

LA REAL PARROQUIA DE LOS SANTOS JUANES DE VALENCIA. ANÁLISIS CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL.

TESIS DOCTORAL

DOCTORANDO

JOSÉ MIGUEL MOLINES CANO

DIRECTORES

ANA I. ALMERICH CHULIÁ

ADOLFO ALONSO DURÁ

VERÓNICA LLOPIS PULIDO

VALENCIA. JULIO 2017



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

LA REAL PARROQUIA DE LOS SANTOS JUANES DE VALENCIA. ANÁLISIS CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL.

TESIS DOCTORAL

DOCTORANDO

JOSÉ MIGUEL MOLINES CANO

DIRECTORES

ANA I. ALMERICH CHULIÁ

ADOLFO ALONSO DURÁ

VERÓNICA LLOPIS PULIDO

VALENCIA. JULIO 2017



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar este trabajo agradeciendo la labor de mis tres directores de tesis porque sin ellos no hubiese sido posible llevar a cabo esta investigación.

A Ana I. Almerich Chuliá por su apoyo incondicional siempre desde que empecé mi andadura en la universidad. Sus consejos y su paciencia me han sido de gran ayuda para conseguir acabar esta tesis. Gracias por creer en mí desde el principio.

A Adolfo Alonso Durá por dejar introducirme de lleno en el mundo del patrimonio. Su experiencia en la materia han hecho que esta labor se haya convertido en una pasión.

A Verónica Llopis Pulido por su exigencia en la presentación y corrección formal, además del resto de aspectos que la investigación conlleva.

Pero además en el transcurso de esta investigación son muchas las personas que de distintas formas me han ayudado, a todas ellas gracias, pero en especial quiero agradecer:

A Carolina Aparicio y su marido Juan, por la ayuda inestimable desde el principio y por recogerme en su casa cuando el trabajo se hacía cuesta arriba.

A Jaime Llinares y a su familia. Porque más que un compañero es un amigo. Porque nunca ha permitido que me rindiese, por sus consejos y apoyo incondicional siempre.

A María Eugenia Torner porque un trocito de este documento se lo debo a ella. Su ayuda ha sido inestimable para que esto llegase a buen puerto.

A María Luisa Navarro por prestarme su despacho, por llamarme cada noche, cada tarde y por su apoyo desde el principio al final.

A Igor Fernández por su apoyo y por animarme cada día.

A Daniel Catalá por sus correcciones que me han sido de gran ayuda.

La Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia: Análisis Constructivo y Estructural.

A Pedro Martín porque siempre está ahí cuando lo necesito, por sus valiosos consejos y por su apoyo siempre.

A la escuela de Ingeniería de la Edificación. En concreto a Enrique Hernández, a Juan Aznar, a José Ramón Albiol y Jorge Girbés por sus ánimos y por su preocupación día a día.

A Rafael Marín por su ayuda en las primeras fases de esta investigación.

A Paco García por su colaboración y orientación con el georradar.

A Rafael Royo por su inestimable ayuda con la termografía.

A Pilar Roig por transmitirme sus numerosos conocimientos del templo y facilitarme el acceso a puntos inalcanzables del edificio.

Al departamento de Mecánica de los Medios Continuos y TE. En especial a mis compañeros de la unidad docente de industriales; Antonio Jiménez, Andrés Lapuebla, Ana Espinós, Manuel Romero, Jesús Mené y Teresa Real. Por ajustarme la docencia para que pudiera realizar este trabajo, por su apoyo y por sus ánimos.

Y a nivel personal me gustaría agradecer y dedicar esta tesis a:

A mis amigos de Tárben y Callosa por su cariño y sus ánimos mostrados en innumerables ocasiones. Concretamente a Cecilia Calbo Guardiola y Andrés García Veigas porque han sido dos pilares fundamentales durante todo el tiempo que ha durado esta investigación.

A mi familia en general y concretamente a mis padres por su apoyo incondicional siempre, por sus consejos, por inculcarme sus valores y por haber hecho de mí la persona que soy. A mi hermana Sara, a mi cuñado Juanba y a Ivana, la luz de mis ojos, por estar siempre a mi lado y por no permitir que dejara esta labor a mitad camino.

Por último quiero dedicar este trabajo a una de las personas más importante de mi vida, mi iaia Sara. Por sus horas y noches a mi lado mientras estudiaba, por sus consejos, porque esta ilusión se inició cuando aún vivía y porque sé que allá donde esté verá que lo he conseguido.

RESUMEN

La Iglesia de los Santos Juanes es uno de los monumentos eclesiásticos más importantes de Valencia. Erigida tras la reconquista sobre los cimientos de la antigua mezquita de la Boatella, forma parte de un grupo de iglesias que, tras el asedio cristiano, se configuraron en una tipología similar denominada tipo parroquial. De estructura gótica escondida, el templo muestra su majestuosidad barroca especialmente en el interior, además de un sin fin de vestigios de un pasado que han hecho mella en su configuración actual.

La presente tesis doctoral pretende discernir y analizar la evolución constructiva que ha tenido el templo desde sus orígenes hasta la actualidad, detallando cada una de las intervenciones y relacionándolas con las premisas históricas responsables, así como las consecuencias que ellas han tenido en el edificio.

Para ello, se ha recabado toda la información posible en referencia a la iglesia y sus alrededores, utilizando las técnicas gráficas y tecnológicas necesarias, que permiten averiguar con el mayor detalle posible las características intrínsecas del edificio. Con la documentación gráfica extraída, se realiza un estudio métrico y geométrico, con el fin de poder comprobar la correspondencia numérica con el avance constructivo y estructural del templo.

Tras el análisis constructivo se efectúa un análisis estructural. El análisis estructural se efectúa utilizando diferentes prototipos 3D, empleando para definir su geometría, los datos extraídos del escáner y demás referencias documentales encontradas. Se utilizan modelos parciales para evaluar la influencia de la variación de distintas características mecánicas de los materiales o para obtener la influencia de las diferentes disposiciones constructivas ante la acción sísmica.

Concretamente el estudio de las distintas disposiciones constructivas se centra en analizar la influencia que tienen los diafragmas típicos de las construcciones del gótico mediterráneo. Para ello se evalúa su incidencia en el comportamiento estructural de la iglesia a través del análisis de modelos con y sin dichos elementos, con el fin de comprender su funcionalidad frente a acciones sísmicas.

La Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia: Análisis Constructivo y Estructural.

A continuación, un modelo 3D de la iglesia en su conjunto permite el análisis estático para cargas gravitatorias, un cálculo modal, un cálculo no lineal estático (Pushover) y un cálculo no lineal dinámico (historia en el tiempo). Los resultados obtenidos en estos análisis nos proporcionan la información sobre su comportamiento estructural, su mecanismo de colapso y su índice de vulnerabilidad.

Por último, se realiza un modelo 3D del terreno con la información extraída del estudio geotécnico y el georradar. Sobre este modelo se incorpora el modelo 3d de la iglesia. Todo ello con la finalidad de evaluar la influencia que tienen las características del terreno en el comportamiento estructural global del edificio frente a cargas estáticas y dinámicas.

ABSTRACT

“Los Santos Juanes” Church is one of the most important religious monuments of Valencia. Erected after the reconquest on the foundations of the Boatella mosque, it is part of a group of churches, which after the Christian siege were configured in a similar way called parochial type. With a hidden gothic structure, the temple shows his baroque majesty, especially in the interior, besides countless vestiges of a past that define its current configuration.

This PhD thesis aims to discern and analyze the constructive developments the temple has suffered from its origins up to the present days. By detailing each of the interventions carried out in the building, and relating them to the responsible historical premises and the consequences they have had in the building.

In order to obtain this, all the possible information regarding the church and its surroundings has been gathered, using the needed graphical and technological skills, to find out in great detail the intrinsic characteristics. The graphic documentation extracted, allows a metric and geometric study, in order to verify the numerical correspondence with the constructive and structural advance of the temple.

After the constructive analysis, a structural analysis is performed. The structural analysis is carried out using different 3D prototypes using to define its geometry, data from the scanner and other documentary references found. Partial models are used to evaluate the influence of the variation of different mechanical characteristics of the materials or to obtain the influence of different constructional arrangements facing seismic action.

Specifically, the study of the different constructive arrangements focuses on analyzing the influence to the typical diaphragms of Mediterranean Gothic buildings. To do so, its impact in the structural behavior of the church is evaluated through the analysis of models with and without these elements, in order to understand its functionality against seismic actions.

Then a 3D model of the church as a whole, allows the static analysis for gravity loads, modal calculation, a static nonlinear calculation (pushover) and dynamic

nonlinear calculation (story time). The results of these analyses provide us with information about its structural behavior, collapse mechanism and vulnerability index.

Finally, a 3D model of the terrain with information extracted from the geotechnical study and georadar is performed. On this model, the 3D model of the church is incorporated. All this is carried out with the aim of assessing the influence of the terrain in the global structural behavior of the building facing static and dynamic loads.

RESUM

L'església dels Sants Joans és un dels monuments eclesiàstics més importants de València. Erigida després de la reconquesta sobre els ciments de l'antiga mesquita de la Boatella, forma part d'un grup d'esglésies, que després de l'assetjament cristià, es varen configurar en una tipologia pareguda anomenada tipus parroquial. D'estructura gòtica amagada, el temple mostra la seua majestuositat barroca especialment en el interior, a més d'una infinitat de vestigis d'un passat que ha fet mossa en la seua configuració actual.

La present tesi doctoral pretén estudiar i analitzar l'evolució constructiva que ha tingut el temple des dels seus orígens fins l'actualitat, detallant cadascuna de les intervencions i relacionant-la amb les premisses històriques responsables, així com les conseqüències que elles han tingut en l'edifici.

Per això, s'ha recopilat tota la informació possible en referència a l'església i els seus voltants, utilitzant les tècniques gràfiques i tecnològiques necessàries, que permeten obtindre amb el major detall possible les característiques intrínseques de l'edifici. Amb la documentació gràfica tretada, es realitza un estudi mètric i geomètric, amb el fi de poder comprovar la correspondència numèrica amb l'avanç constructiu i estructural del temple.

Després de l'anàlisi constructiu es realitzarà un anàlisi estructural. En un primer estadi, es calcula el model de dany empleat les característiques dels materials tretes dels assajos experimentals, la geometria obtinguda del escàner i les demés referències documentals trobades.

Concretament l'estudi de les diferents disposicions constructives es centren en analitzar la influència que tenen els diafragmes típics de les construccions del gòtic mediterrani. Per a dur-ho a terme s'avalua la seua incidència en el comportament estructural de l'església a través de l'anàlisi de models amb i sense dits elements, amb la finalitat de comprendre la seua funcionalitat front a accions sísmiques.

A continuació, un model 3D de l'església en el seu conjunt permet l'anàlisi estàtic per a càrregues gravitatòries, un càlcul modal, un càlcul no lineal estàtic

(Pushover) i un càlcul no lineal dinàmic (història en el temps). Els resultats obtinguts en estos anàlisi ens proporcionen la informació del seu comportament estructural, el seu mecanisme de col·lapse i l'índex de vulnerabilitat.

Per últim es realitza un model 3D del terreny amb la informació treta del estudi geotècnic i el georadar. Sobre este model s'incorpora el model 3D de l'església. Tot allò amb la finalitat d'avaluar la influència que tenen les característiques del terreny en el comportament estructural global de l'edifici front a càrregues estàtiques i dinàmiques.

ÍNDICE



INDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	Pág. XVII
I. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	Pág. 1
I.1. Prólogo.....	Pág. 3
I.2. Objetivos.	Pág. 7
I.3. Método de Trabajo.	Pág. 9
II. ESTUDIO HISTÓRICO-CONSTRUCTIVO.....	Pág. 15
II.1. Introducción.....	Pág. 17
II.2. La presencia musulmana.	Pág. 18
II.3. La reconquista.	Pág. 26
II.4. Siglo XIV.	Pág. 35
II.5. Siglo XV.	Pág. 41
II.6. Siglo XVI.	Pág. 45
II.7. Siglo XVIII.	Pág. 73
II.8. Siglo XIX hasta la Actualidad.	Pág. 79
II.9. Cronología Constructiva.....	Pág. 95
III. ADSCRIPCIÓN TIPOLOGICA	Pág. 101
III.1 Iglesias de la Reconquista.....	Pág. 103
III.2 La respuesta al sismo.	Pág. 113
III.3. Características estructurales de la Iglesia de los Santos Juanes....	Pág. 118
IV. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS.....	Pág. 127
IV.1 Los métodos no destructivos.....	Pág. 129
IV.1.1 Escaneado Láser.....	Pág. 130
IV.1.2 Aplicación de la Termografía.....	Pág. 141

IV.1.3 Aplicación del Georradar.....	Pág. 148
IV.2 Aproximación al cálculo de estructuras.....	Pág. 162
IV.2.1 Consideraciones previas.....	Pág. 162
IV.2.2 Comportamiento lineal.....	Pág. 164
IV.2.3 Comportamiento no lineal.....	Pág. 166
IV.2.4 Modelo de daño.....	Pág. 170
IV.2.5 Evolución actual de los métodos.....	Pág. 175
IV.3. Vulnerabilidad sísmica.....	Pág. 177
IV.3.1 Acciones sísmicas.....	Pág. 178
IV.3.2 Análisis frente al sismo.....	Pág. 180
IV.3.2.1 El método Pushover.....	Pág. 180
IV.3.2.2 Análisis no lineal en el tiempo.....	Pág. 184
V. PARTICULARIDADES DE LA PARROQUIA.....	Pág. 187
V.1 Composición y estudio de las medidas.....	Pág. 189
V.1.1 Estudio del sistema métrico.	Pág. 191
V.1.2 Estudio geométrico.....	Pág. 199
VI. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	Pág. 207
VI.1 Características de los materiales.....	Pág. 210
VI.2 Asignación de materiales y configuración del modelo.....	Pág. 217
VI.3 Estudio de sensibilidad del módulo de cálculo.....	Pág. 219
VI.3.1 Influencia de la resistencia a tracción de la sillería.....	Pág. 220
VI.3.2 Influencia de la resistencia a compresión de la sillería..	Pág. 233
VI.3.3 Influencia del módulo de elasticidad en la sillería.....	Pág. 247
VI.4 Análisis del sistema estructural de los Santos Juanes.....	Pág. 269
VI.5 Análisis sísmico del modelo global.....	Pág. 298

Índice

VI.6 Análisis de la interacción suelo-estructura.....	Pág. 320
VI.6.1 Caracterización del terreno.....	Pág. 321
VII. CONCLUSIONES.	Pág. 329
VIII. LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.	Pág. 337
IX. BIBLIOGRAFIA.	Pág. 341
X. ANEXOS.	Pág. 371
X.1. Documentación gráfica.	Pág. 371
X.2. Estudio geotécnico.....	Pág. 385

ÍNDICE DE FIGURAS_

CAPITULO I_

01.1. Vista Plaza del Mercado. Año 1.880

01.2. Calle Peso de la Paja. Año 1.900

CAPITULO II_

02.1. Grabado de la lonja y los Santos Juanes 1800

02.2. Restos de un molino hidráulico del siglo X

02.3. Plano esquemático de la ciudad de Valencia en la época árabe

02.4. Gráfico de defensa de Valencia de la época islámica

02.5. La ciudad de Valencia en la época islámica

02.6. Detalle del Barrio del barrio de la Boatella de la época islámica

02.7. Llibre del Repartiment

02.8. Pergamino donación del obispo Ferrer de San Martí en el que da a Pedro Balaguer una mezquita en la calle San Juan de la Boatella (1240)

02.9. Posición y Situación de las Primeras Iglesias de Valencia

02.10. Interior de Santa Catalina Mártir Valencia

02.11 Foto de Campanario San Joan del Mercat tomada desde lo que hoy es la puerta del Mercado Central

02.12. Hipótesis de la primera planta del templo

02.13. Acceso Lateral desde la Calle del Peso de la Paja

02.14. Acceso Lateral desde la Plaza de la Comunió de San Juan

02.15. Detalle de la O de San Juan

02.16. Imagen covachuelas Plaza Comunió de San Juan

- 02.17. Interior de la Lonja de Valencia
- 02.18. Modelo 3D y planta del templo de la primera ampliación
- 02.19. Primera vista de Valencia de 1563. Anthonie van de Wijngederde
- 02.20. Puente del Mar de Valencia arruinado por el río Turia el 5 de Nov. de 1776
- 02.21. Detalle del plano de Mancelli
- 02.22 Detalle de los muros de la fachada de la Calle Peso de la Paja
- 02.23. Situación en planta de la capilla de la comunión
- 02.24. Plaza de la Comunión San Juan. Puerta Acceso Capilla Comunión y Iglesia
- 02.25. Acceso capilla de la Comunión
- 02.26. Acceso lateral Plaza de la comunión de San Juan
- 02.27. Vista de la fachada de la Capilla Comunión a la calle Eixarchs
- 02.28. Detalle de la cúpula de la capilla dela Comunión
- 02.29. Detalle de la puerta lateral de la calle del peso de la paja
- 02.30. Fachada Plaza del Mercado
- 02.31. Detalle de la torre del reloj de la fachada de la plaza del Mercado
- 02.32. 3D del templo de los Santos Juanes
- 02.33. Vista de las cubiertas de los Santos Juanes desde la Lonja (Años 70)
- 02.34. Vista de los Santos Juanes desde la plaza del cementerio de San Juan. Distinción de etapas constructivas del campanario
- 02.35. Detalle del campanario
- 02.36. Sección 3D transversal por el campanario
- 02.37. Sección longitudinal 3D de la iglesia actual sin la bóveda de cañón
- 02.38. Detalle por el trasdós del encuentro entre la bóveda y el arco fajón medieval (2011)

Índice de figuras

- 02.39. Vista de la estructura Medieval desde la cámara entre la bóveda barroca (2011)
- 02.40. Detalle ventana sobre terraza de las capillas laterales en la calle peso de la paja
- 02.41. Capilla Laterales. Vista de la estructura original
- 02.42. Vista de la cúpula de la capilla lateral dedicada a Santa Catalina
- 02.43. Sección transversal 3D del templo tras la construcción de la bóveda
- 02.44. Acceso desde la plaza del cementerio de San Juan
- 02.45. Plano del Padre Tosca de 1738
- 02.46. Detalle del plano del Padre Tosca de 1738
- 02.47. Iglesia de San Felipe de Madrid. S. XVII
- 02.48. Plaza del Mercado. Principios del s. XIX
- 02.49. Ocupación del solar del convento de las Magdalenas por el mercado (1840)
- 02.50. Plano de Valencia de 1812. En oscuro P. del Mercado, en claro P. Ayuntamiento
- 02.51. Detalle del plano de la ciudad de 1853
- 02.52. Detalle del plano de la ciudad de Valencia de 1929
- 02.53. Configuración actual del Barrio (1990)
- 02.54. Solicitud de licencia de obra para la intervención de las ventanas de la fachada de la plaza del Mercado
- 02.55. Vista Superior del muro de la fachada de la Plaza del Mercado. Año 1943
- 02.56. Vista Parcial de la bóveda Barroca de la nave central tras el incendio
- 02.57. Puntos de Inspección donde se realizaron las catas
- 02.58. Cimentación de la Jamba Izq de la Puerta de la C/ el Peso de la Paja
- 02.59. Cimentación de la Jamba Izq de la Puerta de la C/ el Peso de la Paja II

- 02.60. Detalle de un testigo realizados en los muros interiores
- 02.61. Detalle catas de la cubierta de la Iglesia de los Santos Juanes
- 02.62. Detalle de la roza del óculo central
- 02.63. Proceso de numeración para el desmontaje de la torre del reloj
- 02.64. Detalle apoyo torre del reloj

CAPITULO III_

T.03.1 Dimensión de los arcos de los templos valencianos de la época.

- 03.1. Maqueta de la construcción de la Iglesia Parroquial de Olocau II
- 03.2. Iglesia de San Félix de Xàtiva
- 03.3. Convento de San Francisco de Morella
- 03.4. Maqueta de la construcción de la Iglesia Parroquial de Olocau II
- 03.5. Dormitorio de los monjes del monasterio cirtense de Santa María de Poblet
- 03.6. Vivienda Popular en Rodas
- 03.7. Sistema abovedado del interior de la catedral de Valencia
- 03.8. Sistema abovedado del interior de los Santos Juanes
- 03.9. Vistas interiores y sección transversal de Saint Chapelle
- 03.10. Esquema estructural del gótico Centroeuropeo
- 03.11. Sistema estructural de los Santos Juanes
- 03.12. Interior de la catedral de Notre Dame
- 03.13. Mapa sísmico de Europa
- 03.14. Tipos estructurales de las catedrales góticas españolas
- 03.15. Esqueletos pétreos propuestos por Cassinello para las catedrales góticas españolas

Índice de figuras

- 03.16. Esquema estructural de las bóvedas de la nave central de la catedral de Valencia
- 03.17. Esquema las bóvedas con diafragma de la nave central de la catedral de Valencia
- 03.18. Boceto de los Santos Juanes realizado por Estellés
- 03.19. Catedral de Tortosa
- 03.20. Contrafuertes de los Santos Juanes
- 03.21. Sección transversal de la catedral de Notre Dame
- 03.22. Sección transversal de la iglesia de los Santos Juanes
- 03.23. Vista de la estructura gótica desde el interior
- 03.24. Vista 3D Interior del templo
- 03.25. Vista de pájaro 3D de la estructura de los Santos Juanes
- 03.26. 3D de la estructura de la iglesia.

