià, Santiago Calatrava, com els de l'auditori de Tenerife i la ciutat de les Ciències de València són excepcions alienes sens dubte als costos econòmics.

L'església de Sant Nicolau del Grau de Gandia

La petita ermita del Grau, demolida pel seu mal estat el 1953, va tenir capacitat per a uns 150 fidels i el lloc per als serveis religiosos va ser des d'aleshores la llotja de peix cedida a aquest efecte. El Grau ja comptava aleshores amb 3.000 habitants i aquest creixement va justificar la dotació com a parròquia per al Grau en 1954; el seu primer rector fou el Sr. Juan Miñana Pavía. En 1959 es va signar l'escriptura del solar per a una nova edificació, el 15 d'agost del mateix any es va celebrar l'acte de col·locació de la primera pedra i el 28 de juny d'1962 es va inaugurar el nou temple.

Segons el relat del rector ecònom, el Sr. Juan Miñana Pavía, traslladat al llibre editat amb motiu de l'aniversari dels 50 anys de l'església «por aquel entonces, pensando que eran de interés, en 1.958 un grupo de personas del Grau y de Gandía (D. Andrés Escrivá Roger, abogado y miembro de la Cámara de la propiedad Urbana, D. Pedro Borja Guzmán, prestigioso odontólogo y D. Miguel Boronat Montserrat Consignatario de buques y Agente de Aduanas en el Puerto de Gandía) aportaron unas fotografías de la Iglesia de Pont de Suert (Lérida) cuya arquitectura les había llamado poderosamente la atención por su estructura y línea moderna. En cuanto D. Juan las vio se dio cuenta que era lo que estaba buscando. Inmediatamente localizó al ingeniero Eduardo Torroja Miret. Le escribió una carta, adjuntándole una fotografía de muestra y rogándole que se encargara de construir el templo de la Parroquia de San Nicolás de Bari, Recibió la respuesta en 15 días, comunicándole que lo mejor sería ver el solar antes de tomar una decisión. El Ingeniero Eduardo Torroja vino al Grau acompañado de su hijo que tomó diversas fotografías del emplazamiento, vio el solar y comprobó el terreno». (27)

L'església del Pont de Suert pertany a les escasses obres de Torroja dels 50 en les quals, com diu Salvador Tarragó arquitecte professor de l'Escola de Camins de Barcelona, "en les obres d'arquitectura projectades en solitari per l'enginyer Torroja el resultat és mes bé mediocre". Sense arribar a la desqualificació radical que Oriol Bohigas aboca sobre Pont de Suert, també per a Ordoñez i Navarro «Es cierto que la calidad formal de la obra de Torroja cae considerablemente tras la guerra civil». (28)

L'interès de l'església del Pont de Suert de 1953 es deu al fet que també va ser un experiment de Torroja en la construcció d'estructures envolupants amb làmines, però davant el major cost de les de formigó, aquesta vegada l'estructura serà de rajola mitjançant voltes de dues

o tres rosques lleugerament armades, i entroncarà en la tradició espanyola de les voltes paredades, ja que l'execució de voltes de rajola evita la necessitat de les costoses cintres i encofrats. Torroja resol un continu de cobertes amb grillons formats per cúpules de formes diverses.

Carreno González Belg

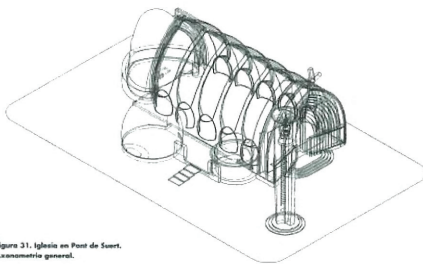


Figura 31. Iglesia en Pont de Suert. Axonometria general.