CAPITULO IV_

T.04.1 Clasificación de los Umbrales de daño

T. 04.2 Estados de daño según Risk UE

04.1. Situación de las estaciones en el interior del templo. Cota +1,00

04.2. Alzado de la calle del peso de la paja extraída del programa Escuadra

04.3. Alzado de la calle del peso de la paja

04.4. Detalle de ventana gótica extraído del Scene Lt. y trazado posterior

04.5. Nube de Puntos. Planta de los Santos Juanes y de los edificios del entorno

04.6. Nube de Puntos. Sección horizontal de la planta a cota +8,50

04.7. Perspectiva de la Nube de puntos de los Santos Juanes y su entorno

- 04.8. Perspectiva de la Nube de puntos desde la plaza del Mercado
- 04.9. Perspectiva de la Nube de puntos de de la P. de la comunión de San Juan
- 04.10. Perspectiva de la Nube de puntos de la fachada de la P. del Mercado
- 04.11. Nube de Puntos. Sección transversal fugada por la nave central
- 04.12. Nube de Puntos. Sección transversal fugada por la capilla de la Comunión
- 04.13. Infografía del escáner láser. Sección transversal del templo
- 04.14. Nube de Puntos. Sección longitudinal por la nave central
- 04.15. Superposición de la planta obtenida del escáner láser con la del proyecto de Intervención de Juan José Estellés
- 04.16. Espectro visible por el ojo humano separado por componentes (colores)
- 04.17. Imagen de la cámara termográfica en la fachada de la plaza del mercado
- 04.18. Imagen de la fachada de la plaza del mercado
- 04.19. Imagen de la cámara termográfica correspondiente a la junta del séptimo contrafuerte con el muro de fachada interior
- 04.20. Imagen Termográfica de la fachada del Cementerio de San Juan
- 04.21. Imagen del programa Asrix con la identificación de coordenadas
- 04.22. Imagen del programa Asrix rectificada
- 04.23. Imagen rectificada sobre la sección obtenida del escáner
- 04.24. Preparación del sistema
- 04.25. Preparación de la antena
- 04.26. Planta de perfiles realizados con el georradar
- 04.27. Forma de trabajo: Perfil 1
- 04.28. Forma de trabajo: Perfil 2
- 04.29. Forma de trabajo: Perfil 3
- 04.30. Forma de trabajo: Perfil 5

- 04.33. Modelo de la catedral de Méjico

- 04.32. El modelo de la cripta de la Colina Güell, de Gaudí
- 04.33. Modelo del Coliseo de Roma
- 04.34. Método de los elementos rígidos
- 04.35A. Método de los elementos finitos (MEF). Micro-modellin
- 04.35B. Método de los elementos finitos (MEF). Macro-modelling
- 04.36. Modelo homogenizado de edificio de fábrica
- 04.37. Sección constructiva de la fábrica de la Iglesia de los Santos Juanes
- 04.38. Estado Uniaxial de tesiones
- 04.39. Modelo de Daño. Expresa la evolución de la curva uniaxial tensión-deformación
- 04.40. Comparación entre resultados: micro-modelado (izq) y macro-modelado (dcha)
- 04.41. Gráficas los espectros elásticos de diseño de Valencia
- 04.42. Espectros de Valencia para periodos de retorno de 475 y 950 años
- 04.43. Patrón de Cargas aplicado en el método Pushover y Curva de Capacidad
- 04.44. Espectro de capacidad
- 04.45. Gráficas indicativas del punto de desempeño
- 04.46. Umbrales de los estado de daño
- 04.47. Acelerograma artificial en la dirección X

CAPITULO V_

T.05.1 Medidas utilizadas en Valencia y sus equivalencias en el sistema internacional

- 05.1. Modulaci3n de la planta primitiva de los Santos Juanes
- 05.2. Modulaci3n del cuerpo principal actual de los Santos Juanes
- 05.3. Secci3n m3trica transversal de los Santos Juanes
- 05.4. Modulaci3n del alzado de la plaza del cementerio de San Juan
- 05.5. Modulaci3n del alzado de la plaza del mercado
- 05.6. Modulaci3n del alzado de la calle del Peso de la Paja
- 05.7. Pasos planteados para la obtenci3n del trazado geom3trico
- 05.8. Representaci3n del Aur3n y Diagon
- 05.9. Secci3n transversal geom3trica de los Santos Juanes.

CAPITULO VI_

- T.06.1: Muestras ensayadas de los Santos Juanes y cantera
- T.06.2: Valores de los ensayos de la piedra del puente de la Trinidad
- T.06.3: Valores utilizados en el estudio de la catedral de Mallorca
- T.06.4: Valores empleados en el an3lisis de la catedral de Siracusa
- T.06.5: Valores empleados en el an3lisis de Santa Maria all'Impruneta (Florencia)
- T.06.6: Valores de los principales tipos de piedra
- T.06.7: Valores del peso espec3fico del ladrillo
- T.06.8: Valores del m3dulo de elasticidad de las piedras
- T.06.9: Valores del m3dulo de elasticidad del ladrillo
- T.06.10: Valores de la madera empleada
- T06.11. Obtenci3n del da1o y porcentaje
- T.06.12: 3ndice de vulnerabilidad

Índice de figuras

- T.06.13: Valores tomados para el cálculo de los rellenos y el ladrillo
- T.06.14: Caracterización de la Sillería. Estudio a Tracción
- T.06.15: Resultado del estudio a tracción. Nivel de daño Modelo T-1
- T.06.16: Resultado del estudio a tracción. Nivel de daño Modelo T-2
- T.06.17: Resultado del estudio a tracción. Nivel de daño Modelo T-3
- T.06.18: Estudio a tracción. Nivel de daño de los modelos
- T.06.19: Caracterización de la Sillería. Estudio a compresión
- T.06.20: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-1
- T.06.21: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-2
- T.06.22: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-3
- T.06.23: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-4
- T.06.24: Estudio a compresión. Nivel de daño de los modelos
- T.06.25: Caracterización de la Sillería. Influencia del módulo de elasticidad
- T.06.26: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-1
- T.06.27: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-2
- T.06.28: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-3
- T.06.29: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-4
- T.06.30: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-5
- T.06.31: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-6
- T.06.32: Estudio incidencia módulo elasticidad. Nivel de daño de los modelos

T.06.33: Valores de la sillería tomados para el cálculo de los Santos Juanes

T.06.34: Valores tomados para el cálculo de los Santos Juanes

T.06.35: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 1

T.06.36: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 2

T.06.37: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 3

T.06.38: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 4

T.06.39. Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 5

T.06.40. Caracterización del terreno

06.1. Ensayo a compresión de la muestra tomada de la cantera de Godella

06.2. Definición de los materiales en ANGLE

06.3. Modelo representativo. 2 Módulos

06.4. Curva de Capacidad del modelo T-1

06.5. Performance point del modelo T-1

06.6. Daño y deformada del modelo T-1 en el paso 10

06.7. Daño y deformada del modelo T-1 en el paso 12

06.8. Curva de Capacidad del modelo T-2

06.9. Performance point del modelo T-2

06.10. Daño y deformada del modelo T-2 en el paso 10

06.11. Daño y deformada del modelo T-2 en el paso 18

06.12. Curva de Capacidad del modelo T-3

Índice de figuras

- 06.13. Performance point del modelo T-3
- 06.14. Daño y deformada del modelo T-3 en el paso 10
- 06.15. Daño y deformada del modelo T-3 en el paso 19
- 06.16. Comparativa del índice de vulnerabilidad. Estudio a tracción
- 06.17. Influencia de la tracción en la gráfica V-Desplazamiento
- 06.18. Curva de Capacidad del modelo C-1
- 06.19. Performance point del modelo C-1
- 06.20. Daño y deformada del modelo C-1 en el paso 10
- 06.21. Daño y deformada del modelo C-1 en el paso 18
- 06.22. Curva de Capacidad del modelo C-2
- 06.23. Performance point del modelo C-2
- 06.24. Daño y deformada del modelo C-2 en el paso 10
- 06.25. Daño y deformada del modelo C-2 en el paso 18
- 06.26. Curva de Capacidad del modelo C-3
- 06.27. Performance point del modelo C-3
- 06.28. Daño y deformada del modelo C-3 en el paso 10
- 06.29. Daño y deformada del modelo C-3 en el paso 19
- 06.30. Curva de Capacidad del modelo C-4
- 06.31. Performance point del modelo C-4
- 06.32. Daño y deformada del modelo C-4 en el paso 10
- 06.33. Daño y deformada del modelo C4 en el paso 19
- 06.34. Comparativa del índice de vulnerabilidad. Estudio a compresión
- 06.35. Influencia de la compresión en la gráfica V-Desplazamiento
- 06.36. Curva de Capacidad del modelo M-1

- 06.37. Performance point del modelo M-1
- 06.38. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-1
- 06.39. Desplazamiento x en el paso 39 del modelo M-1
- 06.40. Curva de Capacidad del modelo M-2
- 06.41. Performance point del modelo M-2
- 06.42. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-2
- 06.43. Daño y deformada del modelo M-1 en el paso 10
- 06.44. Curva de Capacidad del modelo M-3
- 06.45. Performance point del modelo M-3
- 06.46. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-3
- 06.47. Daño y deformada del modelo M-1 en el paso 18
- 06.48. Curva de Capacidad del modelo M-4
- 06.49. Performance point del modelo M-4
- 06.50. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-4
- 06.51. Desplazamiento z en el paso 39 del modelo M-4
- 06.52. Curva de Capacidad del modelo M-5
- 06.53. Performance point del modelo M-5
- 06.54. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-5
- 06.55. Daño y deformada del modelo M-5 en el paso 30
- 06.56. Curva de Capacidad del modelo M-6
- 06.57. Performance point del modelo M-6
- 06.58. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-6
- 06.59. Daño y deformada del modelo M-6 en el paso 19
- 06.60. Comparativa del índice de vulnerabilidad. Estudio incidencia módulo elasticidad

Índice de figuras

- 06.61. Influencia del módulo de elasticidad en la gráfica V-Desplazamiento
- 06.62. Vista del conjunto del modelo 1
- 06.63. Alzado del modelo 1
- 06.64. Deformaciones modo 1_modelo 1
- 06.65. Deformaciones modo 2_modelo 1
- 06.66. Deformaciones modo 3_modelo 2
- 06.67. Modelo de índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de cargas gravitatorias. Modelo 1
- 06.68. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 15 para el total de las cargas gravitatorias más 22% de carga de sismo en la dirección Y
- 06.69. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias
- 06.70. Vista en planta del modelo
- 06.71. Curva de capacidad del modelo 1
- 06.72. Espectro de capacidad
- 06.73. Vista del conjunto del modelo 2
- 06.74. Alzado del modelo 2
- 06.75. Deformaciones modo 1_modelo2
- 06.76. Deformaciones modo 2_modelo 2
- 06.77. Deformaciones modo 3_modelo 2
- 06.78. Diagrama inverso (Dy) del modelo 2
- 06.79. Espectro de capacidad
- 06.80. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias
- 06.81. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias

06.82. Vista del conjunto del modelo 3

06.83. Alzado del modelo 3

06.84. Deformaciones modo 1_modelo3

06.85. Deformaciones modo 2_modelo 3

06.86. Deformaciones modo 3_modelo 3

06.87. Vista en 3d del modelo 3

06.88. Espectro de capacidad del modelo 3

06.89. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias

06.90. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 15 para el total de las cargas gravitatorias y 22 % de la carga sísmica en la dirección Y

06.91. Vista del conjunto del modelo 3

06.92. Alzado del modelo 3

06.93. Deformaciones modo 1_modelo4

06.94. Deformaciones modo 2_modelo 4

06.95. Deformaciones modo 3_modelo 4

06.96. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias

06.97. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias para el cálculo (12 MPa)

06.98. Vista en planta del modelo

06.99. Espectro de capacidad del modelo 4

06.100. Vista del conjunto del modelo 5

06.101. Alzado del modelo 5

06.102. Planta del modelo 5

Índice de figuras

- 06.103. Alzado plaza cementerio San Juan modelo 5
- 06.104. Deformaciones modo 1_modelo 5
- 06.105. Deformaciones modo 2_modelo 5
- 06.106. Deformaciones modo 3_modelo 5
- 06.107. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias. Modelo 5
- 06.108. Índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. Modelo 5
- 06.109. Planta y vista en 3D de la bóveda y fachada plaza cementerio San Juan. Modelo 5
- 06.110. Grieta de la fachada de la plaza del cementerio de San Juan, cercana al encuentro con la bóveda barroca. Modelo 5
- 06.111. Imagen de la grieta con la cámara termográfica
- 06.112. Vista en planta del modelo. En la figura se indica el punto considerado correspondiente al de mayor cota Z del tramo central. Modelo 5
- 06.113. Espectro de capacidad del modelo 5
- 06.114. Índice de daño correspondiente al segundo 2,2. Modelo 5
- 06.115. Deformación Y máxima (análisis dinámico en el tiempo). Modelo 5
- 06.116. Índice de daño correspondiente al segundo 2,56. Modelo 5
- 06.117. Vista del conjunto del modelo 6
- 07.118. Alzado del modelo 6
- 06.119. Deformaciones modo 2_modelo 6
- 06.120. Deformaciones modo 3_modelo 5
- 06.121. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatoria. Modelo 6

06.122. Índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. Modelo 6

06.123. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Y frente a cargas gravitatorias. Modelo 6

06.124. Vista en 3D de la bóveda y fachada plaza cementerio San Juan. Modelo 6

06.125.: Vista 3D del modelo 6. En la figura se indica el punto considerado correspondiente al de mayor cota Z del tramo central

06.126. Espectro de capacidad del modelo 6

06.127. Diagrama inverso (D_y) del modelo 6

06.128. Deformación Y máxima (análisis dinámico en el tiempo) Modelo 6

06.129. Índice de daño correspondiente al segundo 2,2. Modelo 6

06.130.: Vista 3D del modelo con la modelización del suelo

06.131.: Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatoria. Modelo con suelo

06.132.: Deformaciones en el eje Z en el paso 10 de carga. Modelo con suelo

06.133.: Deformaciones en el eje Z en el paso 10 de carga. Modelo 5

06.134.: Índice de daño de la fachada de la "O". Modelo con suelo

06.135.: Índice de daño de la fachada de la "O". Modelo 5

I.

**CONSIDERACIONES
PREVIAS**



I. Consideraciones Previas.

I.1. PRÓLOGO

El estudio de una fábrica cargada de historia, sus peculiaridades y la evidencia de un edificio con unas características que lo hacen único, impulsan a realizar un análisis constructivo y estructural de la Iglesia de los Santos Juanes de forma concreta.

Esta decisión queda reforzada por la dilatada biografía que revela el monumento desde su origen, debido a los diversos incendios e intervenciones constructivas que le acontecen (Estellés Ceba 1986, p. 2).

Ha sido escenario de numerosos acontecimientos debido a su importante posición comercial¹, siendo expresión de unas condiciones formales que van desde las dimensiones de la gran bóveda barroca interior, al remate de la logia de recuerdo palaciego o la Torre del Reloj de la fachada de la cabecera.

Sin dejar de lado el resto de particularidades que han acontecido al edificio y que definen en gran medida su personalidad y su configuración actual, se pretende atender al resto de rasgos que definen su carácter y que permiten encuadrarlo dentro de una tipología concreta con respecto al resto de parroquias coetáneas.

Actualmente es uno de los edificios religiosos de mayor relevancia de la ciudad. Perteneciente al distrito de Ciutat Vella ocupa una posición privilegiada dentro de la plaza del Mercado. Comparte protagonismo con dos elementos arquitectónicos enormemente interesantes y elogiados, la Lonja de Mercaderes y el actual edificio del Mercado Central, este último de construcción más tardía.

Ha sido objeto de numerosos artículos periodísticos, muchos de ellos de carácter instructivo, pero con un foco común, el deterioro continuado del templo a lo largo del tiempo y la omisión de medidas para evitarlo. De entre ellos cabe destacar: "Los Santos Juanes: Una Obra Incompleta" (P.P 1972), "Los Santos Juanes, la joya

¹ Uno de los lugares idóneos para el desarrollo de la actividad comercial y mercantil era los alrededores de las puertas de entrada a la ciudad, puesto que facilitaba la venta a la gente que llegaba desde el campo para vender. La proximidad de la iglesia a la llamada puerta de la Boatella, hace que desde épocas hispano-musulmanas el barrio destacará por su actividad comercial.

olvidada" (Moreno Marín 2010, p. 18), "Llegó la hora a los Santos Juanes" (Aranzo Ballester 1984, p. 14).

Las imágenes muestran la actividad incesante del barrio del mercado desde siglos anteriores. Se puede apreciar el carácter peatonal de la Plaza del Mercado y la Calle del Peso de la Paja.



01.1. Vista Plaza del Mercado. Año 1880².



01.2. Calle Peso de la Paja. Año 1900³.

² Imagen de José Antonio López Mira. Conselleria de Cultura. Generalitat Valenciana.

³ Imagen de José Antonio López Mira. Conselleria de Cultura. Generalitat Valenciana.

I. Consideraciones Previas.

Igualmente son cuantiosas las publicaciones que le hacen referencia, eco de ello se hace la prensa en el año 2000 con el titular "*Santos Juanes: la parroquia más documentada de toda la diócesis.*" (Montava Pérez 2000, p. 24)

Una de las publicaciones decisivas por su aportación documental a la historia de la Iglesia es la de Manuel Galarza Tortajada. Su obra supone una interpretación bastante acertada de la mayor parte de los documentos escritos existentes (Galarza Tortajada 1990). Galarza analiza el pasado histórico de la ciudad y más concretamente la influencia que éste ha tenido en la definición y configuración actual de la Iglesia. Y consecuentemente define, de forma general, las etapas constructivas en las que ha se ha visto envuelta.

De entre sus opiniones, cabe destacar la que motiva el estudio de este edificio:

“Intentar reconstruir los orígenes más remotos de la erección de un templo y clarificar sus antecedentes históricos, es empresa casi imposible si se trata de un edificio centenario y se carece de documentos auténticos donde apoyarse. Tal es el caso del Templo de los Santos Juanes, de la ciudad de Valencia. Todas las opiniones concuerdan en afirmar que es una de las iglesias más antiguas de la Valencia medieval, pero todos los autores se apoyan en afirmaciones anteriores, y no aducen más razón que su propia apreciación, sin cimentarla sobre bases incuestionables.” (Galarza Tortajada 1990)

Sin embargo, ha sido Juan José Estellés Ceba el que mayor incidencia ha tenido en el estudio del edificio y que mayor documentación constructiva ha revelado. De entre sus numerosos trabajos arquitectónicos, el más importante fue el que realizó de los Santos Juanes sobre los años 90 (Estellés Ceba 1986). Su estudio supuso un avance concluyente en la definición de las etapas constructivas de la iglesia, de sus modificaciones y de los elementos que la componen.

A lo largo de su historia el edificio ha tenido diversos nombres. En un principio se denominó San Joan de la Boatella (Teixidor Trilles 1895, p. 329-330), para pasar posteriormente a llamarse San Joan del Mercat y actualmente es conocida como "Real Parroquia de los Santos Juanes" con título real desde 1858

por decreto de la Reina Isabel II tras su visita al templo el 2 de Junio del mismo año.

Un edificio cargado de historia, con numerosos elementos destacados en cada uno de sus límites, que muestra y esconde numerosas marcas del pasado histórico del que ha sido protagonista.

I. Consideraciones Previas.

I.2. OBJETIVOS

La Iglesia de los Santos Juanes forma parte de un grupo de iglesias que tras el asedio cristiano se construyeron con unas características comunes que las distingue del resto de iglesias de Europa.

En un principio se pensaba que esta diferencia era debida a diversos motivos entre los que destacaban: condiciones climatológicas, funcionales, compositivas e incluso defensivas. Pero las diversas investigaciones realizadas posteriormente inciden en mostrar una clara variante entre la parte constructiva y estructural.

Dado que el templo no mantiene su configuración original, por las diversas modificaciones realizadas, especialmente la transformación barroca que sufrió en el siglo XVII, el estudio detallado del edificio es complicado en gran medida.

Por ello, con el fin de poder evaluar las características constructivas y estructurales de la parroquia, se plantean los siguientes objetivos para esta tesis:

- Vaciado documental y análisis de las características constructivas y estructurales del templo.
- Análisis e influencia de las características urbanas en la construcción de la parroquia.
- Relación entre las decisiones constructivas y morfológicas que se tomaron y el período histórico en el que se construyeron.
- Caracterización de la secuencia constructiva, definiendo completamente el proceso de construcción.
- Descripción de las influencias en el diseño y construcción del edificio.
- Confección de una documentación gráfica fiable y precisa del edificio, como son planta, alzados, secciones y elaboración de un modelo tridimensional.
- Interpretación de las características del subsuelo y su relación con el edificio.

- Identificación de los elementos constructivos y estructurales ocultos mediante termografía.

- Estudio de las disposiciones constructivas y estructurales de los Santos Juanes y la comparación con el resto de iglesias góticas.

- Concretización y definición de los materiales empleados en la construcción de la Iglesia y estudio de la influencia de sus características en el comportamiento estructural del templo.

- Definición de un modelo para el estudio del comportamiento estructural lineal y no lineal mediante el método de los elementos finitos frente a esfuerzos estáticos y dinámicos.

- Análisis de la influencia en el comportamiento estructural de la "O" de San Juan en el conjunto de la parroquia frente a sismo.

I. Consideraciones Previas.

I.3. MÉTODO DE TRABAJO

Para el análisis de un edificio con unas características tan complejas, es necesario realizar un estudio en profundidad de los hechos acaecidos que permitan transmitir una visión global de lo sucedido a lo largo del tiempo. Dada la naturaleza del estudio, los aspectos que despiertan un mayor interés son los referentes a sus características constructivas y estructurales.

Para el estudio de un edificio de esta tipología, una de las principales fuentes de información, es la documentación existente en los distintos archivos. Recopilar toda la información de los archivos de la ciudad de Valencia, así como los archivos a nivel nacional ha sido una de las primeras tareas realizadas en esta investigación.

Pero no todos los archivos han ofrecido información interesante al respecto, pues mucha de la documentación de especial relevancia se perdió en el incendio que sufrió la iglesia durante la guerra civil.

Entre los archivos consultados y que han confeccionado la base documental de esta tesis destaca el histórico municipal de la ciudad. En este archivo se han podido consultar los expedientes municipales de las intervenciones más recientes del templo.

En el archivo del Regne, la información que resulta de mayor interés corresponde a la existencia de algunos libros de obras del templo. Estos han sido la base para corroborar y referenciar temporalmente algunas de las actuaciones constructivas sufridas por la Iglesia de los Santos Juanes.

El archivo diocesano de Valencia es uno de los que más información ha arrojado a esta investigación. Aunque conserva únicamente documentación actual, se pueden consultar los proyectos e intervenciones realizados en el templo desde la mitad del siglo pasado hasta la actualidad. Junto con este archivo ha sido imprescindible la información obtenida en la Conselleria de Cultura de la Generalitat Valenciana.

Otro archivo consultado es el de la catedral. En su haber consta un gran número de pergaminos que relatan la historia de Valencia y ente ellos el que corrobora la hipótesis del origen de la iglesia de los Santos Juanes.

El resto de archivos examinados, entre los que cabe destacar el archivo de la biblioteca valenciana de San Miguel de los Reyes y los archivos de Madrid, el archivo histórico nacional y el instituto del patrimonio cultural de España, han sido de poca ayuda para esta investigación. Si bien el IPCE⁴ tenía un proyecto de Agustín Ferrer i Ferrer de poco interés, el otro archivo de la capital no tenía nada en referencia a la iglesia. De la biblioteca valenciana únicamente se ha obtenido documentación de la restauración de las pinturas que, aunque referenciadas, no tiene excesiva utilidad para este trabajo.

Otro de los documentos consultados es el libro de Gil Gay publicado a principios del siglo pasado, que referencian constantemente Estellés y Galarza. Gracias al Centro de Información Arquitectónica de la UPV se pudo examinar y extraer la documentación necesaria con el fin de corroborar los datos reproducidos por ambos.

De la poca documentación gráfica encontrada, principalmente de Estellés y Gil Gay, son interesantes los planos y secciones del edificio, incluso alguna sección constructiva, aunque la precisión que presentan es acorde a la época en la que se hicieron.

El punto de inflexión con respecto a la documentación gráfica viene marcado por la aplicación del escáner láser 3D. La toma de datos fue realizada, junto con el autor, por Carlos Aleixandre Llesma y Luís Muñoz Sempere, de la empresa byd3d SL. Gracias al equipo puntero del que disponen, se pudo confeccionar un modelo 3D completo del edificio, además de una porción de las partes ocultas de la estructura gótica.

Para la manipulación de los datos obtenidos del escaneado 3D, se utilizaron varias herramientas en función de los resultados que se pretendían extraer. Inicialmente se utilizó el programa ESCUADRA del profesor Adolfo Alonso

⁴ Archivo-Instituto del Patrimonio Cultural de España.

I. Consideraciones Previas.

Durá. Su configuración interna permite extraer información para su posterior tratado en aplicaciones CAD. Sin embargo, muchas de las operaciones y tratamientos de datos se realizaron directamente con el programa que facilita la casa comercial del escáner, el SCENE LT. Gracias a estos dos programas junto con la documentación fotográfica propia del escáner y la del autor, se obtuvo la información fidedigna suficiente para poder realizar con precisión y exactitud las plantas, alzados y secciones necesarias para la definición posterior del modelo 3D.

Por otro lado, quedaban elementos ocultos imposibles de identificar con el escaneado 3D y de especial relevancia para este trabajo, como son el relleno de las bóvedas y las dimensiones exactas de los arcos formeros o fajones. Por ello, se plantea la posibilidad de utilizar la cámara termográfica para definir estos elementos escondidos con la mayor exactitud posible. Tras la extracción de la documentación de la cámara y con la documentación gráfica obtenida por el escáner 3D, se realiza una rectificación fotográfica con la que se obtiene las dimensiones exactas de los elementos constructivos necesarios para la modelización posterior.

Dada la ubicación del edificio sobre un montículo con respecto al antiguo trazado de un brazo del río Turia, resulta interesante conocer las características del subsuelo del edificio mediante el georradar. De los resultados obtenidos, apoyados con las catas geotécnicas ejecutadas por Estellés durante su intervención, se realizan unas secciones del subsuelo que definen con concreción la totalidad del apoyo del templo.

Previa a la modelización del templo es importante realizar una reflexión en referencia a las técnicas métricas y geométricas que se utilizaban como base para el dimensionado y construcción de esta tipología gótica. Para ello se realiza un estudio métrico y geométrico del edificio.

Con la geometría obtenida y en base a la documentación constructiva de la iglesia, se genera el modelo de cálculo que simula el conjunto objeto de estudio. Para ello se utiliza el programa BOVEDAS 3D, desarrollado por el profesor Adolfo Alonso Durá. Se trata de una herramienta que trabaja en el entorno CAD, pensada para la modelización de este tipo de estructuras históricas.

Su trabajo se centra principalmente en el mallado de los elementos geométricos característicos de estos edificios de forma más o menos sencilla.

El modelo obtenido en 3D se introduce en el programa ANGLE, desarrollado también por el profesor Alonso. Es un programa basado en el método de los elementos finitos, cuya interfaz permite el cálculo y análisis especialmente de esta tipología de estructuras. Para el análisis es necesario realizar un estudio de las características de los materiales empleados. Por ello se toma como base las investigaciones realizadas por diversos autores, así como los estudios propios de la influencia de la variación de las distintas características mecánicas de los materiales en el comportamiento estructural, concretamente frente a esfuerzos horizontales.

Para el cálculo se emplea el modelo de daño y su evolución frente a cargas estáticas o dinámicas. Más concretamente se emplea el análisis por empujes incrementales, comúnmente conocido como Pushover.

En el estudio se utilizan dos tipos de modelos. El primero de ellos está compuesto por una porción representativa del templo de 2 módulos. Con este modelo se analiza la influencia que tienen los diafragmas en el comportamiento estructural. No obstante, dadas las características rígidas del templo, se analiza también la incidencia que tienen los contrafuertes en el conjunto. Para ello se genera un modelo compuesto de 2 módulos similar al anterior, pero reduciendo el volumen de los contrafuertes con el fin de disminuir su masividad. Con ello se obtienen unos resultados que se comparan con los anteriores y en los que se analiza la influencia de los contrafuertes en el modelo propuesto.

A continuación, se considera el modelo completo, centrándose el cálculo principalmente en su comportamiento global frente a esfuerzos estáticos y dinámicos. En dicho modelo, además, se analiza de forma detallada la famosa "O" de San Juan. Se propone un modelo eliminando el tapiado que existe actualmente por una tracería típicamente gótica. Todo ello con el fin de comparar los resultados obtenidos con el modelo completo anterior y estudiar si su comportamiento estructural tuvo que ver en la decisión de tapiar dicho elemento tal y como lo conocemos actualmente

I. Consideraciones Previas.

Por último y apoyándonos de la documentación extraída de las catas geotécnicas incluidas dentro del proyecto de Estellés, así como de los resultados del georradar, se elabora un modelo tridimensional aproximado del suelo y se analiza la interacción suelo-estructura.

A continuación, se enumeran todos los programas utilizados como herramientas de cálculo, base de los estudios llevados a cabo en esta investigación:

ANGLE. Programa de Análisis estructural No-lineal por elementos finitos.

Autor. Adolfo Alonso Durá (Universitat Politècnica de Valencia)

ASRIX. Programa para la restitución fotográfica

Autor. Steve Nickerson

BÓVEDAS 3D. Programa de Estática gráfica en 3D, en interfaz de Autocad. Autor_ Adolfo Alonso Durá (Universitat Politècnica de Valencia)

CLOUD COMPARE. Programa de comparación y estudio de nube de puntos

Autor. Daniel Girardeau-Montaut

ESCUADRA. Programa de procesado de nube de puntos

Autor. Adolfo Alonso Durá (Universitat Politècnica de Valencia)

PTLENS. Programa para la rectificación fotográfica

Autor. Thomas Niemann

SCENE LT. Programa de procesado de nube de puntos en 3D.

Autor. FARO focus 3D

FLIR QUICK REPORT 1.2. Programa que permite organizar y analizar las imágenes radiométricas.

Autor. FLIR Systems, Inc.

II.

ESTUDIO HISTÓRICO- CONSTRUCTIVO



II.1. INTRODUCCIÓN

La infinidad de elementos simbólicos que guarda la Iglesia de los Santos Juanes la integran en un pasado subrayando su valor histórico y testimonial. Situado en el antiguo arrabal de la Boatella, el templo ha ido variando su configuración en cuanto al volumen y estilo influenciado por las distintas corrientes en las que se ha visto envuelto.

Pero además del valor histórico, el edificio tiene una realidad propia que se deriva de su condición de elemento perteneciente a la ciudad. Nos referimos a esa función estructurante que poseen los monumentos y que hace considerarlos como elementos urbanos de gran influencia en el desarrollo de su entorno.

En consecuencia, se hace necesario conocer el contexto histórico, social, urbano, religioso, político, etc., desde la presencia musulmana hasta nuestros días, con el fin de entender las decisiones constructivas que se tomaron en cada momento concreto y la influencia que han tenido en el edificio que conocemos actualmente.



02.1. Grabado de la lonja y los Santos Juanes 1800 ⁵.

⁵ Imagen blog de Juan Soler. <http://juansoler.blogspot.com.es>.

II.2. LA PRESENCIA MUSULMANA

Valencia ha sido desde su fundación en el año 138 un lugar estratégico y codiciado como consecuencia de su situación geográfica cercana al mar y la presencia del río que la bordeaba. Han sido muchas las civilizaciones que han ocupado la ciudad: romanos, visigodos, bizantinos hasta la invasión musulmana en el año 711.

Los siglos de presencia musulmana se caracterizaron por el tratamiento del agua, con la aparición y diseño de nuevas técnicas de regadío, además de decenas de palabras que unen el pasado con la actualidad, como los centenares de topónimos que pueblan el ámbito valenciano (Boira Maiques 2011, p. 68-71). Tal vez por ello, el desarrollo urbano de la ciudad ha ido ligado al río Turia, a su aprovechamiento y a su uso como barrera natural de defensa.

La figura es una muestra de las aportaciones musulmanas. En toda la geografía aún se conservan costumbres como el riego por acequias, etc.



02.2. Restos de un molino hidráulico del siglo X⁶ («www.valencia.es»).

A finales del siglo XI, con un panorama de inestabilidad política, Rodrigo Díaz de Vivar el Cid, conquista la ciudad de Valencia pasando ésta a manos cristianas en el año 1102. Pero con su muerte, de nuevo los Almorávides ocuparon la ciudad y reinstauran el culto musulmán.

Uno de los beneficios de esta ocupación fue la construcción de las murallas musulmanas. Inicialmente tuvieron un fin defensivo, aunque fueron el

⁶ Su aparición prueba la existencia de una primitiva huerta al menos desde inicios del periodo califal.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

primer intento de resolver las continuas inundaciones de la ciudad, al menos en el caso del barrio de la Boatella.

Se trataba de una muralla de piedra sobre cimientos de adobe, en la que se abrían las siete puertas que permitían la comunicación con el exterior, de las que se conoce incluso sus nombres: Bab al-Qantara (Puerta del Puente, situadas cerca de las Torres de Serrano), Bab al-Hanax (Puerta de la Culebra), Bab al-Qaysariya (Puerta de la Alcaicería), Baba Baytala (Puerta de la Boatella), Bab al-Xaria (Puerta de la Xerea), Bab ibn-Sajar y Bab al-Warraq (Puerta de la Hoja) (Boira Maiques 2011, p. 80-81).

La ciudad desarrollaba parte de su vida en los alrededores de la muralla islámica al igual que el resto de ciudades fortificadas cuya prosperidad latente traía consigo la venida incesante de nuevos moradores. En consecuencia, se fueron confeccionando una serie de barrios, los arrabales⁷, que aprovechando las características beneficiosas de compra-venta que les proporcionaba la ciudad, se dedicaban principalmente a la agricultura y al comercio.

El continuo tránsito de personas, así como el carácter nómada de los árabes, hizo que estos barrios de extramuros se convirtieran en verdaderos pueblos anexados a las ciudades. Fruto de ello fue que estos pequeños pueblos tuvieran en muchas ocasiones una vida mucho más activa que el interior de la ciudad, poseyendo casi todos los servicios que necesitaban incluso una mezquita para la oración.

También en los extramuros, próximos a las puertas de las ciudades, se situaban los cementerios islámicos. Su situación no era aleatoria o caprichosa. El especial trato familiar de la cultura mahometana a sus muertos, los situaba generalmente junto a las vías principales de comunicación, quedando integrados en el día a día de la gente.

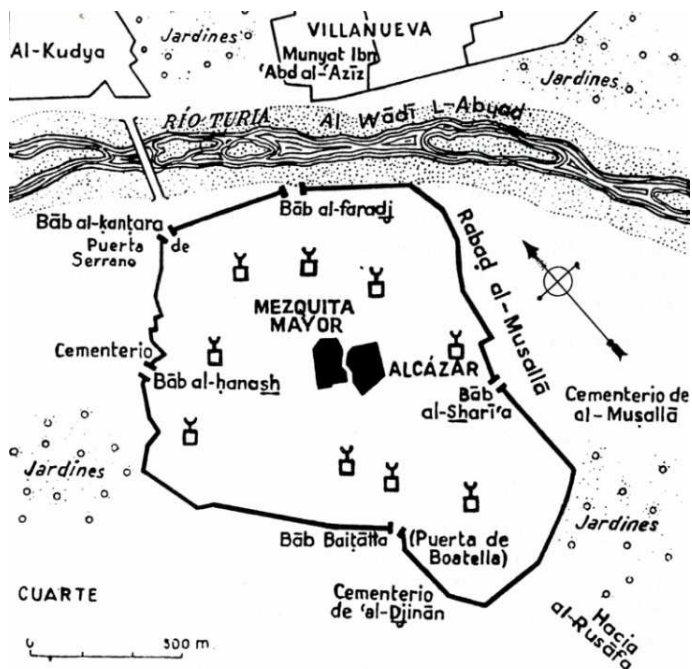
Los cementerios eran espacios sagrados para la población, y su vinculación al culto hacía que se construyesen anexados a los edificios destinados

⁷ Nota: Arrabal, según el diccionario de la Real Academia de la Lengua: Barrio fuera del recinto de la población al que pertenece. En nuestro caso, los arrabales se refieren a los lugares aledaños a la muralla musulmana.

a la oración. Por ello, estos espacios dedicados a los muertos han tenido influencias notables en la evolución urbana de las ciudades.

En el plano se puede observar el trazado de la muralla, las puertas de acceso a la ciudad y los distintos cementerios que había.

De entre las mezquitas que se sitúan, se puede apreciar la mayor que correspondería en cierta medida a lo que es actualmente la catedral de Valencia.



02.3. Plano esquemático de la ciudad de Valencia en la época árabe (Galarza Tortajada 1990).

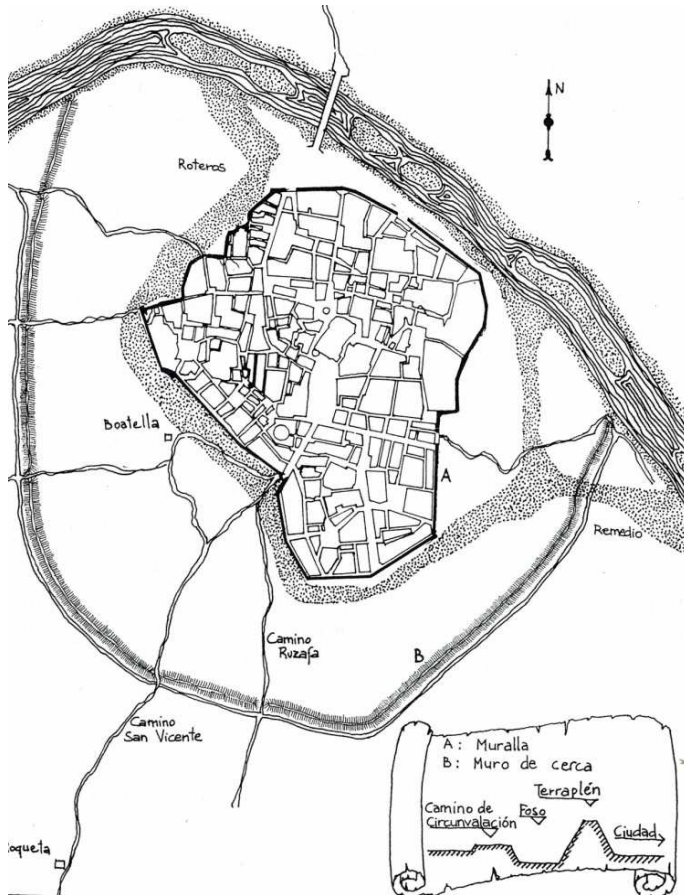
En el caso de la Boatella, ocurrió de forma similar. En consecuencia, uno de los elementos claves para poder situar la mezquita de este arrabal es el cementerio que existía en aquel entonces:

“Als framenors⁸, un terreny de vuitanta-cinc brases de llargaria per cinquanta-cinc d’amplària situat davant la porta de Boatella (que són de), prop del cementeri i de la mateixa porta de Boatella i contigu a la via pública que va a Russafa; i els concedim que tinguin part en totes les aigües i sèquies que corren pel susdit lloc i que, en aquelles que s’hagen de netejar, no estiguen obligats a pagar sequiatge.” («Llibre del Repartiment», p. 83)⁹

⁸NOTA: framenors era una orden religiosa.

⁹TRADUCCION: A framenors, un terreno de ochenta y cinco brazos de largaria por cincuenta y cinco de ancho situado delante de la puerta de Boatella cerca del cementerio y de la misma puerta de Boatella y contiguo a la

II. Estudio Histórico-Constructivo.



Se puede observar la configuración de la Valencia musulmana con respecto al río. Lo más interesante que aporta este gráfico es la situación de las vías de comunicación y acceso a la ciudad, así como la distribución interior de la ciudad amurallada.

02.4. Gráfico de defensa de Valencia de la época islámica (Galarza Tortajada 1990).

El texto anterior muestra la existencia de un cementerio en el arrabal de la Boatella, cercano a una de las principales vías de la ciudad, el camino de Ruzafa. Se trataba del principal nexo de comunicación de la zona amurallada con los extramuros.

vía pública que va a Russafa; y les concedimos que tengan parte en todas las aguas y acequias que corren por el susodicho lugar y que, en aquellos donde se haya de limpiar, no estén obligados a pagar cequijaje.

“A Guillem Català, un hort a la part de baix del camí de Russafa, que limita amb el vall, prop al cementeri de Boatella.” («Llibre del Repartiment», p. 78)¹⁰

El trazado de la ciudad no seguía ningún patrón o pauta urbanística. Más bien se ajustaba a la orografía del terreno, dando lugar a calles estrechas con vías principales de mayor amplitud y otras sin salida llamadas los *atzucats*:

“...Joan Tacany i Bernat de Graus, la carrera d’Abaneogip que està davant la porta de Boatella, fora de la vila; amb la qual carrera us donem també els tres atzucats que estan dins la susdita carrera, la qual serveix de separació i de fita amb l’atzucat on estaven la casa de Jucef Amendeya, i la de Mahomat Alhadet, i la de Mahomat Alhevery i la d’Aly Alhemezi; i el sisdit atzucat ix al camí d’Abeneraz Macamaymon i a la sèquia de Boatella...” («Llibre del Repartiment», p. 87)¹¹

“...perquè us les repartiu entre vosaltres i els hòmens d’Osca que hi hagen habitat, unes cases en la vila de Boatella, per tal que hi pobleu els dos atzucats, un dels quals es diu Rabath Almalfaqui i l’altre Rabat Almugeyt, que estan en la carrera de la porta Dabalhager...” («Llibre del Repartiment», p. 89)¹²

La figura 02.5 define la posible configuración de la época musulmana de Valencia. Se observa la diferencia de área que ocupa el arrabal de la Boatella con respecto al resto de núcleos de extramuros, mostrando su presencia destacada y su importancia en el entorno de la Valencia musulmana.

¹⁰TRADUCCION: “A Guillem Català, un huerto en la parte de bajo del camino de Russafa, que limita con el valle, cerca del cementerio de Boatella.”

¹¹TRADUCCION: “...Joan Tacany i Bernat de Graus, la carrera de Abaneogip que está delante de la puerta de Boatella, fuera de la villa; con la cual la carrera da también a los tres atzucats que están dentro de la susodicha, la cual sirve de separación y de linde con el atzucat donde estaban la casa de Jucef Amendeya, y la de Mahomat Alhadet, y la de Mahomat Alhevery y la de Aly Alhemezi; y el susodicho atzucat sale del camino de Albeneraz Macamaymon y a la cequia de Boatella...”

¹²TRADUCCION: “... para que os la repartáis entre vosotros y los hombres de Osca que hayan habitado, unas casas en la villa de Boatella, por tal de que pobléis los dos atzucats, uno de los cuales se llama Rabath Almalfaqui y el otro Rabat Almugeyt, que están en la calle de la puerta Dabalhager...”

II. Estudio Histórico-Constructivo.



Se puede observar la importancia urbana del barrio de la Boatella con respecto a la ciudad.

02.5. La ciudad de Valencia en la época islámica (Llopis, Perdigón y Taberner 2004).

Es complicado situar cada una de las calles del trazado de la ciudad de aquel entonces. En consecuencia, para poder conocer con mayor concreción el entorno urbano de la Boatella, se ha recabado la mayor información posible en referencia al barrio:

“...tres carreres, amb les cases que hi ha allí, en la vila de Boatella, una de les quals és anomenada Rabat Matalcama, la segona, Rahat

Abingaçi, i la tercera Rabat Alborgi...” («Llibre del Repartiment», p. 90) ¹³

“...vint cases o estatges en la ciutat, a saber, dotze estatges o cases en l’atzucac Çavaçaveri; i dues cases en el mateix barri, que foren de Mahomet Alaçel i d’Aly Abenhomeit...Així mateix us donem vint estatges, a sabe, dues de sarraïnes per cada una de cristiana a Boatella, que limiten per un costat amb el llit per on corre l’aigüa de la sèquia dels molins, que serveix de separació entre vosaltres i els hòmens d’Almenar, i, per una altre costat, amb les cases dels frares de la Mercé, i, per l’altre, amb el portal i l’alfòndec ¹⁴ que està davant de la susdita sèquia i dels molins de Berenguer...” («Llibre del Repartiment», p. 102-103) ¹⁵

¹³TRADUCCION: “tres calles, con las casas que hay allí, en la villa de Boatella, una de las cuales es llamada Rabat Matalcama, la segunda, Rabat Abingaçi, y la tercera, Rabat Alborgi,...”

¹⁴Definición Alfòndec: Un alfòndec (de l'àrab al-fondaq, "hostal") era un edificio físico donde tenía la sede la institución catalana del Consolat de Mar en las distintas ciudades del Mediterráneo en la Corona de Aragón.

¹⁵TRADUCCION: “... veinte casas o estancias en la ciudad, a saber, doce casas en el azucac Çavaçaveri; y dos casas en el mismo barri, que fueron de Mahomet Aramat y de Aly Abbenhomeit...Así mismo se dan veinte estancias, a saber, dos de musulmanes por cada una cristiana a Boatella, que limitan por un lado con la cama

“... una vinya que tenia Zoayr; i les seues cases a Boatella, junt a la Torre Cremada.” («Llibre del Repartiment», p. 146)¹⁶

“...les cases de Haçan Alhabeç, davant de la mesquita, junt a la porta de Boatella; i un hort.” («Llibre del Repartiment», p. 149)¹⁷

“... sis obradors, davant la porta de Boatella, per dos-cents sous en la festa de Nadal.” («Llibre del Repartiment», p. 150)¹⁸

“... dos obradors, davant la porta de Boatella, amb un obrador petit, contigu a, contigu a aquell, per quatre...” («Llibre del Repartiment», p. 150)¹⁹

Las referencias denotan la importancia del barrio de la Boatella en aquella época. La existencia de varios obradores, los *atzucacs*, el cementerio y templos existentes muestran la imagen de un área próspera y con una actividad comercial incesante durante toda la época islámica (Galarza Tortajada 1990):

“A l’esglèsia i al capítol de San Pere del Francs de Calataiud, totes les esglèsies de Boatella.” («Llibre del Repartiment», p. 161)²⁰

Los comercios se situaban alrededor de la plaza identificada en la figura 02.6. El vacío urbano existente, característico del arrabal de la Boatella ya desde la época islámica, muestra su importancia dentro del trazado urbano en detalle.

por donde corre el agua de la acequia de los molinos, que sirve de separación entre vosotros y los hombres de Almenar, y, por otro lado, con las casas de las casas de los frailes de la Mercé, y, por otro lado, con la via pública que va al corral de Domènec de Càmara y a las casas de veinte pobladores, y, por el otro con la puerta y con Alfòndec que está delante de la nombrada acequia y de los molinos de Berenguer...”

¹⁶TRADUCCIÓN: “... una viña que tenía Zoayr; y sus casas a Boatella, junto a la Torre Cremada.”