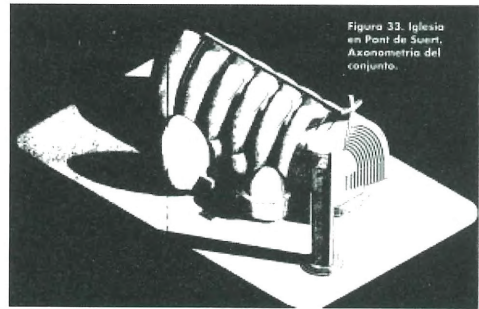


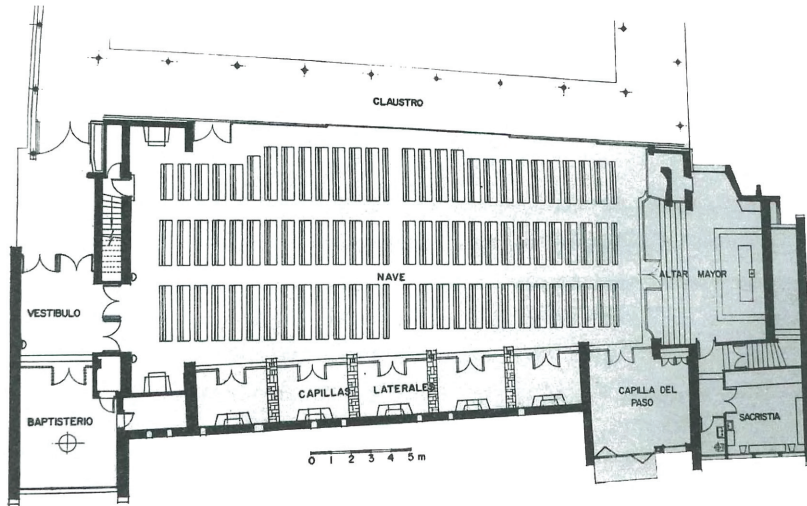
Figura 33. Iglesia en Pont de Suert. Axonometria del conjunt.

Axonomètriques de l'església de Pont de Suert, amb grillons de voltes de rajola. (29)

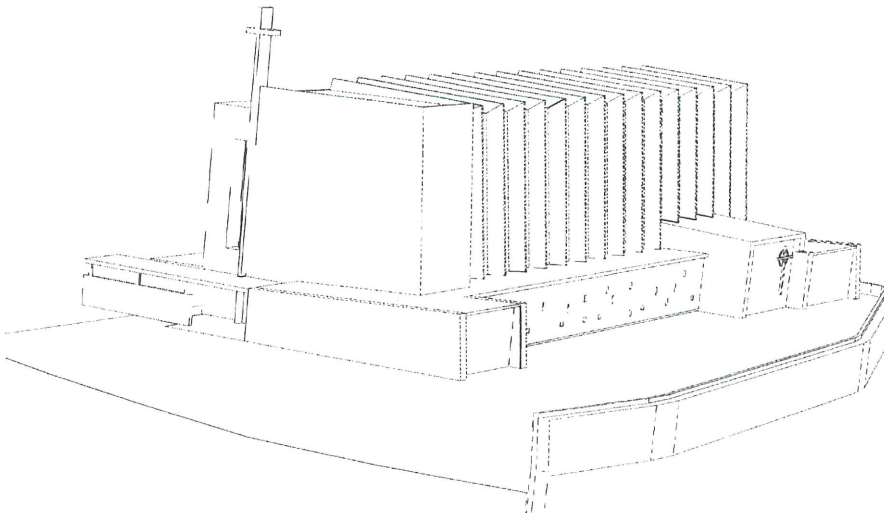
No creiem no obstant això que fóra aquest experiment estructural el que cridara l'atenció dels visitants gandians, sinó més bé el resultat formal d'*allò mai vist*, falca que pot resumir els desitjos de tants promotors immobiliaris i que provoca un fundat escepticisme en els professionals de l'arquitectura per als quals, cite a Gaudí, l'originalitat consisteix a tornar a l'origen, així doncs, original és allò que torna a la simplicitat de les primeres solucions, per la qual cosa la persecució d'*allò mai vist* condueix fàcilment a allò aberrant i esperpèntic.

Sense entrar en un debat estèril sobre quin és el paper de Torroja en les obres realitzades amb altres arquitectes, el que interessa en aquest cas és que la singularitat de l'església del Pont de Suert no només va resultar cridanera als insignes viatgers gandians sinó que va ser la feliç espoleta perquè des del Grau de Gandia es reclamara la presència de Torroja fent bona la dita que Déu, i en aquest cas la història, pot escriure dret amb línies tortes, i la veritat és que tenim a Torroja en 1958 en el Grau de Gandia amb un projecte en què col·labora com a arquitecte Gonzalo Echegaray Blega, amb qui va treballar durant anys a l'ITCC, i Jaime Nadal, enginyer.