¹⁷TRADUCCIÓN: “...las casas de Haçan Alhabeç, delante de la mezquita, junto a la puerta de Boatella; y un huerto”.

¹⁸TRADUCCIÓN: “...seis obradores, junto a la puerta de Boatella, por doscientos sueldos en la fiesta de Navidad.”

¹⁹TRADUCCIÓN: “...dos obradores, delante de la puerta de Boatella, con un obrador pequeño, contiguo a aquel, por cuatro...”

²⁰TRADUCCIÓN: “A la iglesia y al capítulo de San Pere dels Francs de Calataiud, todas las iglesias de Boatella.”

II. Estudio Histórico-Constructivo.



En la figura adjunta se puede observar un espacio urbano destacado con respecto al resto del tejido construido. Este vacío de especial relevancia que se aprecia en la imagen se correspondería plaza del mercado actual.

02.6. Detalle del Barrio del barrio de la Boatella de la época islámica (Llopis, Perdigón y Taberner 2004).

II.3. LA RECONQUISTA

El 9 de octubre de 1238 Jaume I conquista la ciudad de Valencia. Previamente, en 1237, Zayyan²¹ ante un asedio inminente, promete a Jaume I un acuerdo de vasallaje a cambio de propiedades y una renta.

El objetivo de Jaume I eran las tierras del Levante tras las distintas conquistas obtenidas con anterioridad. Fijando su base en la fortaleza de Santa María del Puig, poco a poco fue poniendo cerco a la ciudad de Valencia. Tal era el avance imparable de las tropas cristianas que el rey Zayyan, viendo la imposibilidad de frenarlo, abrió las puertas de la ciudad para que 50.000 musulmanes emprendieran el exilio (López Elum 1995, p. 25).

Sin embargo, Jaume I aceptaba la pervivencia de los musulmanes en la zona valenciana después de la reconquista, siempre que se convirtieran al cristianismo. Pero en 1247, tras el intento de sublevación, fueron expulsados. Este hecho supone la repoblación masiva del nuevo Reino y en consecuencia la ocupación y explotación de todo el territorio conquistado.

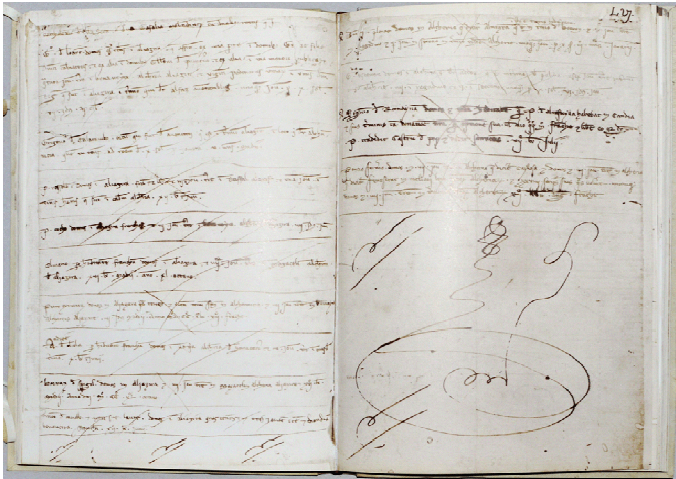
La conquista de un nuevo territorio supone el reparto de las nuevas tierras adquiridas a aquellos que habían participado en la contienda. La donación de las nuevas propiedades y tierras ganadas queda reflejada en el *Llibre del Repartiment*, proporcionando un documento único de la época. En él, se evidencian todas las cesiones que se realizan como agradecimiento o como intercambio por los servicios prestados en las batallas. El reparto se ejercía normalmente de forma similar, es decir, adjudicando casas o inmuebles y tierras para el cultivo.

“A Guillem, Pere i Mateu, que són germans del capellà del Senyor Rei, vuit jовades, junt a la porta de la Boatella, i tres cases a la part de dins de la susdita porta.” («Llibre del Repartiment», p. 175)²³

²¹Zayyan ibn Mardanish fue el último rey musulmán de Valencia.

²³TRADUCCIÓN: A Guillem, Pere y Mateu que son hermanos del capellán del Señor Rey, 8 jobadas, junto a la puerta de Boatella, y tres casas en la parte de dentro de la susodicha puerta. En este documento se referencia unos inmuebles situados en el barrio de la Boatella, junto a la puerta del mismo nombre, donde actualmente se encuentra la Iglesia de los Santos Juanes.

II. Estudio Histórico-Constructivo.



El interés de este libro se centra en la valiosa documentación que aporta sobre el trazado y las características de la época musulmana. Dentro de él se detallan todo los bienes conquistados a los árabes tras la reconquista.

02.7. Llibre del Repartiment²⁴.

Esta nueva etapa supone un giro del Reino de Valencia caracterizada por la implantación de una nueva cultura, religión, población, etc., pues existe la voluntad de Jaume I de dotarlo de una clara dependencia frente a otros territorios de la Corona.

Con el nuevo cambio surge una nueva forma de administrar la ciudad. Se agrupa en parroquias, lo que actualmente serían los barrios, disponiendo cada una de territorio y cementerio propio. Cada parroquia selecciona a una serie de ciudadanos que tienen la función de representarla en el Consejo de la Ciudad. Este proceso finaliza en el año 1245 con el acuerdo firmado por todos los rectores de la delimitación de sus iglesias y cementerios.

Pero la agrupación de la nueva ciudad no es aleatoria. Se aprovecha el trazado de las antiguas mezquitas reconvertidas al cristianismo. La primera referencia al respecto la encontramos en *La Ordinatio ecclesiae valentiae*. En ella se enumeran: El Salvador, San Esteve, Santo Tomás, San Andrés, San Martín, Santa Catalina, San Nicolás, San Lorenzo y San Pedro. A estas iglesias hay que añadirles las que se encontraban fuera de extramuros que eran: Santos Juanes,

²⁴ Infografía del Llibre del Repartiment de 1978. Autor (2015)

Santa Cruz de Roterós y San Miguel («Historias de Valencia» , p. 89). En consecuencia la ciudad queda agrupada en 13 parroquias.

Construir las iglesias sobre las mezquitas más importantes de la ciudad era una tradición habitual en los tiempos de la reconquista y sus años posteriores. Implicaba una forma de reutilizar los edificios existentes y, a su vez, servía como humillación sobre los habitantes reconquistados, más incluso que cualquier batalla.

El origen de la parroquia de los Santos Juanes es impreciso. La escasa documentación existente del momento, así como las dispares referencias que aparecen al respecto, dificultan en gran medida su ubicación temporal exacta.

De entre los autores que propone una datación aproximada de la primera iglesia se encuentra Escolano. El autor relata la existencia de una ermita en el año 1268 consagrada a los dos Juanes:

"La parroquia que llamamos de San Nicolás fue primero un oratorio que nuestros primeros pobladores dedicaron a honra de San Pedro Mártir, antes del año mil doscientos sesenta y ocho.

Al mismo tiempo que el dicho oratorio de San Pedro Mártir, se puso mano en levantar una ermita fuera de los muros viejos de la ciudad, a vista de la plaza del Mercado, en honra de los dos Juanes. Con discurso de los años se engrandeció de manera, que mereció el título de parroquia el de 1366, y es hoy una de las mayores en riqueza y número de feligreses." (Escolano 1878)

Teixidor, uno de los historiadores de mayor relevancia en la ciudad en el s. XVIII, reseña la existencia de un registro de enterramientos que detalla la autorización de sepultura en el cementerio junto a la Iglesia de San Joan de la Boatella (Teixidor Trilles 1895). Además, referencia un pergamino que relata la donación de la mezquita para la ubicación de la nueva iglesia:

"En el archivo de la catedral de esta ciudad he visto una escritura en pergamino signada y fehaciente en la cual Ferrer San Martí, electo obispo de Valencia, en 9 de septiembre del año 1240 estableció, de voluntad i consentimiento de su cabildo, a Pedro de Balaguer una mezquita en la calle San Juan de la Boatella. Tenemos, pues, que antes de cumplirse dos años de

II. Estudio Histórico-Constructivo.

la conquista, ya avia en Valencia iglesia de San Juan de la Boatella. "
(Teixidor Trilles 1895)



02.8. Pergamino donación del obispo Ferrer de San Martí en el que da a Pedro Balaguer una mezquita en la calle San Juan de la Boatella (1240) ²⁵.

Otro de los documentos encontrados, sitúa la construcción de la iglesia en términos generales de la Reconquista:

“Que a este temps (el de la Reconquista) uns deudos feren y fabricaren una ermita fora y prop los murs vells de esta Ciutat, á vista de lo que hui es Plaza del Mercat ; á honor dels Gloriosos Señors Sent Joan Batiste y Sent Joan Evangeliste.” (Gil Gay 1909) ²⁶

No obstante, Gil Gay en el libro *Prontuario Manual de Diferentes Asuntos* en el folio 36, maneja la posibilidad de que la primera construcción estuviera situada en el cementerio, en lo que hoy en día conocemos como la Plaza del Cementerio de San Juan, al lado de la actual iglesia.

“aparece una deliberación para hacer una escalera de piedra para subir a la iglesia vieja en el cementerio.” (Gil Gay 1909)

²⁵ Imagen del archivo de la Catedral de Valencia realizada por el autor en 2015. Pergamino 4605

²⁶ TRADUCCIÓN: “que en este tiempo (el de la Reconquista) unos deudos hicieran y fabricasen una ermita fuera y cerca de los muros viejos de esta Ciudad, a vista de lo que hoy es la Plaza del Mercado; a honor de los Gloriosos Señores San Juan Bautista y San Juan Evangelista.”

Estos documentos justifican la orientación que tiene la parroquia de San Joan. No es casual que la mayoría de las iglesias estén orientadas al Este pese a la complejidad de la trama urbana heredada de la ciudad musulmana (Galarza Tortajada 1990).

La mayoría de culturas, entre ellas la nuestra, han basado la orientación de sus edificios singulares hacia un punto en concreto, en función obviamente del punto geográfico donde se encuentran. En el caso de la cultura árabe los edificios se orientaban, incluso hoy en día, en dirección a la Meca. El único edificio que se derribó por completo, teniendo orientación distinta huyendo de su pasado árabe, es la Catedral.

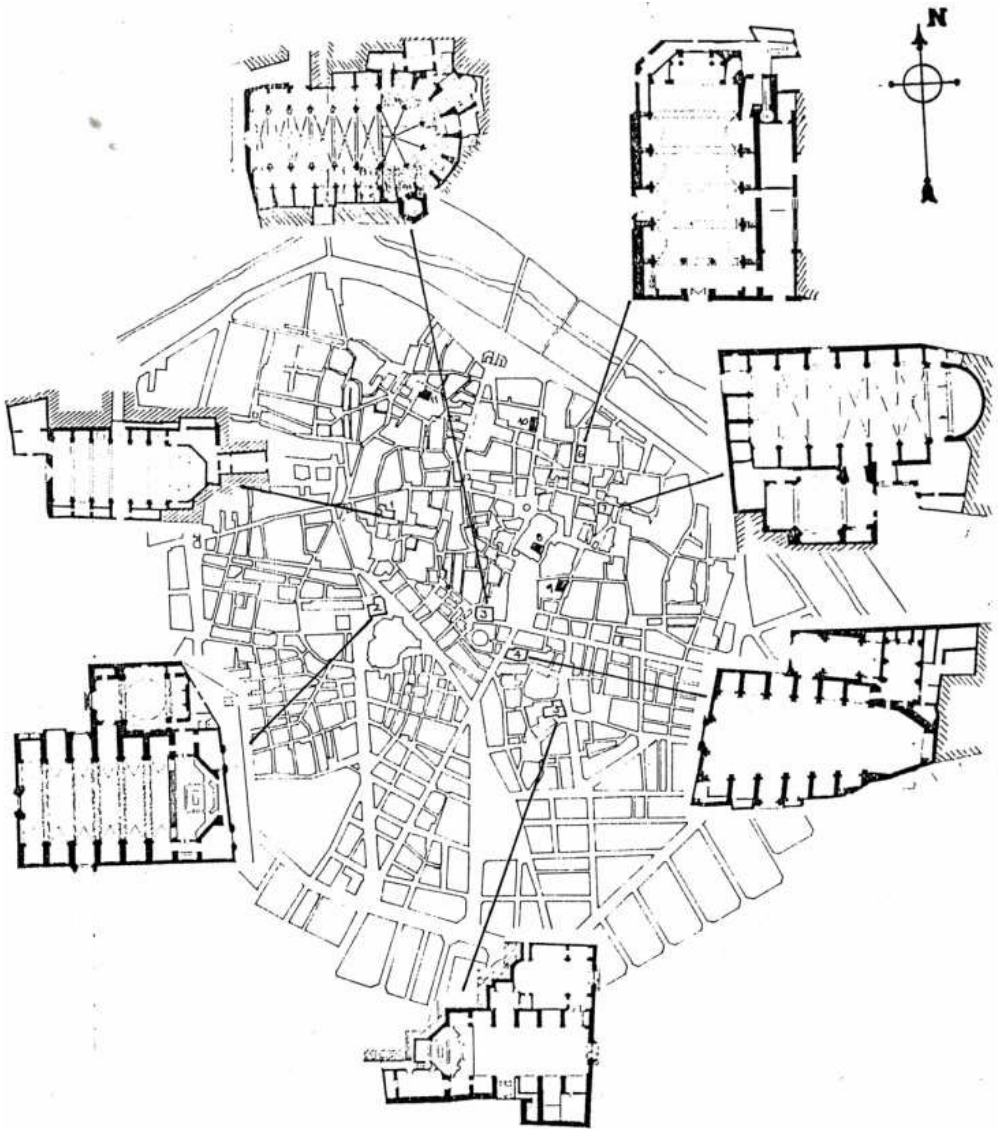
La transformación de las antiguas mezquitas no se realiza de forma inmediata. Durante los primeros tiempos, el propio edificio se aprovecha sin cambios, y en ocasiones únicamente su consagración hace que éste se convierta en un templo cristiano.

El cambio de culto islámico a cristiano sugiere una nueva denominación que lo caracterice e ignore su pasado. Es por ello que la parroquia de San Joan adquiere el nombre de San Joan de la Boatella o San Joan del Mercat, en honor al santo al que se dedica su culto y a la cercanía de dicho arrabal a la puerta de acceso "Boatella" del recinto amurallado musulmán:

“El centre, ocupat per la Catedral i edificis dels voltants, gaudia d’una situació especial. A més a més hi havia el Call i la Moreria dins de la ciutat, i d’altres barris, com el de Boatella (concedit majoritàriament a lleidatans) i Russafa (concedit en part a un grup de tarragonins) fora de la Ciutat.”
(«Llibre del Repartiment»)²⁷

²⁷TRADUCCIÓN: “El centro, ocupado por la Catedral y edificios de los alrededores, disfrutaba de una situación especial. Además también estaba el Call y la Morería dentro de la ciudad, y otros barrios, como el de Boatella (integrado mayoritariamente por Lleidanos) y Ruzafa (integrado mayoritariamente por Tarraconenses), fuera de la ciudad.”

II. Estudio Histórico-Constructivo.



02.9. Posición y Situación de las Primeras Iglesias de Valencia (Galarza Tortajada 1990).

Para los repobladores, las iglesias se convierten en el punto de mayor importancia del barrio, erigiéndose como el centro del mismo (Librer 2003, p. 5). Es tal su importancia, que a partir de entonces son numerosas las alusiones que referencian cualquier bien con el barrio de la Boatella y con la cercanía a la iglesia

que lo delimita. El *Llibre del Repartiment*, refleja la donación del antiguo templo a los nuevos colonos:

“A fra (Joan Verdera) Pere de Nonasch, de l’Orde de la Casa de Santa Eulàlia de Barcelona, les cases d’Abenhiara a Boatella, fora de València tots la seua heretat), amb la mesquita que està junt a les cases; i l’heretat que el mateix sarraí posseeix en l’alqueria d’Andarella.” («Llibre del Repartiment», p. 45)²⁹

Estos hechos coinciden con la entrada de una nueva corriente artística que tendrá especial relevancia en la construcción del templo, el gótico.

Tiene su origen en el segundo cuarto de este siglo, como un hecho colonial sobre el territorio musulmán. Se desarrolla en el siglo XIV y alcanza su máximo esplendor en el siglo XV, con el gótico tardío.

Es un momento de plenitud en el que se busca la luminosidad de los espacios frente a la oscuridad que había caracterizado el románico en siglos anteriores, todo ello sin romper con la inspiración religiosa.

Las novedades técnicas y formales del momento nacidas en el norte francés llegan al Mediterráneo. Se intercalan con las asentadas tradiciones constructivas locales produciendo un mestizaje artístico denominado *gótico mediterráneo*.

Se trata de periodo de continuos cambios que quedan patentes en la arquitectura del momento. Se apoya en tres puntos importantes: las bóvedas de crucería y argamasa aligerada, las construcciones de cantería y la ligereza de los elementos sustentantes que transportan las cargas hasta la cimentación.

En Valencia, la arquitectura gótica tiene un desarrollo peculiar, con un accidentado nacimiento, un largo transcurso temporal y formas variadas (Zaragozá Catalán y Mira 2003, p. 17):

De entre las principales características que asemejan la vertiente mediterránea a la del resto de Europa, cabe destacar que ambas desarrollan

²⁹TRADUCCIÓN: A fra (Joan Verdera) Pere de Nonasch, de l’Orde de la Casa de Santa Eulàlia de Barcelona, les cases de Abenhiara en Boatella, fuera de Valencia (y toda su parte heredada), con la mezquita que está junto a las casas; y heredada que el mismo musulmán posee en la alquería de Andarella.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

sistemas constructivos y disposiciones arquitectónicas ya utilizadas anteriormente en la arquitectura romana (Zaragozá Catalán y Mira 2003, p. 107-109).

Pero sin duda una de las principales singularidades del gótico valenciano es el reaprovechamiento patrimonial y artístico de las construcciones existentes como consecuencia de la reconquista. Ello conlleva a la clasificación de este tipo de templos dentro de lo denominado como “arquitectura parroquial”.

El término iglesia parroquial lo acuña por primera vez Garín (Garin Ortiz de Tarranco 1941) con la finalidad de agrupar una tipología de iglesias con características similares tanto en su forma como en el período de inicio constructivo.



En la imagen se puede observar la estructura desnuda de la iglesia de Santa Catalina mostrando su configuración gótica.

02.10. Interior de Santa Catalina Mártir Valencia. Autor (2015).

Aunque no todos los templos con estas características se construyen a la vez. Se ejecutan a lo largo de un cierto período histórico con unas necesidades concretas, la conversión de la religión musulmana al cristianismo. Consecuencia de ello es la clara influencia musulmana y la coexistencia de ambas culturas en los primeros edificios que se construyen.

Los ejemplos más representativos de esta tipología coinciden con las iglesias iniciadas en el periodo de la reconquista valenciana, pero no todas eran las parroquias existentes del momento, ni todas respondían al mismo sistema

constructivo y estructural (Galarza Tortajada 1990). Sin embargo, el término se ha consolidado en el tiempo y se sigue utilizándose aún hoy en día. Ejemplo de ello son las iglesias de Santa Catalina Mártir, San Juan de la Cruz, San Andrés, etc

La definición que se realiza de esta tipología es la siguiente:

“Espacios de indudable tradición basilical... con planta uniaxial, alargada, sin nave de crucero acusado, o muy poco, al exterior; cubiertas por bóveda de crucería nervada cuatripartita.” (Galarza Tortajada 1990)

Este siglo fue el responsable de enraizar el templo de los Santos Juanes y de definir el carácter que perdura hasta nuestros días, su construcción gótica.

II.4. SIGLO XIV

A mediados del siglo XIV la ciudad sufre distintos acontecimientos que marcarán de forma significativa la evolución del templo. Uno de ellos fue la peste negra, que azotó la ciudad en 1348, y las sucesivas epidemias posteriores, dando como resultado una disminución demográfica de la población. Otro evento fue la guerra de la Unión (1347-1348), donde Valencia jugó un papel muy importante presentando una oposición a los excesos de la monarquía.

Y por último y no por ello menos importante, la guerra con Castilla. Esta última batalla fue la responsable de que la ciudad ostente el título de "dos veces leal" (representado por las dos "L" en su escudo), otorgado por el Rey Pedro («www.valencia.es»).

Durante el primer cuarto de siglo, el Reino de Valencia se convierte en un campo de batalla casi permanente, con varios frentes abiertos, no sólo internos, sino con las dos grandes potencias del momento, Castilla y Aragón.

Los trabajos iniciados en los Santos Juanes tras la reconquista continúan siguiendo su ritmo normal hasta el año 1358, donde le castiga el primer incendio. Este hecho ligado al sinfín de desgracias que azotan la ciudad, implica un descanso constructivo del templo hasta el año 1368 ³², en el que se inician las tareas de reconstrucción.

Pero es en este período cuando Valencia sufre una transformación urbanística importante que afectara las características del templo y su entorno. Se pone en marcha un plan de expansión de la ciudad basado en aumentar en 160 hectáreas los límites existentes, lo que implica la construcción de una nueva muralla.

Esta nueva muralla supone la inclusión del barrio de la Boatella en el nuevo trazado urbano, que junto con otra zona anexa dieron origen al barrio que conocemos actualmente como Velluters (Más Tomás 1990, p. 234), generando la verdadera articulación del antiguo arrabal con la ciudad.

³²Según Escolano y referenciado en Galarza, M., 1.990, pp 83: "*El año mil trescientos sesenta y ocho; ... labrándose de nuevo la iglesia parroquial de San Juan del Mercado por un incendio...*"

El barrio de la Boatella estaba lleno de palacetes como el de la imagen, desaparecidos en la actualidad. De entre las consecuencias del abandono de estos edificios y su destrucción, se puede destacar el giro social que ha sufrido el barrio en estos últimos 100 años.



02.11. Foto de Campanario San Joan del Mercat tomada desde lo que hoy es la puerta del Mercado Central³³.

Esta intervención urbana no resta importancia a la plaza de la Boatella. Consecuencia de ello es la construcción de nuevos edificios relevantes como el convento de las Magdalenas, el de la Merced y por supuesto la Iglesia de San Juan de la Boatella.

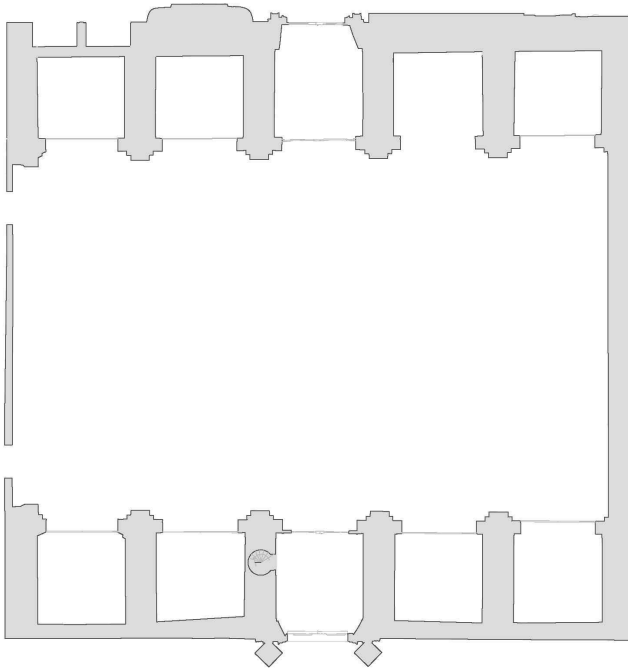
Este desarrollo urbano junto con la ubicación del cementerio, marcan una de las premisas que determinan la posición de la planta original de la parroquia

³³ Imagen de José Antonio López Mira . Conselleria de Cultura. Generalitat Valenciana.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

de los Santos Juanes. Delimitada su posición física en la trama urbana, la información recabada muestra una primera hipótesis de la planta primitiva:

“El presbiterio se cerraba de dos modos distintos, y significativos: uno, sin cabecera caracterizada, rectangular; otro, con ábside poligonal.” (Galarza Tortajada 1990)



En la planta primitiva se pueden apreciar los dos accesos laterales originales y dos accesos más adicionales, de segundo orden que daban paso al antiguo cementerio.

02.12 Hipótesis de la primera planta del templo. Autor (2015).

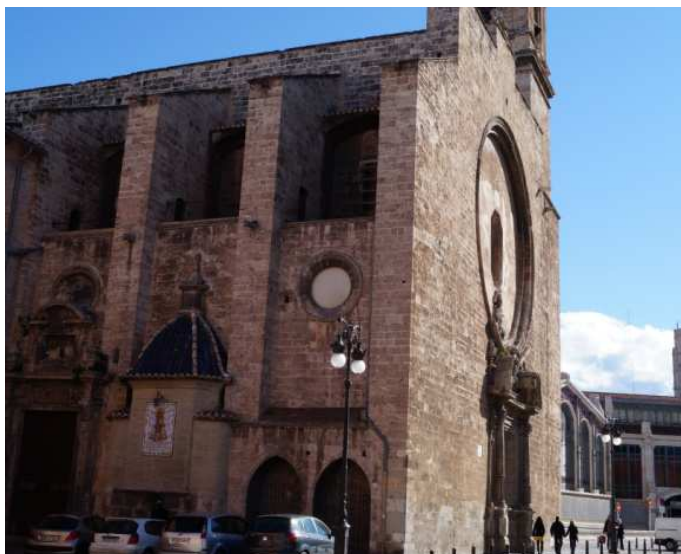
Galarza revela que la planta constaría de cinco módulos y un ábside recto sin portada delantera ni capilla de la comunión. Una solución adoptada compuesta de nave única, propia de las iglesias de la época.

El acceso lateral, típico de las iglesias valencianas, tiene como contrapartida la imposición de su simetría con respecto al eje de la iglesia. Muchas de ellas hoy en día lo mantienen dando acceso al templo. En el caso de San Joan de la Boatella, los accesos estarían situados en la fachada de la Calle del Peso de la Paja y en la de la Plaza de la Comunió de San Juan.

Esta disposición no era casual, pues seguiría las pautas arquitectónicas de las iglesias de la reconquista. En ellas, la construcción se iniciaba en el crucero o el ábside con el objetivo de sacralizar el templo lo antes posible. Así como la negación de realizar cualquier apertura en la fachada de la Calle del cementerio de San Juan, por encontrarse el camposanto.



02.13 Acceso Lateral desde la Calle del Peso de la Paja. Autor (2015).



02.14. Acceso Lateral desde la Plaza de la Comunión de San Juan. Autor (2015).

II. Estudio Histórico-Constructivo.

En consecuencia, la iglesia se construiría en dos fases. En la primera fase se ejecutaría desde el eje central hasta el ábside y posteriormente se construirían los dos módulos restantes hasta la fachada de los pies.

Uno de los elementos de especial interés en esta investigación, situado en la fachada del Cementerio, es la famosa "O" de San Juan.

A falta de documentación que lo posicione en un momento concreto, se especula que la "O" podría haber sido un rosetón gótico construido en esta época para iluminar el templo, tal y como ocurre en la Iglesia de Santa Catalina Mártir en Valencia. Uno de los documentos que podría apoyar esta hipótesis es el libro titulado *"Relación del Viaje realizado por Felipe II en 1585"*:

"Al postre cinco cosas hay en la ciudad que ponen por notables, que me pareció de añadir aquí en esta descripción, y los exprimen con estas cinco letras I, L, M, N y O....."

...La letra O está en San Juan, junto al mercado grande, y es un agujero, en la delantera de la iglesia, muy grande." (Cock 1876, p. 148)



En la figura se puede apreciar la diferencia de material entre la "O" y el resto de la fachada. Se piensa que se debe a un tapiado posterior a la ejecución de la fachada de los pies.

02.15. Detalle de la O de San Juan. Autor (2015).

Otro de los elementos característicos de la fachada de la Plaza de la Comunión de San Juan son los arcos exteriores existentes entre los contrafuertes primero y segundo como se aprecia en la siguiente imagen 02.15. Estos elementos no suponen un hecho aislado únicamente en los Santos Juanes. La Iglesia de San Nicolás de Valencia también tiene en su haber unos arcos exteriores con características similares:

"Que dos arcos insinuados como molduras existentes aun en la pared lateral de la iglesia da a la plaza de la capilla de la comunión, son de las capillas que en año de la peste se celebraba misa al aire libre para evitar la aglomeración de gentes en el interior; debió ser el 1647, que es el último en que fue infestada la ciudad, anterior a la época de los escritos donde se toma la noticia." (Cruilles 1876, p. 116)



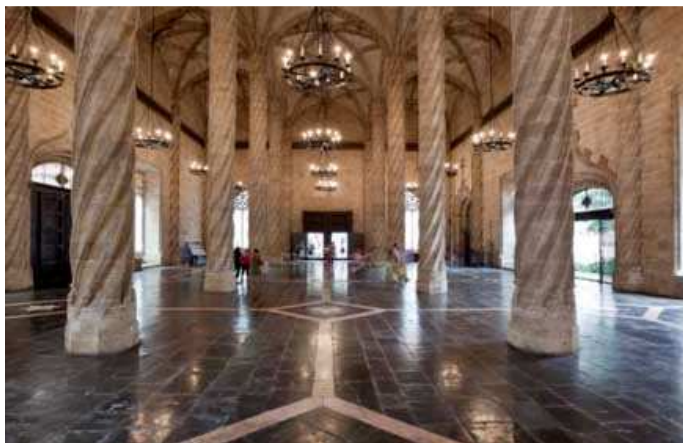
02.16. Imagen covachuelas Plaza Comunión de San Juan. Autor (2015).

A la hipótesis de Galarza, se le podría añadir que ambas iglesias tiene en común la existencia de un cementerio a los pies de su construcción, concretamente junto a estos arcos (Galarza Tortajada 1990).

Del resto de los elementos arquitectónicos poco se puede aportar más en este periodo. La falta de documentación conservada de la época imposibilita un estudio más profundo.

II.5. SIGLO XV

La entrada del siglo XV en Valencia supone la unión de una de las más importantes alianzas entre la materialidad y la espiritualidad en la vida de la ciudad. Con dos Papas de origen valenciano, Calixto III y Alejandro VI, ambos de la familia de los Borgia, Valencia vive un gran desarrollo económico, cultural y artístico.



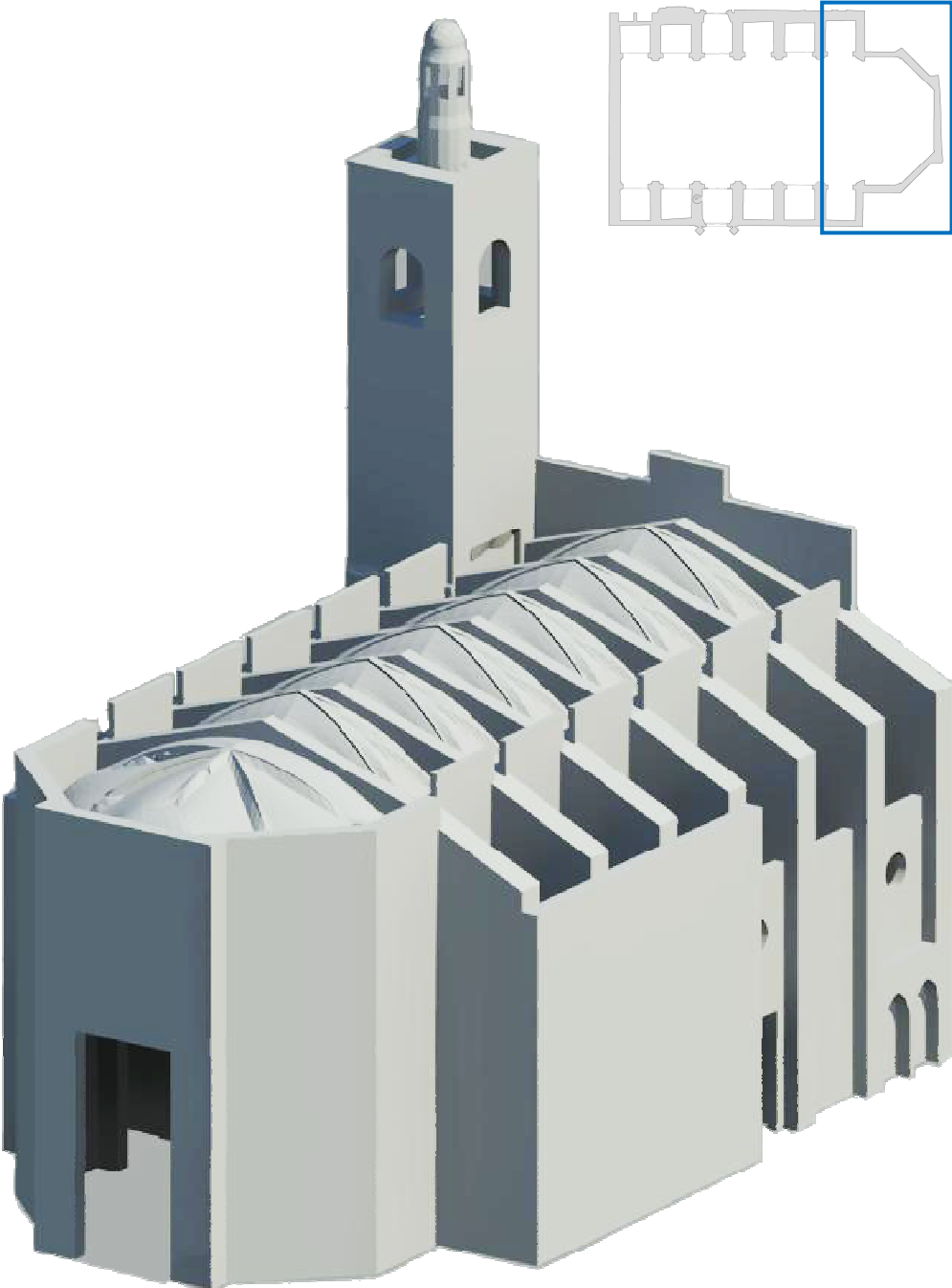
02.17. Interior de la Lonja de Valencia (2015) ⁴² .

Se crea la *Taula de Canvis* en 1407, el primer banco que asegura depósitos y se inicia la fábrica del templo por excelencia del gótico civil valenciano, La Lonja de la Seda o de los mercaderes en 1483. Este edificio representa una de las construcciones más importantes y más trascendentales del mercantil Mediterráneo (Boira Maiques 2011).

La Lonja marca un punto de inflexión en la trama urbana de la ciudad, dando más importancia aún si cabe a la plaza del Mercado. Su construcción junto con las operaciones de reconstrucción de los Santos Juanes tras el primer incendio marcará la primera ampliación del templo.

El edificio original crece un módulo y se le añade un ábside hexagonal en la cabecera.

⁴² Imagen de <http://www.makma.net/valencia-en-el-camino-de-la-seda/>



02.18. Modelo 3D y planta del templo de la primera ampliación. Autor (2015).

II. Estudio Histórico-Constructivo.

El siglo XVI constituye un gran cambio con el descubrimiento de las Américas y las revueltas de las Germanías. Estas últimas implican el enfrentamiento de la sociedad valenciana sumergiéndola en una guerra civil («www.valencia.es»).

Valencia empieza a desarrollarse sobre el eje Este, convirtiendo la Calle del Mar en una de las principales articulaciones. Con más de 60.000 habitantes se empiezan a construir importantes edificios, de entre los que destacan San Miguel de los Reyes, el Consolat del Mar, la Obra Nueva de la Catedral (iniciada en 1566), el Colegio del Patriarca, el Torreón del Palacio de la Generalitat, la fachada de la iglesia de Santo Domingo y el Hospital del Reino.

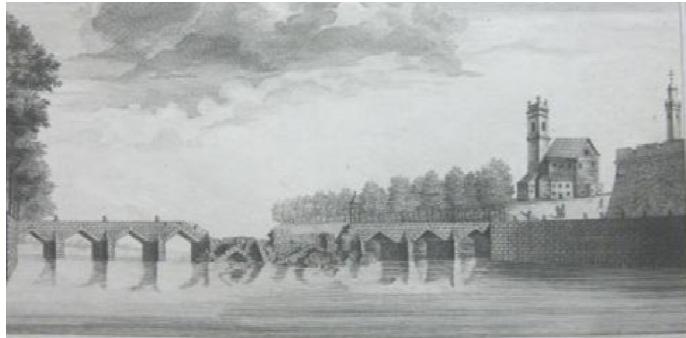
En esta época se empiezan a confeccionar las primeras planimetrías e imágenes de las ciudades. La primera documentación gráfica que tenemos de Valencia es de 1563, dibujada por Anthonie van der Wijngaerde, que realiza una imagen de la ciudad mediante una perspectiva situando al espectador en una posición elevada.



02.19. Primera vista de Valencia de 1563. Anthonie van de Wijngederde ⁴⁵.

No se puede pasar por alto la construcción de los puentes sobre el río Turía en la ciudad. El Puente dels Serrans, el del Mar y el de Real destacan por la espectacularidad que supusieron en el momento como obra de ingeniería (Boira Maiques 2011).

⁴⁵ Imagen de cuatrotipos.wordpress.com



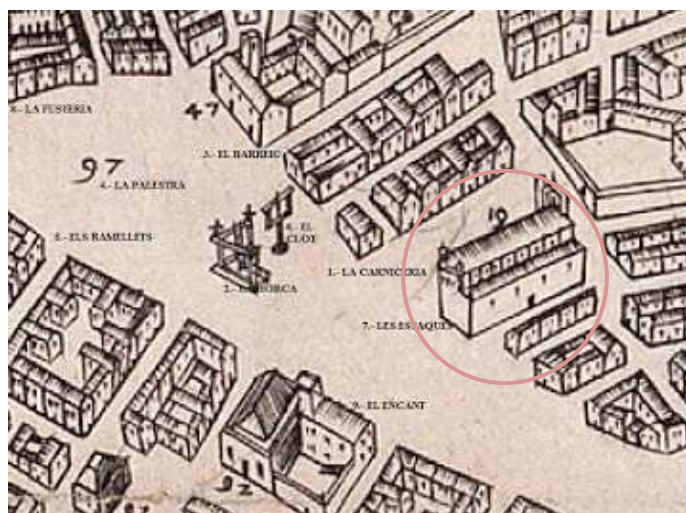
02.20. Puente del Mar de Valencia arruinado por el río Turia el 5 de Nov. de 1776 (Llopis, Perdigón y Taberner 2004).

El templo de los Santos Juanes no sufre cambios sustanciales hasta el 1592, año en el que se produce el segundo de los incendios más importantes de su historia, siendo una de las partes más afectadas el retablo de la Capilla Mayor junto con el testero.

II.7. SIGLO XVII

La expulsión de los moriscos y judíos en el S. XVI y el poder cada vez más creciente de la nobleza valenciana provoca la bancarrota de la *Taula de Canvis* en 1613, lo que supone la inmersión de la ciudad en la pobreza. Debido a esta situación, pocos son los cambios que se producen en la trama urbana de la ciudad.

Prueba de ello es la aportación cartográfica de Mancelli en 1608. Sus planos además de proporcionar una vista general de la ciudad detallan a una escala más pequeña algunas de las manzanas.



02.21. Detalle del plano de Mancelli (Llopis, Perdígón y Taberner 2004).

El detalle de la manzana del mercado muestra la continuación del carácter comercial de la plaza, situándose la fustería, la palestra, els ramellets, el barreig, el clot, la horca, la carniceria, les estanques y l'encant, la iglesia de San Juan de la Boatella aparece totalmente exenta (figura 02.21), con la entrada lateral definida y sin la capilla de la comunión que conocemos actualmente.

A diferencia del siglo anterior, el siglo XVII supondrá un cambio radical de la forma del templo. Los Santos Juanes se encuentra en pleno proceso de reconstrucción tras el incendio perpetrado en 1592, pero esta actuación no

implicara únicamente la rehabilitación de las partes dañadas si no una ampliación de la iglesia.

Estas intervenciones vendrán marcadas por la entrada de una nueva corriente artística, el barroco. Su influencia dió lugar a la adecuación de la mayor parte de las iglesias del momento.

Un estilo basado en la ondulación y con el objetivo de mostrar el movimiento de la obra, aparecen las columnas salomónicas, los frontones partidos, el uso de volutas y aletas que unían mediante líneas curvas puntos del edificio situados a distinta cota.

La luz y los elementos adquieren un nuevo papel y pretende enriquecerse buscando el efecto y el dinamismo, así como la sensación de espacio dirigido al infinito mediante bóvedas pintadas, que muestran una sensación de amplitud del espacio existente realmente impresionante.

En el caso de los Santos Juanes el barroco irrumpe de forma desmesurada en el templo, transformándolo completamente, con unas modificaciones de relevada importancia que han llegado hasta nuestros días.

De entre las primeras transformaciones exteriores que sufre la parroquia adaptada al nuevo estilo, se puede destacar la construcción de la fachada de la Plaza del Mercado. Este nuevo elemento busca formar parte del conjunto urbano de la plaza, delimitando su triangulación y actuado como configurador del marco urbano al que pertenece.

Dicha fachada se presenta en este momento sin apenas ornamentación. Se construye con la finalidad de abrirse paso y mostrar la presencia del templo en un entorno urbano dominado por la Lonja desde su construcción en el siglo XV.

Dada la poca funcionalidad que tiene, con unos accesos sin sentido a espacios de servicio, se erige como un elemento que nace con la única finalidad de mostrar y mantener la importancia que había tenido hasta el momento los Santos Juanes en la plaza y en el barrio.

La ejecución de la fachada de la plaza de San Juan se desarrolla entre 1603-1609 según relata Monsén Porcar («Catálogo de Monumentos...», p. 530):

II. Estudio Histórico-Constructivo.

“Divendres a cinc de desembre (1603), a les deu hores del mati, començarem a cavar los fonaments de Sant Joan del Mercat eixint mes avant dels antics, prenent i mig carrero dels porxets de llicencia dels senyors jurats ab pacte que arrimassen los porxets a la paret de l’esglèsia.” (Galarza Tortajada 1990) ⁴⁶

La primera piedra la coloca el arzobispo San Juan de Ribera («Catálogo de Monumentos...], p.530), una de las personas más influyentes en la sociedad valenciana del momento. Concedor del desarrollo de los primeros tratados arquitectónicos, los utiliza como base de la nueva etapa evolutiva del templo.



En la fachada de la Calle del Peso de la Paja se aprecia la junta vertical correspondiente a la primera ampliación. Además también se puede observar la junta vertical fruto de la construcción de la fachada de la plaza del Mercado

02.22 Detalle de los muros de la fachada de la Calle Peso de la Paja. Autor (2015).

Estos tratados surgen a raíz de una demanda constructiva elevada, basada en la necesidad de definir unas pautas centradas en la simplicidad y en la sencillez de los materiales, sustituyendo a la pesada albañilería de piedra, con el fin de optimizar al máximo la construcción.

⁴⁶TRADUCCIÓN: “Viernes a cinco de diciembre (1603), a las diez horas de la mañana, comienzan a cavar los cimientos de San Juan del Mercado saliendo más adelante que los antiguos, tomando medio callejón de los porxets en la pared de la iglesia.”

Se empiezan a utilizar los acabados sobre las fábricas, como revocos o morteros de cal en paredes gruesas, que muestran una nueva estética más perfecta y versátil. Aparecen las primeras fachadas de ladrillo visto, mostrando la naturaleza del material constructivo como un elemento noble (Lerma Elvira 2012, p. 75).

Estos tratados sirven para resolver problemas constructivos concretos, como pueden ser las humedades, proponiendo medidas factibles para solucionarlos. Efecto de ello es la aparición de grandes cornisas que, a la vez de utilizarse como zuncho en fachadas, protegen la fábrica de la escorrentía del agua en su plano.

Para establecer un contexto arquitectónico completo, es necesario referenciar las obras que se estaban ejecutando en este momento en la ciudad y que influyeron en cierta medida en San Joan del Mercat: la Capilla del Colegio del Corpus Christi, estando al frente San Juan de Ribera, la Casa Profesa de la Compañía de Jesús y el Convento de los Padres Capuchinos (Galarza Tortajada 1990).

Estas obras provocan la incorporación de nuevas pautas estilísticas, pasando de utilizar los criterios tridentinos presentes hasta el momento, a amplios tratados arquitectónicos con definiciones precisas.

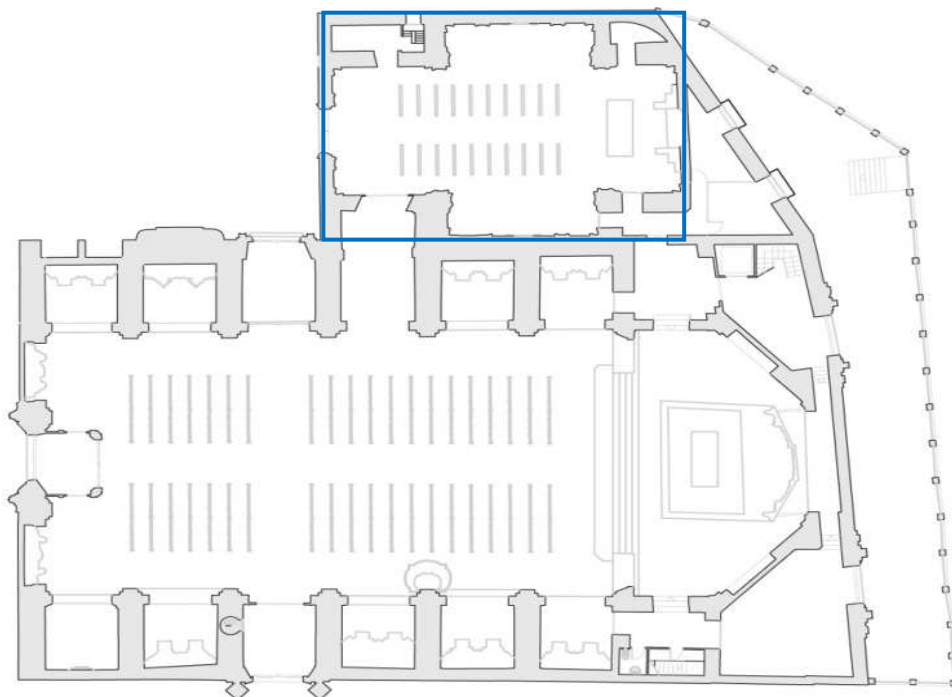
Los máximos representantes de estos tratados son Carlos Borromeo (1538-1584) e Isidoro Aliaga (1612-1648). Representantes de la Iglesia católica implantan con rotundidad sus tratados, tanto en los Santos Juanes como en el resto de construcciones de la época.