L'església de Sant Nicolau s'orienta de manera clàssica, capçalera a l'est i peus a l'oest, amb accés indirecte no des de l'eix sinó fracció en *ela*, que resol el convenient paravent per a detenir les brises directes que baten el litoral. Immediat a l'accés el baptisteri precedeix la nau, amb un significat ple de sentit canònic; s'accedeix a la nau ja batejat.



Planta de l'església de Sant Nicolau del Grau de Gandia. (30) (Ignacio Lafuente Niño, Andreu Santatecla Garibo)



La planta és lleugerament fugada en tascó cap a l'altar per accentuar l'atenció dels fidels i igualment fugat l'espai interior de la nau amb un dels plànols laterals de les façanes inclinat per accentuar la dimensió vertical com a signe d'ascensió espiritual. En el costat nord, accessible també des de l'exterior se situa el claustre enjardinat en un clima airejat per les brises de la mar, la vegetació del qual afavoreix un microclima que alleuja el rigor de l'estiu,

claustre que aconsegueix un espai d'ampliació a la nau coberta per a l'assemblea dels fidels en el període estival. Per això la comunicació claustre - nau és directa i sense obstacles, per la qual cosa no solament disposa d'una vidriera corredissa de 14 metres de llargària que es llisca i replega, sinó que per això tota la façana lateral de la nau queda suspesa sense arribar al sòl; ja veurem com.

En el costat sud i a partir de l'espai principal de la nau es disposen les capelles, que segueixen el criteri de possibilitar una màxima ocupació de fidels en circumstàncies excepcionals, es planteja que des de les capelles també es puguen seguir les celebracions, motiu pel qual no només les divisòries de cada capella són d'una alçària que no interromp la visió cap a l'altar major, sinó que la paret lateral de la nau també queda suspesa sense arribar al sòl, és diàfana en tota la seua longitud com la paret del claustre, i combina els espais de recolliment de les capelles, amb petits passos de llum vidriada, amb l'obertura a l'ampli espai de l'alta nau.

El sistema d'il·luminació natural interessa que siga des del nord per fugir de l'assolellada, per a la qual cosa la coberta es divideix en dos, escalonada per crear un esquadra contínua on se situa una vidriera, pel que finalment s'arriba a la solució estructural genial de la mà de Torroja: la façana nord de la nau i part de la seua coberta i el vol que forma la coberta del claustre adossat, passarà a ser una làmina de formigó en forma de zeta invertida o pescant que, per a permetre en el sostre la ranura de llum superior i en el sòl l'obertura de comunicació inferior amb el claustre, es recolzarà solament en els dos pòrtic-murs en els extrems, és a dir en la capçalera i els peus.

La coberta del costat sud, mes alta que la nord per a allotjar en el ressalt una vidriera contínua entre ambdues, es plega i forma amb la façana sud una làmina de formigó armat en forma de zeta invertida que, per a no interrompre la comunicació entre les capelles a la nau, no té suports i s'interromp abans del sòl a l'altura de la coberta de les capelles, per això la làmina que és coberta i també façana es recolza igualment tan sols en els dos pòrtics-murs extrems de la capçalera i els peus. La coberta de les capelles serà una làmina recolzada també en els extrems més allunyats ja que no existeix interrupció de pilars entre capelles i nau.