Basándose en estas pautas se ejecuta el último cuerpo que se le añade al templo, la capilla de la Comunión. Se construye entre 1644 y 1653 (Gil Gay 1909) tras la expropiación de diversas viviendas anexas y supone un cambio significativo (Galarza Tortajada 1990) de las proporciones y la forma de la parroquia. Si comparamos esta capilla con otras coetáneas existentes en iglesias como la del Carmen, se puede determinar que su construcción supuso una de las grandes creaciones de la arquitectura religiosa valenciana.

Manuel Galarza lo relata en su libro de la siguiente forma:

II. Estudio Histórico-Constructivo.

"Después de iniciarse el derribo de las últimas casas, el uno de octubre de 1643, cuya compra se había resuelto el 10 de abril anterior por 1.200 libras y cuyo lugar ocuparía la nueva fábrica, el mismo día de enero del siguiente año se colocó la primera piedra, trasladándose el Sacramento, una vez acaba, el 7 de Septiembre de 1653".



02.23. Situación en planta de la capilla de la comunión. Autor (2015).

Los materiales más significativos que se utilizan en este momento distan bien poco de los de la etapa anterior: la piedra, el ladrillo, la madera, el yeso, la cal y las formulaciones que aparecen en los tratados se incorporan a la construcción habitual de iglesias y edificios significativos, sin presencia todavía de nuevos materiales, puesto que aún no son recogidos y aceptados en el discurso constructivo.

En la figura se puede apreciar un edificio con unas características constructivas que distan de las que se utilizaron para la construcción del resto del templo.



02.24. Plaza de la Compañía San Juan. Puerta Acceso Capilla Compañía y Iglesia. Autor (2015).

Como novedad se incorpora el revocado, pintado o estucado en algunas obras importantes. Además se impone el uso del estuco blanco o crema para interiores, sobre yeso o sobre morteros más bastos fabricados con cal (Castro Villalba 1992).

La tipología constructiva está centrada en la participación de la mínima mano de obra y materiales posibles, con el fin de recibir un acabado o recubrimiento posteriormente.

Las fábricas recibidas en seco son fundamentalmente de mampostería o ladrillo, recercadas con otros materiales para aumentar su resistencia mecánica. Compuestas por sillares de grandes dimensiones, se colocan respetando la posición del lecho de cantera para aprovechar al máximo su resistencia (Torner et al. 2015, p. 68).

La solución adoptada para la ejecución de los huecos es el arco de descarga y las cornisas aparejadas con piezas engatilladas. Con ello se consigue

II. Estudio Histórico-Constructivo.

una cierta capacidad de trabajo a tracción. El resto de los huecos, se rematan con alféizares y recercados de las jambas como medida de protección frente a la humedad, costumbre heredada de la época renacentista.

En consecuencia y debido a la implantación de estas premisas constructivas, los elementos arquitectónicos se ejecutan bajo las directrices de los tratados del momento. Los dos de más mayor relevancia son *Instrucciones Fabricae et Supellectilis Ecclesiasticae* (1577) de San Carlos Borromeo y *Advertencias para los edificios y fábricas de los Templos del Sínodo* de Isidoro Aliaga, Arzobispo de Valencia (1631)⁵⁰.

A partir de las intervenciones posteriores al segundo incendio, además de la fachada de la Plaza, la capilla de la Comunión y el campanario, así como diversas intervenciones puntuales se ejecutan influenciadas por dichos tratados.

Una de las premisas iniciales que estudia Borromeo es el entorno. Recomienda edificar la iglesia sobre una pequeña elevación, realizada por 3 o 5 escalones, siempre impares, de forma que el volumen se muestre dominando el espacio. No obstante, Aliaga lo describe con mayor precisión:

“Sea este sitio algo eminente, para que se suba a la iglesia por algunas gradas: que sea más hermosa del edificio y reverencia el lugar.

La iglesia este apartada de lugares donde hay continuos ruidos, y del Mercado, y de lugares inmundos y mal olor.

Procurese sitio tal, que la Iglesia pueda edificarse apartada de qualquiera otro edificio, y estar de por sí, de manera que se pueda rodear por todas partes a modo Isla.

No ha de haver arboles frutiferos... se ha de tomar espacio para que delante de la Iglesia pueda haver plaza mayor, o menor, conforme a la grandeza del Templo y del Pueblo.” (Pingarrón Seco 1995, p. 53)

⁵⁰NOTA: Tal y como se observa, aunque los tratados se redactaron en siglos pasados, su consideración se inicia durante el renacimiento. Sin duda en el barroco se convierten en unos elementos vertebradores de la construcción, sobre todo por la influencia y el papel importante que juega el arzobispo San Juan de Ribera. Son otros los ejemplos que cumplen los preceptos que establecen, de entre ellos la iglesia del Patriarca en Valencia.

La capilla de la Comunión cumple las premisas establecidas en los tratados. La comunidad de los Santos Juanes compro las viviendas anexas al antiguo templo⁵¹, permitiendo así el aislamiento del resto de las manzanas colindantes (Galarza Tortajada 1990).

La elección del acceso puede tener también una relación directa con dichos tratados. La búsqueda de resguardo del bullicio de la gente puede que fuera una de las condiciones por las que se propuso el acceso desde una plazoleta posterior (Plaza de la Comunión de San Juan) y no desde la bulliciosa plaza del Mercado o desde la plaza del cementerio de San Juan, lugar donde actualmente se encuentran dos de las entradas principales al Mercado Central.

Se puede apreciar la sencillez que se muestran en la portada con respecto a la 02.26. En el primer caso la decoración aparece como un relieve tímidamente resaltado. En el segundo, correspondiente a uno de los accesos laterales al templo, el volumen que marca la entrada va mucho más allá del plano de la fachada.



02.25. Acceso capilla de la Comunión. Autor (2015).

El acceso a la capilla se realiza a través de un número impar de escalones, cumpliendo otra de las reseñas propuestas anteriormente. Cabe destacar la

⁵¹Nota: Según recoge Galarza, el 1 de octubre de 1643 se empiezan a derribar las casas colindantes de la iglesia para empezar la capilla de la Comunión.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

diferencia del acceso de la fachada del cementerio de San Juan con el propio de la capilla de la Comunión.

Si se analizan las portadas (figuras 02.25-02.26), cercanas una con respecto a la otra, podemos observar la sencillez con la que se presenta la de la capilla de la comunión con respecto a la portada lateral. Esta última, al igual que su homóloga en la calle del Peso de la Paja, fue modificada en esta época siguiendo los tratados establecidos del momento.



02.26. Acceso lateral Plaza de la comunión de San Juan. Autor (2015).

De entre los elementos característicos del momento centrados en la protección frente a la humedad, destaca la disposición de un zócalo. Se trata de una de las tradiciones que ha durado hasta nuestros días y que se recogen en muchas de las normativas urbanísticas de ámbito local.

La capilla de la Comunión está delimitada inferiormente mediante un zócalo perimetral. Este zócalo empieza a ser habitual en otros edificios coetáneos, como por ejemplo el Patriarca. De este último se tiene constancia a través de los estudios realizados y que se recogen en la tesis de Lerma (Lerma Elvira 2012). La imposición de este elemento viene predispuesta por órdenes de

San Juan de Ribera, como consecuencia de las riadas e inundaciones que sufre Valencia en varias ocasiones a lo largo de su historia, buscando evitar los daños materiales que causaban.



02.27. Vista de la fachada de la Capilla Comunción a la calle Eixarchs. Autor (2015).

Resulta curioso que en toda la iglesia de los Santos Juanes no exista vestigio en ninguna de las fachadas de la presencia de un zócalo a excepción de la Capilla de la Comunción, algo concluyente que refleja la influencia de las corrientes constructivas de la época.

La construcción de esta capilla no es consecuencia únicamente del anhelo de conseguir el aislamiento del edificio con respecto al resto de manzanas colindantes, sino que pretende ser el lugar donde albergar el Santísimo Sacramento.

Tal y como enuncian Borromeo y Aliaga, el Santísimo Sacramento no debía de estar en el altar donde se celebran los Oficios por razones convenientes al culto Divino. Es por ello que su construcción se ve influenciada de los referentes que se estaban realizando en Roma en ese momento.

Para la construcción detallaban:

“Esta Capilla ha de ser labrada con particular adorno y hermosura.”
(Pingarrón Seco 1995)

II. Estudio Histórico-Constructivo.

“Ha de ser mayor, o menor conforme al Templo, y la muchedumbre de los fieles que concurren a comulgar”.

“Ha de estar en parte que más libremente pueda administrarse la Comunión; y donde los que han de entrar y salir en ella por causa de la Comunión no perturben los Divinos Oficios, ni puedan causar distracción a los que asisten a ellos.”

“El altar de esa Capilla no ha de subir por más de una grada, para que con mayor facilidad el Sacerdote pueda ir y volver del Altar a administrar la sagrada comunión.” (Pingarrón Seco 1995)

El análisis de estas pautas de carácter general muestra que la Capilla de la Comunión no fue el resultado de un capricho, sino que se realizó a conciencia y acorde a lo previsto para ella en comparación con sus homólogas del momento.

Uno de los elementos destacables de la capilla es la cúpula que remata superiormente el volumen del edificio. De forma semiesférica y apoyada sobre cuatro pechinas, está construida mediante una bóveda tabicada.

Este tipo de cúpulas elevadas sobre un tambor son frecuentes en el Renacimiento italiano. Sin embargo, en España no se conocen hasta la construcción del monasterio de El Escorial. La presencia del tambor resalta la importancia del exterior de estas cúpulas.

Según relata Guerra (Guerra Pestonit 2012, p 99) en su tesis doctoral, la razón se debe a la semejanza o con las bóvedas romanas o bien a la influencia de las derivadas de Vitruvio, representadas en los edificios funerarios, donde se pretendía ofrecer un mayor interés e importancia del interior frente al exterior.

Interiormente en la cúpula se define una cornisa de orden compuesto, formada por un cuarto bocel, un plinto y bordón con un plano vertical, a continuación, viene un plano horizontal, un plinto, una moldura de huevos, dardos y un filete. Por último, la compone una sección de dentellones con bordón y bola reversa, todo ello revestido pan de oro. Debajo de esta cornisa se sitúan unas pilastras con capitel de orden compuesto, dorado y base de orden ática de piedra natural. Bordeado inferior y perimetralmente por un zócalo de mármol que posiblemente sea de Alcuébar.



02.28. Detalle de la cúpula de la capilla de la Comunión. Autor (2015).

Está rematada por una linterna de fábrica de ladrillo con tres ventanales, bordeado por un juego de pilastras con capitel y base de orden ártica, coronando el ventanal con tímpano de arco rebajado, friso y cornisa (Roig Picazo 1990, p. 12).

Esta época no supuso únicamente la construcción de la capilla de la Comunión. Exteriormente las fachadas también sufrieron numerosas intervenciones.

Los tratados hacían referencia a cómo debían ser estos alzados. Y aunque hoy en día cuando se revisan parece lógico incluirlos en lo que llamaríamos "el buen hacer constructivo", hay que situarse temporalmente para comprender que en aquel momento no era tan sencillo cumplirlos.

"En el remate, por lo alto de ellas, se ha de ir haciendo salida a la parte de afuera, de manera que haga rafe, sobre el qual apoye el tejado (que como se dira ha de tener la Iglesia) por mayor gracia del edificio, y para que las aguas caygan apartadas de las paredes y no gastes, y las ventanas estén defendidas de las dichas aguas." (Pingarrón Seco 1995)

II. Estudio Histórico-Constructivo.

Las construcciones de los muros en esta época se ejecutaban siguiendo las prácticas constructivas de cada región, adaptándolas a la ubicación e intentando tener en cuenta las condiciones climáticas del lugar.

Una de las proposiciones reseñables de estos tratados es la definición concreta que hacen de las fachadas laterales de las iglesias. Las posiciona como secundarias por lo que deben aparecer con menor ornamentación que las principales. Su fin es ensalzar estas últimas y definir concretamente la importancia de unas frentes a las otras. Proponen que la única ornamentación que deben tener las fachadas laterales es aquella necesaria para remarcar los accesos.

Sin embargo, sabemos con exactitud cuál fue el primer diseño de la fachada de la calle del Peso de la Paja, así como la original de la Plaza del Mercado. La correspondiente a la calle del Peso de la Paja se construye en el primer período de la iglesia, con una forma que seguramente se aleja de la que conocemos actualmente.

Tomando en consideración dichas premisas enunciadas anteriormente, se observa su carácter neutro, poco recargado y sin apenas ornamentación. Únicamente el cuadro que remarca el acceso presenta elementos reseñables y significativos, entendiendo que se trata de un añadido posterior a la fachada original gótica.

La transformación de la fachada del mercado se realiza a finales del siglo, en 1700, siendo la más tardía de todas las que componen el templo:

“Que dita parroquia desitjaba embellir y adornar la paret que fa cara a la plaça del mercat, fabricant en aquelles dos portes ab adornos de relieve...” (Galarza Tortajada 1990)⁵⁷

⁵⁷ TRADUCCIÓN: “Que la dicha parroquia deseaba embellecer y adornar la pared que esta cara la plaza del mercado, fabricando en aquellas dos puertas con adornos de relieve...”



02.29. Detalle de la puerta lateral de la calle del peso de la paja. Autor (2015).

II. Estudio Histórico-Constructivo.



02.30. Fachada Plaza del Mercado. Autor (2015).

Situados plenamente en el barroco, la fachada de la cabecera pasa de ser una fachada lisa, sin ornamentación con la única finalidad de ocultar el ábside hexagonal, a una de las más reseñables y significativas del templo.

Según los datos recabados con respecto a su ejecución, su diseño se basa en las directrices detalladas en los tratados. De entre ellas cabe destacar su elevación respecto a la cota cero de la calle y el remarque de los accesos mediante ornamentación, caracterizándola, sin serlo, como la fachada principal del templo.

El hecho de ornamentar y realzar esta fachada, además tiene otro sentido, formar parte de un conjunto monumental en la plaza, tal y como se refleja en la evolución urbana de la ciudad.

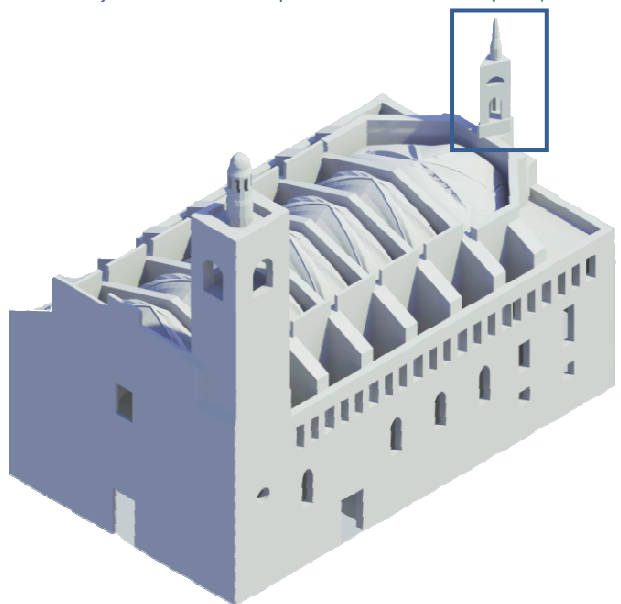
De entre las piezas que más destacan en esta fachada se encuentra la torre del reloj. Se trata de uno de los elementos más creativos del barroco valenciano de entre todos los que se adhirieron al edificio original. La forma que lo define, su posición respecto a los muros que lo sostienen, su mayor dimensión en planta con respecto a su apoyo en estos muros, han sido las causas que lo han ido deteriorando poco a poco. (figura 02.32)

"La torre se proyectó como un edículo o casilicio, de planta triangular, que guarda semejanza con los que se edificaron en los puentes del Real y del Mar por la misma época. Como en ellos, la cubierta se sostiene sobre columnas salomónicas, levantadas sobre una plataforma triangular de canto moldurado y decorado con gajos." (Estellés Ceba 1986)



02.31. Detalle de la torre del reloj de la fachada de la plaza del Mercat. Autor (2015).

El 3D muestra la disposición de la torre del reloj en la fachada de la plaza del Mercado. Su forma triangular vuela sobre los muros de la cabecera, provocando problemas resistentes.



02.32. 3D del templo de los Santos Juanes. Autor (2015).

II. Estudio Histórico-Constructivo.

Por otro lado y aunque no se puede situar su construcción temporalmente con exactitud, la forma que muestran actualmente las cubiertas del crucero y el ábside corresponden a una solución constructiva claramente del momento y no de la primera época constructiva.

Compuestas por tabiquillos conejeros aprovechan los elementos de recogida de agua pluvial de la época gótica. Su ejecución forma parte de alguna de las intervenciones que sufre la iglesia de los Santos Juanes tras los dos incendios acontecidos hasta el momento.

Resulta interesante la coincidencia con la descripción que hace Aliaga sobre la forma en la que se debían construir las techumbres de los templos. El Arzobispo describe que las bóvedas de las iglesias se han de cubrir con tejado entero para evitar que se produzcan daños a la estructura.

"No ha de ser este tejado de tejavana, sino sobre tabiques de ladrillo que formen callejones, como se platica en muchas partes: o sobre madera suficiente a tener el peso del tejado, aunque las tejas estén encarceladas, luego se dirà." (Pingarrón Seco 1995)

"El tejado ha de ser perpetuo, si las tejas se asentaren con cal, o mortero, bien perfiladas." (Pingarrón Seco 1995)

Sin embargo, no define con exactitud la inclinación que debían tener estas cubiertas ni las dimensiones permitidas para los aleros, dejando la decisión en potestad del arquitecto en función a su criterio personal.

En cambio, Carlos Borromeo, sí especifica ciertas condiciones al respecto. Sin definir dimensiones exactas al igual que Aliaga, se apoya en que la decisión debía adecuarse a las construcciones de cada región y adaptarlas a cada templo concreto, con la finalidad de cerciorarse que quedasen correctamente sellados y protegidos de la humedad.

En consecuencia, en los Santos Juanes podríamos hablar de una doble cubierta, con una independencia de las bóvedas frente al tejado. Esta forma de construir estaba influenciada también por las costumbres centroeuropeas del momento, aunque con alguna modificación debido a las diferentes condiciones.



02.33. Vista de las cubiertas de los Santos Juanes desde la Lonja (Años 70)⁶¹.

En una primera fase, la cubierta de los pies no soportaba un campanario, o al menos no queda constancia de que existiera uno en el lugar que hoy en día ocupa. En aquel momento no era habitual construir una torre para ubicar las campanas y menos aún situarla a los pies de la planta. Lo corriente, heredado del románico, era construir el campanario cercano a la cabecera, con el fin de picar las campanas e ir al oficio.

Analizando la concepción parroquial valenciana de carácter unitario y de construcción por etapas, la posición del cuerpo de las campanas estaba ya prevista desde un principio, tomándose las previsiones convenientes para ello.

Claro ejemplo de ello se encuentra en el relato que hace Jaume Roig en las obras que acontecieron en su parroquia, San Nicolás:

"Fon oberta cava de fons de XX palms, e de ample tot lo front XII palms, e en lo canto del mig del fossar, fon afondat V palms mes, per tant, si per temps si

⁶¹ Imagen del archivo personal de D. Gaspar Navarro Fortuño.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

voldra edificar campanar se pugha segurament fer." (Galarza Tortajada 1990)⁶²

De forma similar ocurriría en los Santos Juanes, pues existen indicios que apoyan esta hipótesis. Tales como el análisis del contraste de ventanas existentes en el alzado de la calle del Peso de la Paja, todas ellas ojivales excepto la del campanario, resuelta con un óculo con la finalidad de debilitar al mínimo el muro exterior que soportaría la futura torre. O la robusta pared prevista de sillares de la capilla bautismal o la previsión en el primer contrafuerte de la escalera de caracol que da acceso a las terrazas superiores, así como otros indicios que apoyan esta hipótesis.

Construida la torre entre 1625 y 1650, se aprovechan los paramentos interiores del muro de fachada y el contrafuerte. Para ello se ejecuta un ensanchamiento del muro a través de unas ménsulas cortas voladas del muro inferior.

Aliaga también propone unas pautas establecidas con las que se debían construir los campanarios. Afirma que la altura ha de ser proporcional a la fábrica del templo y que no debe nunca cargar sobre la bóveda principal de la iglesia. De forma literal:

"No cargue sobre la bóveda de la Iglesia, sino estrivos, o cimientos suficientes a sustentar su peso." (Pingarrón Seco 1995)

"...la escalera tenga tramos con descanso, y dándole toda la anchura que el edificio permitiere"

"Sera conveniente que no queden con terrados descubiertos los dichos campanarios, como se acostumbra; sino que se rematen y cubran con chapiteles, no solo por la hermosura, sino por la duración." (Pingarrón Seco 1995)

⁶²Traducción: Fue abierta un agujero de fondo 10 palmos y de ancho todo el frente doce palmos, y en el canto del centro del fosar, fue cavado 5 palmos más, por tanto, si con el tiempo se quisiesen edificar el campanario se pudiese hacer seguramente.

“Los suelos intermedios, que se ofreciere hacer en la Torre, no sean de madera... sino de una bóveda cada uno, si la firmeza de la fábrica lo sufriere, o de bovedilla de yeso y ladrillo, con revoltones fuertes...” (Pingarrón Seco 1995)



02.34. Vista de los Santos Juanes desde la plaza del cementerio de San Juan. Distinción de etapas constructivas del campanario. Autor (2015).

Su base alcanza hasta la altura del remate de la moldura de los contrafuertes, quedando diferenciada de esta forma la parte ornamentada de la parte con menos ornamentación, delimitando una parte intermedia a través de un baquetón (Galarza Tortajada 1990).

“Este cuerpo se subdivide lateralmente en otros dos, perfectamente denunciados por sendas ventanas; la inferior, que se corresponde con la

II. Estudio Histórico-Constructivo.

capilla de la iglesia, es un óculo circular, en tanto que la superior, que ilumina una estancia donde en su día se alojó el ingenio para la elevación de los materiales de la obra, es una ventana rectangular con dintel conopial.”
(Galarza Tortajada 1990)

En el segundo cuerpo, cabe resaltar la existencia del trasdosado de la bóveda vaída de ladrillo tabicada, que tienen la función de suelo y pertenece a la capilla lateral de origen gótico. El tercer cuerpo del campanario está compuesto por la caña donde se abren huecos a través de ventanas y puerta al interior.

Continuando verticalmente el campanario, se llega al cuerpo de las campanas, perforado por cuatro huecos donde se alojan las campanas. Estas aperturas están cubiertas por arcos de medio punto apoyadas por dobles pilastras acanaladas de estilo dórico, coronando este conjunto unas balaustradas entre pilastrones con pináculos (Galarza Tortajada 1990).



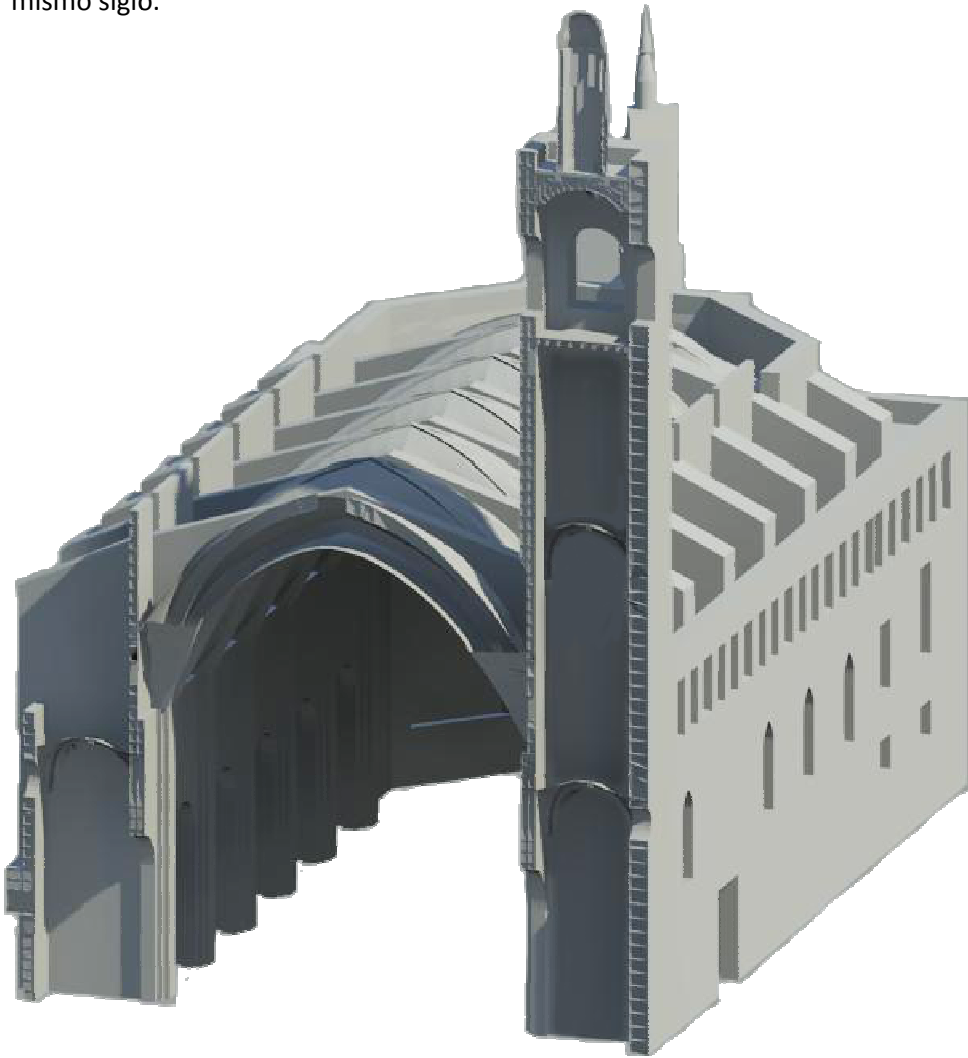
02.35. Detalle del campanario. Autor (2015).

Superiormente, se remata el campanario con el llamado campanil cubierto de teja vidriada, muy característico del momento y que supone el indicio principal para definir claramente las dos fases constructivas de la torre.

El resultado de todo ello lleva a pensar que la primera fase se ejecutaría tras construir el muro de fachada hasta el baquetón que define el primer cuerpo,

para ejecutar posteriormente una segunda fase en la cual se construiría el resto superior, dejándolo como lo conocemos hoy en día.

Debido a la morfología de sus campanas, posiblemente éstas fueron construidas en un momento de ortodoxia arquitectónica, pero los detalles decorativos situados en el remate del campanario, de carácter barroco, indican que posiblemente se empezaron a construir en el siglo XVII y la torre a finales del mismo siglo.



02.36. Sección 3D transversal por el campanario. Autor (2015).

II. Estudio Histórico-Constructivo.

Sin embargo, de entre todas las modificaciones que afectan al templo en este siglo, la más importante es su transformación interior, dando lugar a la visión que conocemos actualmente.



02.37. Sección longitudinal 3D de la iglesia actual sin la bóveda de cañón. Autor (2015).

Los datos que existen al respecto son escasos. La mayor parte de la documentación de esta época se refiere únicamente a la capilla de la Comunión, dejando de lado la metamorfosis constructiva que sufre el edificio interiormente. Este giro artístico radical refleja claramente las intenciones del barroco.

Uno de los elementos que más llaman la atención en el templo son los frescos pintados sobre la bóveda de cañón que cubre la nave central, rematada con lunetos lateralmente.

La bóveda de cañón está compuesta por una doble rosca de ladrillo macizo encastrada sobre los arcos fajones de la estructura gótica original. Su forma se debe a la de los propios arcos góticos, resolviendo el encuentro superior mediante monte de forma ovalada, tangente a las directrices de dicho arco (Marín Sánchez 2011, p.210-211).



02.38. Detalle por el trasdós del encuentro entre la bóveda y el arco fajón medieval (2011) ⁶⁸.

Según relata Marín, la documentación parroquial de la época de la construcción de la bóveda señala a Vicente García como principal encargado de la ejecución de la obra. Sin embargo, debida a su limitada experiencia al respecto, propone que tal vez el responsable último fuera Gil Torralba bajo la supervisión de Juan Bautista Carachán.

"En la nau de la esglesia per dins es farà volta de alchups y en lo cap de altar com un cascaró, tot ab ses llunetes y finestres sens resalts ni sentits de archs, si no es en el toral, reparantho tot de algeps y morter per a poderse pintar."
(Marín Sánchez 2011) ⁶⁹

⁶⁸ Imagen de Rafael Marín Sánchez.

⁶⁹ Traducción: En la nave de la Iglesia se hará una bóveda de aljibe y en la cabecera del altar (una bóveda de nicho) como un cascarón, todo ello con sus lunetas y ventanales sin resalts ni arcos, a excepción del toral, terminando toda su superficie de yeso y mortero para que se pueda pintar.

II. Estudio Histórico-Constructivo.



En la imagen se puede apreciar el remate de la bóveda barroca con respecto a la estructura original del templo.

02.39. Vista de la estructura Medieval desde la cámara entre la bóveda barroca (2011) ⁷⁰.

La transformación interior afectó a la configuración de los muros exteriores, concretamente a los del crucero en la calle del Peso de la Paja, así como la fachada de la plaza de Comunión de San Juan. Se tapiaron parte de las ventanas exteriores, mermando las dimensiones y adaptándose a los preceptos de la nueva bóveda disminuyendo la calidad lumínica que proporcionaban las antiguas góticas.

De forma similar a la nave central, las capillas laterales también sufren una transformación barroca. Gracias a las visuras realizadas por Gil Torralba y Francisco Navarro, Marín describe que se puede conocer realmente cómo se construyeron estas capillas. Y añade que éstas fueron modificadas respecto a lo especificado en las capitulaciones de obra:

"Y en respecte de les voltes que se han fet en les capelles fins lo dia de huy que están fetes per yqual y segons art, excepte que havien de ser de rachola grossa, segons lo capitulat, y se han fet de rachola prima de orde del doctor Joan Batiste Corachan, segon dit Torralva, però en esta diferencia: Que tinguera obligació de fer unes faixes de rachola y algeps doblades en creus

⁷⁰ Imagen de Rafael Marín Sánchez.

per damunt daquelles; y estes estroben estar fetes y estar bones permanents".⁷¹

Se puede observar el tapiado de las ventanas del crucero. La subestructura que aparece es la responsable de soportar el andamiaje utilizado para la reparación de los frescos de la bóveda de la nave central.



02.40. Detalle ventana sobre terraza de las capillas laterales en la calle Peso de la Paja. Autor (2015).

La transformación de las capillas laterales también tuvo repercusión en las fachadas exteriores. De nuevo las fachadas de la calle del Peso de la Paja y la Plaza de la Comunión de San Juan tuvieron que cegar las ventanas existentes de carácter gótico, adaptándolas al nuevo estilo.

⁷¹Traducción: Y al respecto de las bóvedas que se han hecho en las capillas hasta el día de hoy, que están hechas por igual y según arte, excepto que habían de ser de ladrillo gordo, según las capitulaciones, y se habían hecho de ladrillo delgado por orden del doctor Joan Baptiste Coracha, según había dicho Torralva, pero con esta diferencia: Que tuviese obligación de hacer unas fajas de ladrillo y yeso dobladas en cruz por encima de ellas; y estas se encontraban hechas y buenas condiciones.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

Además, ocultó los arcos apuntados en las cancelas a las capillas y la nervadura gótica original superior, tal y como se observa en la figura 02.41, complicando enormemente el acceso a la interbóveda de las capillas.



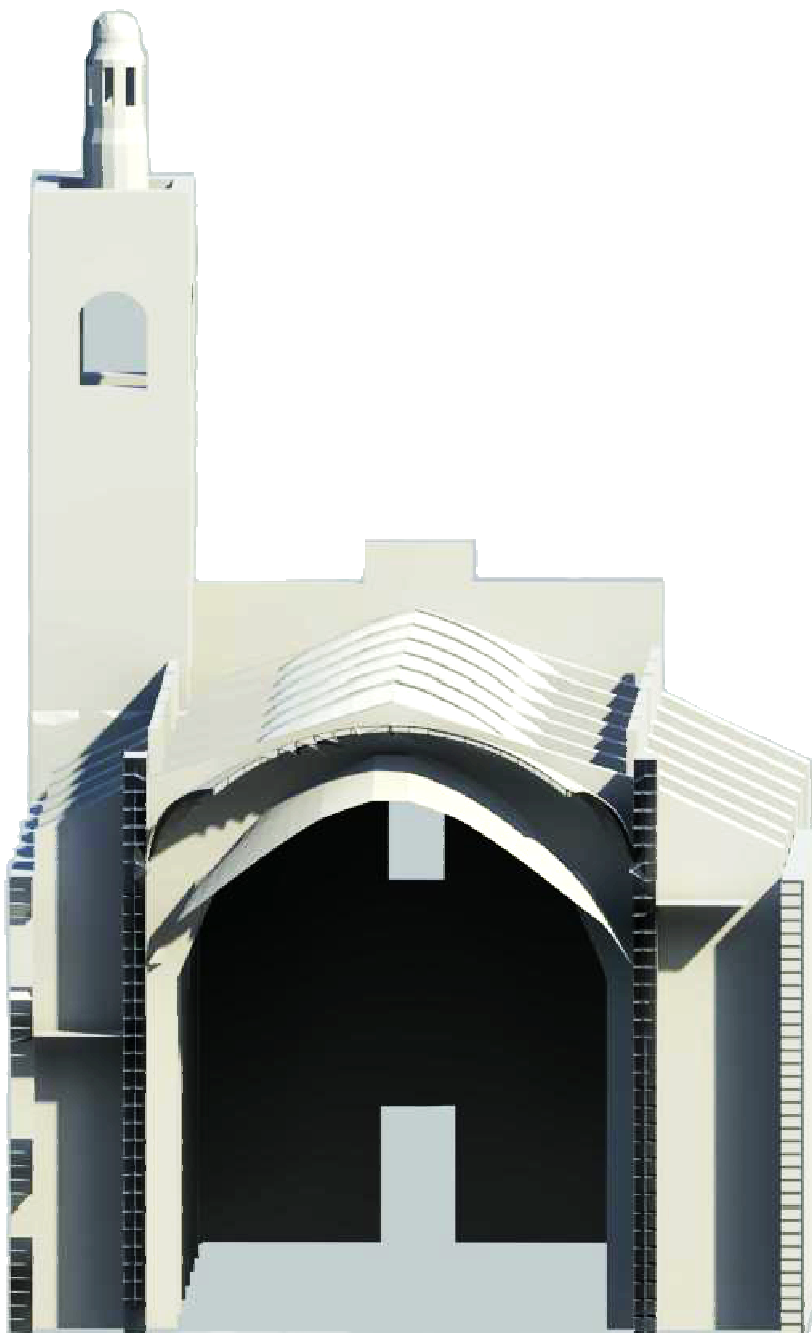
En la figura se puede observar la tracería gótica escondida y a la derecha los arcos apuntados que daban acceso a las capillas laterales.

02.41. Capilla Laterales. Vista de la estructura original (Estellés Ceba 1986).



02.42. Vista de la cúpula de la capilla lateral dedicada a Santa Catalina. Autor (2015).

Tras finalizar la construcción de las bóvedas, se procede a decorarlas. Siguiendo las instrucciones del Concilio de Trento la selección de las imágenes debía ser apropiadas y cumplir las reglas establecidas por la Iglesia, llegando a multar a los pintores que no las cumpliesen.



02.43. Sección transversal 3D del templo tras la construcción de la bóveda. Autor (2015).

II.8. SIGLO XVIII

Tras la muerte de Carlos II se inicia la Guerra de Sucesión entre los Austrias y los Borbones. Esto provoca la confrontación entre campesinos "maulets" y los nobles "botiflers". Una guerra que dura hasta el 25 de Abril de 1707, día en que las tropas borbónicas derrotan el ejército de los Austrias en la batalla de Almansa.

El resarcimiento económico iniciado a mitades del siglo pasado se paraliza por la guerra. Desde entonces y durante todo el siglo, la economía mantiene un crecimiento moderado, sostenido principalmente por el auge agrícola y textil.

Este conflicto supuso para el Reino de Valencia la pérdida de las instituciones forales y de sus privilegios. Se produce la castellanización y la despersonalización de la región llegando a instaurar la lengua castellana como la lengua habitual de las capas medias y altas de la sociedad, además de convertirse en la lengua vehicular de la iglesia en todas sus manifestaciones («Archivo de Arte Valenciano»).

Estos hechos condicionaron en mayor o menor medida la actividad constructiva del templo. Las reformas propiciadas por la reglamentación sobre la ubicación de los cementerios y como consecuencia, la apertura de la Plaza del Cementerio de San Juan al tránsito natural, incitan a la construcción y apertura de una nueva puerta, la conocida comúnmente como la puerta de la "O" de San Juan.

"En 1787 es promulgada una Real Pragmática ordenant que els cementeris siguen construits fora dels murs de la ciutat, i aquesta disposició, reforçada per un altre de 1804, elimina els fossars adjacent als edificis religiosos ciutadans." (Más Tomás 1990) ⁷⁵.

⁷⁵ TRADUCCIÓN: En 1787 se promulga una Real Pragmática ordenando que los cementerios sean construidos fuera de los muros de la ciudad, y esta disposición, reforzada por otro de 1804, elimina los fosares adyacentes a los edificios religiosos ciudadanos.



02.44. Acceso desde la plaza del cementerio de San Juan. Autor (2015).

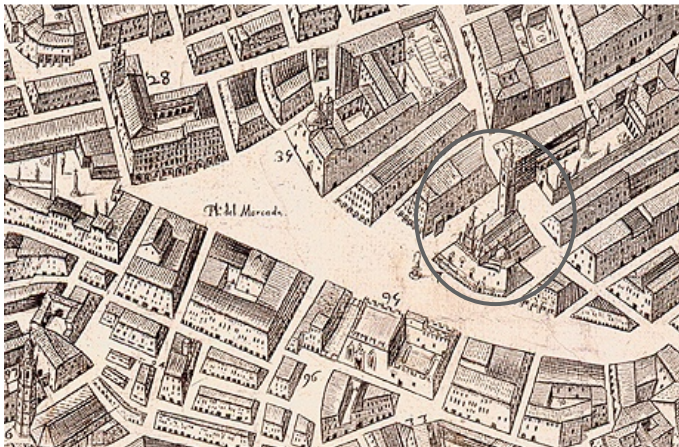
Urbanísticamente, se desarrolla uno de los momentos más relevantes de la historia, el encargo a Vicente Tosca Mascó de los planos de la ciudad, entregados por el autor en 1704. La escala de los planos es 1/810 y supone una representación de todas las calles de la ciudad, así como el interior de las manzanas, algunas desconocidas hasta el momento (Llopis, Perdigón y Taberner 2004). Esta planimetría representa la ciudad del momento dentro del período barroco.

En las figuras 02.45 y 02.46 se aprecia como se ha derribado la manzana de casas paralelas a la iglesia de los Santos Juanes y se ha construido la capilla de la comunión.

II. Estudio Histórico-Constructivo.



02.45. Plano del Padre Tosca de 1738 (Llopis, Perdigón y Taberner 2004).



02.46. Detalle del plano del Padre Tosca de 1738. (Llopis, Perdigón y Taberner 2004)

Además de la apertura de la puerta de la "O", este período viene marcado para el templo por la construcción de los "porchets" o las covachuelas a finales del siglo. El terreno que ocupaban fue el resultado de una donación que

hizo la ciudad a la parroquia para un periodo de 67 años, tal y como relata Galarza (Galarza Tortajada 1990):

"Nueva fábrica a himitació de les grades de Sent Phelip de Madrid..."



02.47. Iglesia de San Felipe de Madrid. S. XVII ⁷⁸



02.48. Plaza del Me. Principios del s. XIX ⁷⁹

Lo que no está claro es el propósito con el que se donaron estos terrenos. Si bien es cierto, en el mismo año de la donación y según relata la bibliografía

⁷⁸ Imagen de <http://www.memoriademadrid.es>

⁷⁹ Imagen de José Antonio López Mira

II. Estudio Histórico-Constructivo.

consultada, se adjudica un contrato al escultor Leonardo Julio Capuz para beneficiarse de la renta de las casetas a cambio de erigirlas y construir también las puertas de la fachada superior, la del Mercado ⁸⁰.

Las figuras 02.47 y 02.48 muestran la similitud a la que hace referencia Galarza. Esta imitación podría venir marcada por el origen del padre Tosca, destinado a la clerecía adscrita a la congregación del Oratorio fundada por San Felipe Neri.

Con el fin de ser escenario de una de las plazas más importantes del momento, tal vez la influencia de Tosca, concededor de la iglesia de San Felipe en Madrid, fuera otra de las razones por las que se diseñó y ejecutó de esta forma concreta el último elemento en el conjunto de los Santos Juanes, las covachuelas.

Estas covachuelas son objeto de numerosas intervenciones que modifican su forma y área. La primera intervención documentada se refiere a una ampliación:

“Se solicita en M.I Ciudad permiso para continuar la galería hasta la esquina de la calle Eixarchs, quitar las escaleras y cerrarla toda la baranda, abriendo una nueva escalera con puerta de hierro frente a la Calle de Cordellats”.

En cuanto a los accesos, la escalera situada en la plaza del Mercado no es la original. Tal y como relata Pilar Roig (Roig Picazo 1990), el acceso por la plaza del Mercado se realizaba en un principio mediante dos escaleras longitudinales a la fachada. Éstas fueron posteriormente derribadas, sustituyéndolas por una única escalera tal y como se conoce hoy en día. Esta intervención también alcanza a modificar las alineaciones del templo:

“Prolongación de la línea de la fachada de las covachuelas por la derecha hasta la línea de unión de la iglesia con la Capilla de la Comunión, y desde allí, doblar hacia la esquina de dicha Capilla.

Prolongación de esta misma línea de fachada hacia la izquierda, hasta la línea de la calle del Peso de la Paja.

⁸⁰ NOTA: Se entiende que habla de puertas en referencia a la propia de la carpintería, puesto que la fachada se construyó en el siglo anterior.

Construcción de la escalera de acceso que hoy vemos.

Construcción de las covachuelas a que hubiere lugar, a semejanza de las ya construidas." (Galarza Tortajada 1990)

Finalmente, la última de las intervenciones que se recoge es de 1714:

"Sobre la puerta de la escalera se pondrá una suela de piedra al mismo nivel y del mismo modo que la varanda... y por quanto la referida suela tiene poco asiento... se fortificará con las piedras de la varanda con presas de hierro emplomadas..." (Galarza Tortajada 1990)

En definitiva un siglo que marca las últimas pinceladas en la configuración constructiva del templo que ha llegado hasta nuestros días.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

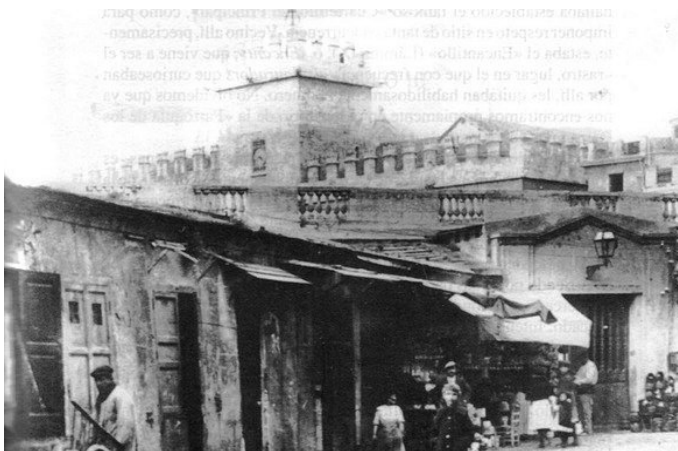
II.9. SIGLO XIX HASTA LA ACTUALIDAD

La entrada del siglo XIX implica uno de los cambios políticos de especial relevancia en nuestra historia y en el resto de Europa. El paso del Antiguo al Nuevo Régimen y en consecuencia la vuelta de los Borbones a España.

Un período de cambios transcendentales entre los que cabe destacar por un lado la Desamortización de los bienes eclesiásticos y por otro las guerras carlistas.

Sin entrar en mayor detalle sobre lo que engendró las guerras carlistas, corresponde resaltar las graves consecuencias que provocaron en la población hasta 1876, año en el que Alfonso XII pone fin al conflicto con la restauración de la corona borbónica.

Y en cuanto a la desamortización, ésta supuso la venta de muchos de los bienes de la iglesia. De entre ellos, numerosos conventos que se habían erigido en la ciudad siglos anteriores. El cambio de titularidad de estos conventos provocó en muchos casos su derribo, como es el caso del convento de las Magdalenas en 1836 ⁸¹.



Tras el derribo se amplía el mercado ambulante al solar que resulta.

02.49. Ocupación del solar del convento de las Magdalenas por el mercado (1840) ⁸².

⁸¹NOTA: El convento de las Magdalenas ocupaba la parcela que ocupa actualmente el mercado central.