En la memòria del projecte les façanes nord i sud de l'església es denominaran «vigas-muro pretensadas, que se apoyan en los piñones de fachada principal y fondo de altar, dejando por su base y parte alta toda la luz libre». «Se llegó a esta forma en el deseo de que la cobertura de la nave, esto es, los paramentos que cierran y delimitan el templo, aparezcan aéreos y ligeros como si el material utilizado, pesado y recio, se transformase en función del alto destino para el que había sido elegido, adquiriendo valores de ingravidez y ligereza». «Cada uno de los faldones de la lámina, funciona como una viga en su propio plano, a la que los nervios transversales dan la rigidez necesaria. Las láminas rompen el concepto de las cu-

biertas y fachadas con 2 materiales, el estructural de la cubierta y el de cerramiento de las fachadas y se aúnan en uno sólo». (31)

Si sembla racional que tota solució estructural ha de perseguir sustentar-se en els costats mes curts, en aquest cas amb una nau de 33 per 12 metres els requisits funcionals obliguen al contrari, ja que coberta i façanes es recolzaran en els extrems, a 33 metres de distància, i permetran que les façanes no toquen el sòl, ja siga per comunicar el claustre amb la nau en el costat nord com per comunicar les capelles amb la nau en el costat sud. Aquesta tipologia de coberta laminar recolzada en els extrems és la del frontó Recoletos si bé en aquell cas amb una distància entre els murs frontal i de rebot de 55 metres però en tots dos casos la solució estructural és la resposta a un plantejament funcional.

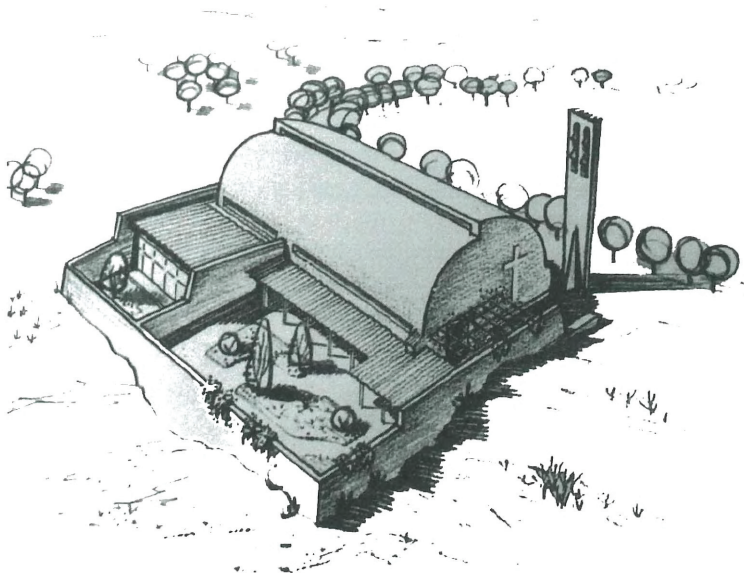
En resum dues llores de formigó a diferent alçària recolzades en els murs extrems, amb suports no encastats sinó *isostàtics* perquè puguen lliscar i permetre la dilatació tèrmica. Cada làmina fallida és coberta i alhora façana, i la seua geometria aquesta vegada és de plànols sense curvatures per adaptació a l'humil pressupost del Grau i per l'economia de l'encofrat i la mà d'obra que ja feien inviable les parenceries geomètriques de les obres dels anys 30, mercat d'Algesires, hipòdrom de la Zarzuela i el frontó Recoletos.

Els plànols d'aquesta doble estructura laminar són inclinats en la coberta per a facilitar l'evacuació d'aigües i en les façanes per a accentuar l'ascensió espiritual de l'espai i facilitar el trencament de la reverberació acústica.



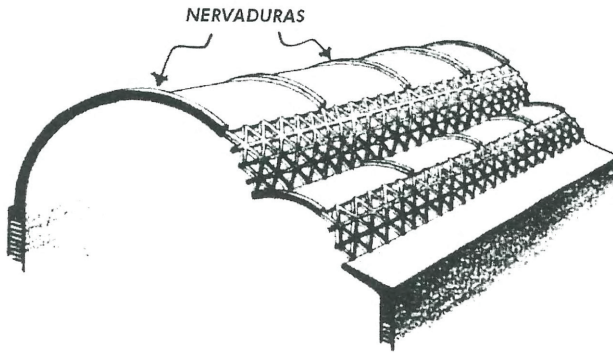
Perspectiva esquemàtica vista des de la capçalera cap als peus de les dues làmines estructurals plegades que formen alhora cada façana i la coberta de la nau, sense contacte amb el sòl en recolzar-se en els pòrtics extrems de la capçalera i els peus de l'església. Les coberta dividida en dos d'independents permet la vidriera longitudinal sense interrupcions. (Ignacio Lafuente Niño, Andreu Santatecla Garibo)

En *The structures of Eduardo Torroja* (Berkeley, 1958) publicat abans de l'encàrrec gandià apareixen unes perspectives i croquis sota el títol «Esquemes per a altres capelles» que és un exercici hipotètic sense programa ni solar que es permet Torroja com un divertiment. La similitud amb Sant Nicolau és extraordinària, accés en ela, claustre contigu, capella lateral, campanar exempt i sobretot volumetria de la nau mitjançant closques que resolen coberta i façana en continuïtat amb un ressalt per a allotjar a tot el llarg una vidriera zenital. És la tipologia del frontó per a un espai religiós, sense programa, client, ni pressupost que es plasmarà en el cas de Sant Nicolau en descendir a la realitat constructiva i econòmica amb la coberta-façana que prescindeix de la curvatura i acaba en plànols de làmines inclinades plegades.



Croquis imaginari de Torroja per a una petita església que sorprèn pel seu acostament a la proposta per a Gandia uns anys més tard. (32)

A les làmines de Sant Nicolau Torroja afegeix uns nervis transversals potents, dels quals mancava el frontó Recoletos, amb l'objecte de *rigiditzar* les lloses i reduir-ne la deformació i que tingueren per tant una necessitat menor d'armadura i de gruixària. Aquests nervis són els que el mateix Torroja reconeix que, després dels avatars del frontó Recoletos i no solament pels bombardeigs sinó per les deformacions inicials després de la seua precipitada execució, «si tuviera que construirlo de nuevo agregaría tales nervaduras de refuerzo».



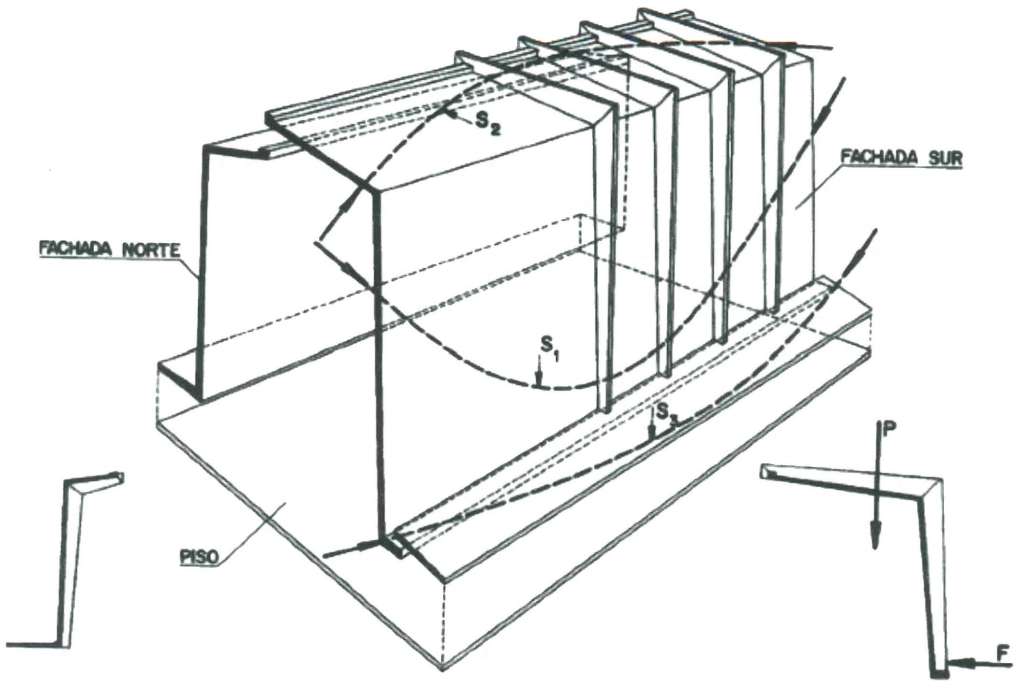
Croquis de Torroja per a la millora de les voltes del frontó Recoletos amb nervis *rigiditzadors* proposta en 1939, que remetien als nervis de les làmines primes de l'estructura de Sant Nicolau. (33)

Les nervadures en Sant Nicolau es disposen al costat nord de la nau per l'interior, mentre que al costat sud sobreixen a l'exterior a la façana que dona al port, en el primer cas proporcionen una millora acústica de l'interior i, en el segon, segons la memòria del projecte «puede recordar el estilizado contrafuerte de nuestros tradicionales templos» (34) encara que és també una felix referència amb les mampares de l'estructura de les barques com les dels pescadors del Grau.

Si l'economia és un dels condicionants d'una creació viable i raonable per a Torroja, la dificultat de recolzar una estructura en els extrems de la nau a 33 metres de distància en comptes de mitjançant pòrtics de l'amplària de la nau a 12 metres se soluciona amb l'ajuda de la tècnica en la qual Torroja n'és expert. Les lloses de les façanes i cobertes, així com la coberta de les capelles són làmines pretesades que aconseguen que les façanes tinguin tan sols 15 cm de gruixària i 10 en les cobertes.

Es denomina *formigó pretesat* a la tipologia de construcció d'elements estructurals de formigó sotmesos intencionadament a esforços de compressió previs a la seua posada en servei. Aquests esforços de compressió s'aconsegueixen tesant internament cables d'acer que són ancorats al formigó. D'aquesta manera s'optimitza l'ocupació del formigó apte per a ser comprimit i el de l'acer apte per a ser traccionat, s'aconsegueixen així les gruixàries mínimes de les làmines i es redueixen pesos i costos.

A Sant Nicolau es descriuen amb precisió els cables de cada làmina de formigó que es tesaran per a comprimir el formigó i contrarestar-ne la deformació. Són 104 cables corbs de 5 mil·límetres de diàmetre a la façana nord i 20 a la seua coberta, 120 a la làmina de la façana sud i 36 a la coberta, i aquestes armadures tesades amb la curvatura que coincideix amb l'oposició als esforços de deformació en cada cas.



() Esquema de l'estructura de les làmines plegades que són coberta i bigues-muralla de façanes, amb les directrius dels cables tibats que n'optimitzen la resistència i aconseguixen reduir la gruixària de les làmines, de 10 centímetres a la coberta i de 15 centímetres a les façanes.

Finalment ha de valorar-se el tractament general amb materials naturals, pedra i rajola, a l'interior sense profusió d'elements decoratius, com la textura de la paret sud de l'interior de la nau amb un tractament intencionadament *pobre* allunyat d'acabats d'ostentació i esplendor, l'entonat mosaic de la capçalera, amb la intervenció de l'escultor Nasio Bayarri i el pintor Andrés Cillero, l'abstracció de les vidrieres i l'expressivitat de nua geometria de la creu i el campanar exteriors de formigó vist com el claustre.

En conjunt, aquesta obra, sense ser una creació avantguardista ni trencadora, està dins dels criteris de modernitat que en l'ambient cultural de l'època s'obria pas amb dificultat en els millors, encara que escassos, exemples d'arquitectura religiosa, com la dels arquitectes Fisac, Vázquez i Molezúm i Saez d'Oiza, entre d'altres.

Notes

1. Fernández Ordóñez, José Antonio i Navarro Vera, José Ramón, *Eduardo Torroja ingeniero, engineer*, Pronaos, 1999, pàg. 17.
2. Fernández Ordóñez, José Antonio i Navarro Vera, José Ramón, *Eduardo Torroja ingeniero, engineer*, Pronaos, 1999, pàg. 62.
3. Diversos autors, *50 aniversario. Iglesia de San Nicolás Grau de Gandia*, parròquia Sant Nicolau de Bari 2012.
4. Torroja Miret, Eduardo, *Razón y ser de los tipos estructurales*, Institut Tècnic de la Construcció i del Ciment, 1957.
5. Fernández Gómez, Margarita, *Ingeniería en la Historia Siglos x al xx*, Universitat Politècnica de València, 1998, pàg. 333.
6. Zafra, Juan Manuel, *Cálculo de estructuras*, Tejada i Martín, 1915.
7. fundacioneduardotorroja.org, Biografia d'Eduardo Torroja Miret, pàg. 5.
8. Torroja Miret, Eduardo, *Razón y ser de los tipos estructurales*, Institut Tècnic de la Construcció i del Ciment, 1957.
9. Torroja Cabanillas, José Antonio, «Eduardo Torroja», *Revista Ingeniería y Territorio* núm. 79, Col·legi d'Enginyers de Camins Canals i Ponts, 2007.
10. Torroja Miret, Eduardo, *Razón y ser de los tipos estructurales*, ITCC, 1957.
11. Torroja Miret, Eduardo, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, Ministeri de Foment, 1999.
12. Fernández Gómez, Margarita, «Ingeniería en la Historia Siglos x al xx», UPV, 1998, pàg. 334.
13. Andrade Perdix, M. del Carmen, «Centenario de Eduardo Torroja (Ciencia tecnología y empresa)», *Informes de la Construcción*, CSIC, vol. 51, núm. 462, 1999.
14. Andrade Perdix, M. del Carmen, «Centenario de Eduardo Torroja (Ciencia tecnología y empresa)», *Informes de la Construcción*, CSIC, vol. 51, núm. 462, 1999.
15. Fernández Ordóñez, José Antonio i Navarro Vera, José Ramón, *Eduardo Torroja ingeniero, engineer*, Pronaos, 1999, pàg. 49.
16. Navarro Vera, José Ramón, i diversos autors, *Eduardo Torroja (1899-1961) La vigencia de un legado*, Universitat Politècnica de València, 2002, pàg. 197.
17. Torroja Miret, Eduardo, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, Ministeri de Foment, 1999, pàg. 37.
18. Viquipèdia.
19. Torroja Miret, Eduardo, *Razón y ser de los tipos estructurales*, ITCC, 1957, pàg. 210.
20. Torroja Miret, Eduardo, *Razón y ser de los tipos estructurales*, ITCC, 1957, pàg. 211.
21. Antuna Bernardo, Joaquín, *Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret*, Tesi doctoral, Universitat Politècnica de Madrid, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura, 2002, Figura 4.68, pàg. 142.
22. Antuna Bernardo, Joaquín, *Las estructuras de edificación de Eduardo Torroja Miret*, Tesi doctoral, Universidad Politècnica de Madrid, Escuela Tècnica Superior de Arquitectura, 2002, Figura 4.66, pàg. 141.
23. Torroja Miret, Eduardo, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, Ministeri de Foment, 1999, pàg. 39.
24. Torroja Miret, Eduardo, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, Ministeri de Foment, 1999, pàg. 40.
25. Torroja Miret, Eduardo, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, Ministeri de Foment, 1999, pàg. 40.
26. López Polanco, Rafael, diversos autors, *Eduardo Torroja (1899-1961) La vigencia de un legado*, Universitat Politècnica de València, 2002, pàg. 111.
27. Diversos autors, *50 aniversario. Iglesia de San Nicolás Grau de Gandia*, parròquia Sant Nicolau de Bari, 2012, pàg. 55.
28. Fernández Ordóñez, José Antonio i Navarro Vera, José Ramón, *Eduardo Torroja ingeniero, engineer*, Pronaos, 1999, pàg. 79.
29. García Reig, Carmen, «La geometría en la obra de Eduardo Torroja», *Revista de Obras Públicas*, desembre 1999, núm. 3.393.
30. Diversos autors, «Eduardo Torroja monográfico», *Informes de la Construcción* núm. 137, Institut de Ciències de la Construcció Eduardo Torroja - CSIC, 1961.
31. Echegaray Comba, Gonzalo, «Memoria del Proyecto de San Nicolás», Arxiu municipal de Gandia.
32. Torroja Miret, Eduardo, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, Ministeri de Foment, 1999, pàg. 193.
33. Torroja Miret, Eduardo, *Las estructuras de Eduardo Torroja*, Ministeri de Foment, 1999, pàg. 40.
34. Echegaray Comba, Gonzalo, «Memoria del Proyecto de San Nicolás», Arxiu municipal de Gandia.
35. Diversos autors, «Eduardo Torroja monográfico», *Informes de la Construcción* núm. 137, Institut de Ciències de la Construcció Eduardo Torroja - CSIC, 1961.