⁸²Imagen blog de Juan Soler. <http://juanansoler.blogspot.com.es>

La desaparición de las Magdalenas conllevó la demolición de prácticamente toda la manzana que ocupa el actual mercado central. Esto supuso la apertura de la Avenida del Oeste⁸⁵ y con ello una transformación urbana que afectó en gran medida al templo de los Santos Juanes.

Hasta el siglo XVIII la plaza del Mercado había sido una de las constantes importantes en la construcción del templo. Fruto de ello había sido el crecimiento de la parroquia de San Juan y la exigencia de acomodar la trama urbana alrededor de ella, con el fin de ofrecer las necesidades vitales de circulación, saneamiento, etc. (Más Tomás 1990).

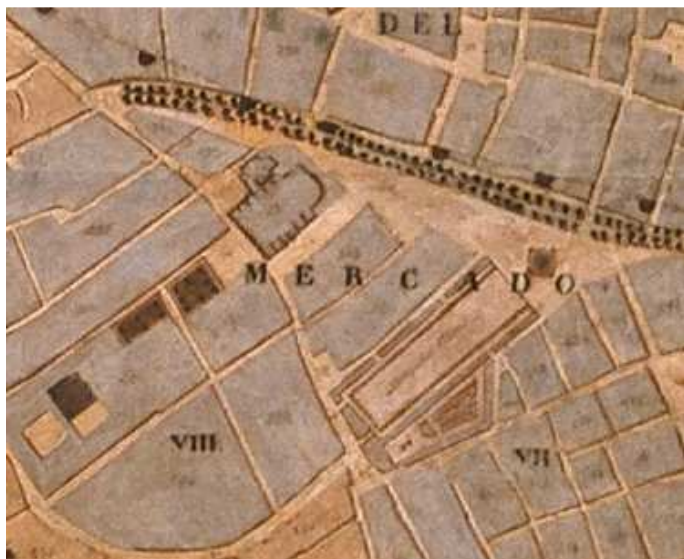
Sin embargo, la creación de un nuevo espacio urbano, la plaza del Ayuntamiento, modifica notablemente la supremacía urbana del entorno. La plaza del mercado pasa de tener un papel protagonista a ser relegada a un segundo plano.



02.50. Plano de Valencia de 1812. En oscuro P.del Mercado, en claro P. Ayuntamiento (Llopis, Perdigón y Taberner 2004).

⁸⁵ Nota: Actualmente llamada Avenida Barón de Cárcel

II. Estudio Histórico-Constructivo.



02.51. Detalle del plano de la ciudad de 1853 (Llopis, Perdigón y Taberner 2004).

A principios del siglo XX Valencia se convierte en una ciudad industrializada. La ciudad cambia de rumbo industrial debido a la disminución de la industria de la seda para realzar otros sectores como la madera y la alimentación. La mejor muestra de esta situación son las diversas exposiciones regionales, entre las que cabe destacar la de 1909 en la Alameda. En esta exposición se representan los avances de los distintos campos del sector y nace la Feria Internacional de Muestras.

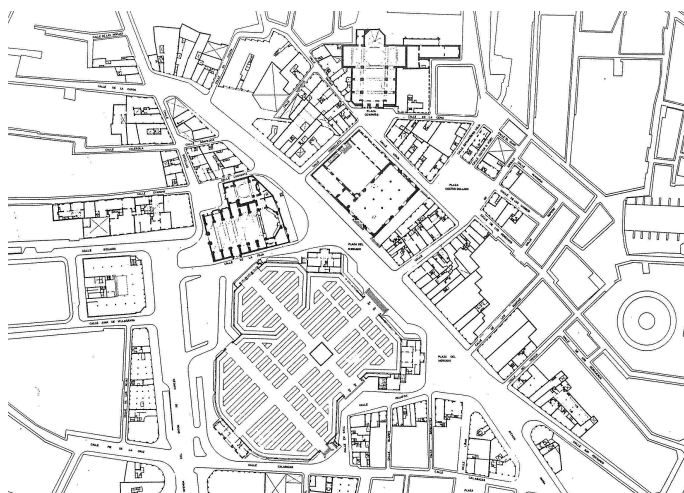
Esta industrialización, la demolición del convento de las Magdalenas, así como el carácter comercial del barrio fueron las premisas que influyeron en la construcción del nuevo edificio del mercado central. Una construcción industrializada de estilo modernista que marcará en gran medida el entorno urbano del barrio.

Todos los esfuerzos de la parroquia de los Santos Juanes de adaptarse a la trama urbana, a la sociedad y en definitiva a la Plaza, quedaron olvidados tras la construcción del edificio del nuevo Mercado. Su presencia destaca sobre el resto de la plaza, con una prioridad visual con respecto a los señores hasta el momento, la Lonja y los Santos Juanes.

En ambas figuras se denota la rotura de formal de la plaza del mercado con la aparición del nuevo mercado central.



02.52. Detalle del plano de la ciudad de Valencia (1929) (Llopis, Perdigón y Taberner 2004).

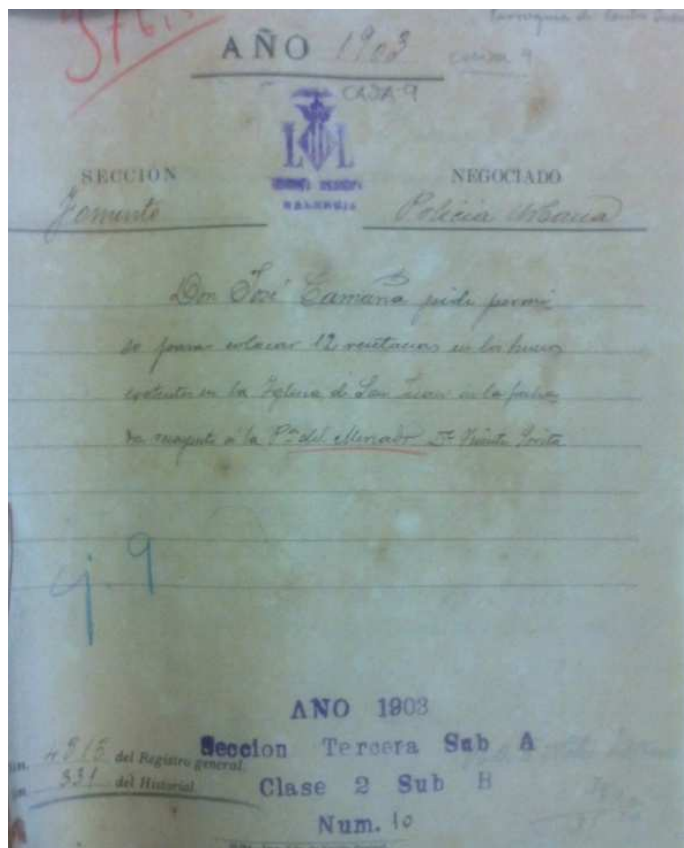


02.53. Configuración actual del Barrio (1990) ⁸⁶.

Además de la pérdida de importancia dentro de la plaza, esta época se verá marcada también por las numerosas intervenciones que sufre el templo.

⁸⁶ Imagen del proyecto de normativa y diseño urbano del entorno de la Lonja de la Seda, la Iglesia de los Santos Juanes y el Mercado Central de Vicente Corella Farinós

II. Estudio Histórico-Constructivo.



02.54. Solicitud de licencia de obra para la intervención de ventanas de la fachada de la plaza del Mercado ⁸⁷.

La primera referencia, aunque sin excesiva relevancia, se data en 1902. En ella se lleva a cabo una intervención en la fachada recayente a la Plaza de la Comunión para arreglar una parte de la cornisa y la apertura de un pequeño vano en la pared lateral de la capilla ⁸⁸.

La intervención menor realizada durante 1903 por D. José Camana, arquitecto diocesano, muestra solicitud para poner las doce ventanas de la fachada de la Plaza del Mercado. En esta fachada ya estaban definidos los huecos

⁸⁷ Imagen del archivo histórico municipal de Valencia tomada por el autor en 2015. Serie Policía Urbana. Caja 9 Documento número 376. Año 1903.

⁸⁸ Archivo histórico municipal de Valencia. Año 1903. Serie Policía Urbana. Caja 9 Documento número 376.

como continuación de la modulación de la fachada de la Paja. Camana, los define iguales con una anchura de 1,56 m y altura de 0,90 m, especificando la altura de su dintel sobre las covachuelas a 13,56m⁹⁰.

El templo de los Santos Juanes no sufre más modificaciones remarcables. El edificio se encuentra ejecutado en su totalidad con la configuración que conocemos hoy en día. Sin embargo, unos hechos próximos cambiarán su historia y le afectaran gravemente.

En 1923 se instaura la dictadura de Primo de Rivera. Este momento supuso el freno de la conflitividad social, aunque no disminuyo el malestar general de la población. Por primera vez, el 12 de abril de 1931 se celebran elecciones locales, alzándose con la mayoría la coalición de partidos republicanos, que provocan la abdicación de Alfonso XIII y su exilio al extranjero. Se instaura la Segunda República donde Valencia adquiere una especial relevancia al declararla capital del país (Boira Maiques 2011).

El 30 de marzo de 1939, la ciudad fue bombardeada por las tropas franquistas y las secuelas posteriores que dejaron aún hacen mella en muchos de los lares de la ciudad. Durante la contienda, muchos de los templos fueron duramente devastados y expoliados, siendo uno de ellos la iglesia de los Santos Juanes.

El asedio azotó cruelmente el edificio de los Santos Juanes tanto en el interior como en el exterior. El templo sufre el tercero de los incendios de su historia, afectando especialmente a la bóveda interior y a la cabecera. Los frescos interiores de Palomino que decoran la bóveda barroca en toda la nave se vieron gravemente deteriorados. Sin menospreciar el daño irreparable que ello significó para el arte, no se puede olvidar la desaparición del maravilloso archivo que existía en la parroquia.

Muchos de estos destrozos fueron reparados poco después tras la implantación de la dictadura del General Franco, aunque otros quedaron en tan mal estado que se perdieron para siempre. Sin embargo, la dificultad de ciertos

⁹⁰ Archivo histórico municipal de Valencia. Año 1903. Serie Policía Urbana. Caja 9 Documento número 376.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

trabajos, como la restauración de los frescos que decoran el templo, son labores que aún perduran en nuestros días.



En las figura se aprecia el estado en el que quedó la fachada de la plaza del Mercado

02.55. Vista Superior del muro de la fachada de la Plaza del Mercado. Año 1943 (Roig Picazo 1990).



Se puede observar el desconchado de los frescos del crucero tras el incendio. Actualmente aún en restauración.

02.56. Vista Parcial de la bóveda Barroca de la nave central tras el incendio (1943) (Roig Picazo 1990).

Entre las obras que se producen para la restauración del templo destaca en 1946 la restauración de la Capilla de la Comunión, especialmente de las pinturas, encargada al artista José Vergara.

Más tarde, en 1962, el Director General de Bellas Artes encarga al Catedrático de Restauración de la Escuela Superior de Bellas Artes de Valencia, Profesor Roig d'Alós, la restauración de la nave central.

El 1 de mayo de 1964, se nombra director técnico del proyecto de restauración al arquitecto D. Juan Segura de Lago. De entre las numerosas aportaciones que realiza en su proyecto, la más interesante es el estudio del estado de conservación del templo tras el incendio de la guerra civil. Sus aportaciones han sido de gran ayuda y base para investigaciones posteriores.

A continuación, en 1968 M. Nacher realiza un "Proyecto de Decoración (planta y alzado) de los muros del presbiterio." (Galarza Tortajada 1990)

En 1980 Segura de Lago deja de ser el arquitecto responsable la restauración de los Santos Juanes, pasando a serlo el arquitecto valenciano D. Agustín Ferrer i Ferrer nombrado por parte del Ministerio de Cultura, a través de la Dirección General del Patrimonio:

"La redacción del proyecto de restauración de la iglesia de los Santos Juanes, en Valencia. Importe cinco millones de pesetas." (Galarza Tortajada 1990)

En relación a Agustín Ferrer, existe en el archivo de Madrid, un documento con fecha del 18 de junio de 1982 donde se informa que:

"queda revisado por esta Inspección Técnica el Proyecto de Restauración Parcial de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia, encontramos que falta documentación, alzados, etc."

En consecuencia, solicita que subsanen los errores de documentación para poder otorgar los permisos pertinentes e iniciar la obra. Nada más se sabe de este proyecto, aunque posiblemente esté relacionado con los proyectos que posteriormente se realizan.

De esta época, si existe un proyecto que tenga relevancia es el redactado por el arquitecto D. Juan José Estellés Ceba. Esta documentación hasta ahora no publicada, detalla con precisión las características constructivas de la totalidad del edificio, muchas de ellas ocultas por la transformación barroca.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

Está compuesto por un estudio previo de intervención, encargado el 30 de octubre de 1984 por la Dirección General de Patrimonio Artístico, de la Conselleria de Cultura, Educació i Ciencia de la Generalitat Valenciana. El objeto de este estudio, es:

“la determinación de las medidas a tomar para mantener el templo de los Santos Juanes al que se ha hecho referencia en las mejores condiciones de conservación, mejorando, si cabe, el aspecto actual de los elementos arquitectónicos y escultóricos.” (Estellés Ceba 1986)

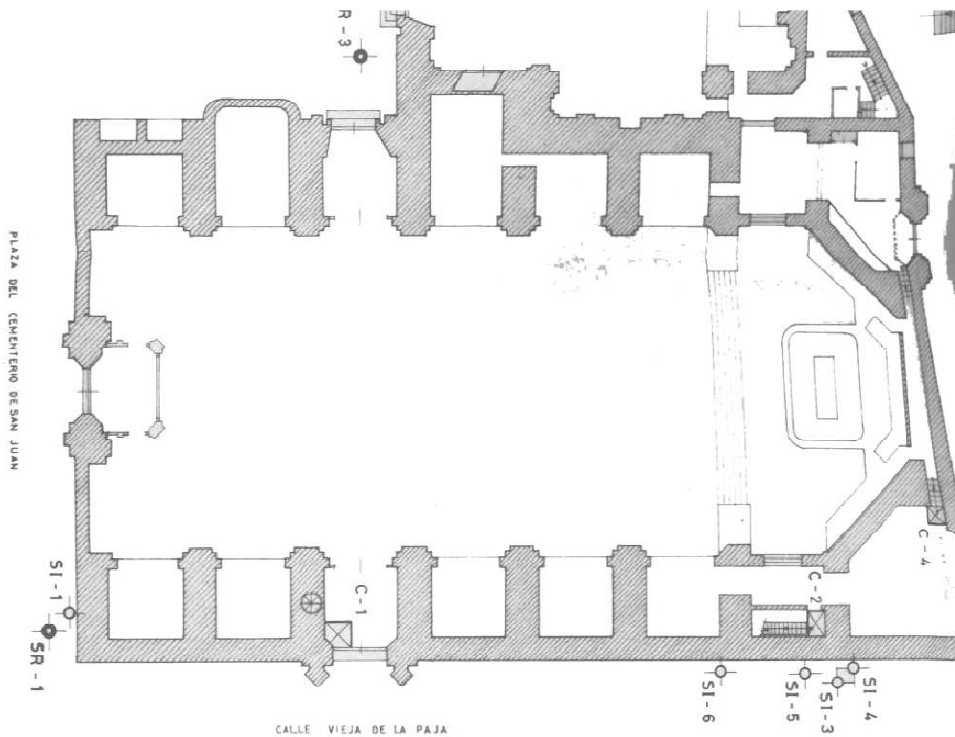
Se redacta en marzo de 1986 y supone uno de los primeros documentos gráficos completos de la iglesia. Realiza un informe patológico y geotécnico que sirven como base en la propuesta de las intervenciones a realizar en los Santos Juanes:

- Reconocimiento geotécnico del subsuelo a base de tres sondeos mecánicos con extracción de muestras para el análisis de laboratorio.
- Estudio de las cimentaciones mediante cuatro catas y seis sondeos inclinados.
- Reconocimiento visual de los muros y fachadas
- Colocación de quince testigos de escayola para el estudio de las grietas.
- Testigos en el interior del templo para analizar la obra barroca y gótica y diez extracciones *in situ* de los muros para determinar sus características.
- Comprobación del aplomado de los muros de fachada y campanario.
- Reconocimiento visual y la ejecución de cuatro catas para comprobar el estado de la bóveda y arcos.

Una de las partes más importantes estudiadas por Estellés es la cimentación. En la lectura del proyecto se aprecia la realización de unas catas de los cimientos, descritos de la siguiente forma:

“Los cimientos están constituidos por un hormigón ciclópeo confeccionado con mortero de cal, zahorra y ripio muy desigual de tamaño, llegando en casos a configurarse como una mampostería hormigonada”

“En la calle de la Paja, en la cata C-1 aparecía (en la jambaizquierda), un dado de sillería de 0,62 metros de espesor, sobre una placa de piedra tosca; más abajo aparecía la mampostería hormigonada.” (Estellés Ceba 1986)



02.57. Puntos de Inspección donde se realizaron las catas (Estellés Ceba 1986).

El apoyo de estos cimientos oscila entre -1,60 metros y -4 metros sobre un terreno de limos situados en el segundo sustrato. Para un mayor conocimiento de estos datos, el arquitecto realizó un estudio del terreno, pudiendo consultar cualquier dato con mayor detalle en el anexo 1.

II. Estudio Histórico-Constructivo.



02.58. Cimentación de la Jamba Izq de la Puerta de la C/ el Peso de la Paja I (Estellés Ceba 1986).



02.59. Cimentación de la Jamba Izq de la Puerta de la C/ el Peso de la Paja II (Estellés Ceba 1986).

Los resultados de los sondeos realizados al respecto hablan de una cimentación de hormigón ciclópeo con áridos de areniscas calcáreas y calizas, además de algunos cascotes de ladrillo cerámico, mortero de cal y arena.

En cuanto al estudio de muros y fábricas, elementos con la función de sustento y protección del edificio del exterior, Estellés los analiza de forma diferenciada, como consecuencia de la distinta naturaleza de los muros que

existen en el edificio. Se obtienen dos tipos de composición, los pertenecientes a las fachadas de la nave central y los que delimitan la capilla de la Comunión.



02.60. Detalle de un testigo realizados en los muros interiores (Estellés Ceba 1986).

En este caso, el estudio se centra en la extracción de 10 testigos *in situ* mediante una máquina de Soil-Testing eléctrica. En relación a la iglesia primitiva, sus muros se definen por:

“Muros cumplidos de tizón, compuesto por dos paramentos aparejados con sillarejo de piedra tosca de 20x20x20 centímetros con abundantes perpiñones dispuestos para trabar con el núcleo central del muro, macizado por un hormigón de cal grasa, como aglomerante, y zahorras y trozos de tosca o ladrillo como áridos.” (Estellés Ceba 1986)

De forma similar analiza las cubiertas del templo mostrando la existencia de una cubierta original bajo la inclinada actual. Respecto a la original, no queda constancia de ningún documento en el que se especifique la fecha concreta de su construcción, pero por sus características se puede situar en el siglo XII-XIV. Estellés lo define como:

“Una terraza embaldosada con un ladrillo 14x29x4 centímetros sobre hormigón de cal que rellenaba los enjuntas de las bóvedas de crucería.” (Estellés Ceba 1986)

II. Estudio Histórico-Constructivo.



La cata nos muestra la existencia de un pavimento patinado sobre los que se construyeron los tabiquillos conejeros de la actual cubierta.

02.61. Detalle catas de la cubierta de la Iglesia de los Santos Juanes (Estellés Ceba 1986).

Para la recogida de aguas, se adopta la solución de una canalización formada por piezas de piedra caliza solapadas, que conducen el agua al canalón existente en la parte alta de los contrafuertes, desembocando en las gárgolas visibles en las fachadas.

El último de los elementos constructivos relevantes para investigación estudiados por Estellés, es la "O" de San Juan. Su importancia se debe al desconocimiento que se tiene de su configuración original. Una de las hipótesis que se plantean es que podría haber sido un rosetón gótico inicialmente, tapiado siglos después.

Sin embargo, los resultados obtenidos de las catas realizadas por el arquitecto apuntan lo contrario. Relata que no aparecen restos en el galce situado en el centro de las dovelas para recibir la retícula de las nervaduras (Estellés Ceba 1986).



02.62. Detalle de la roza del óculo central (Estellés Ceba 1986).

De forma general Estellés realiza un estudio patológico de todo el templo, indicando que no existen lesiones importantes que pongan en peligro la estabilidad de la iglesia.

En cuanto a los desplomes, resalta el abombamiento de la fachada de la Plaza del Cementerio. Este abombamiento representa un desplome del 0,2 % y corrobora que no afecta a la estructura del campanario.

Se refiere también de forma detallada a la torre del campanario y la torre del reloj. La primera de ellas se encuentra en buen estado desde el punto de vista estructural pero no el remate o la terminación ni el entramado de madera sustentante del capullín.

La torre del Reloj, debido a la solución que se adoptó para el arranque del cuerpo superior, ha provocado acusados asientos diferenciales.

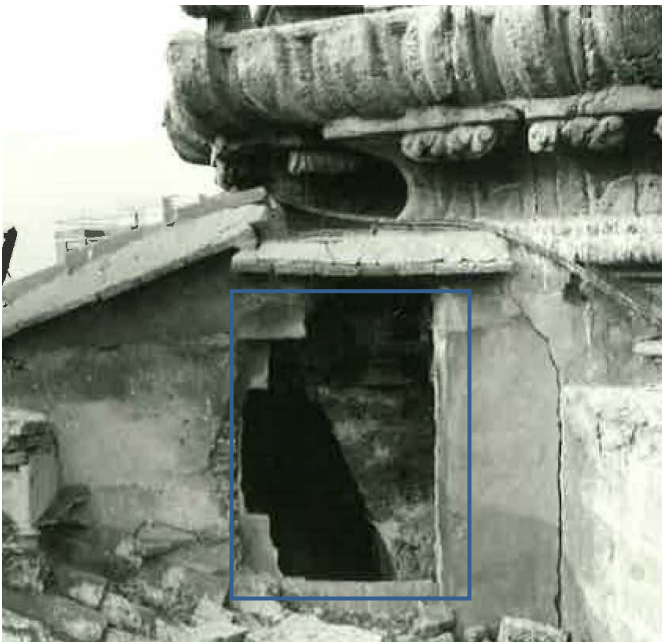
La última de las intervenciones que realiza el arquitecto implica la reforma de la fachada de la Plaza del Mercado. En ella se trabaja principalmente sobre la piedra, mediante análisis y ensayos realizados, obteniendo la definición de los sillares que componen tanto la fachada como la torre.

II. Estudio Histórico-Constructivo.



02.63. Proceso de numeración para el desmontaje de la torre del reloj (Piqueras Tejedor 1996).

Pero si duda la parte más interesante de la intervención corresponde al desmontaje de la torre del reloj al completo, piedra a piedra, con el fin de afianzarla y eliminar los problemas estructurales de los muros que la soportan.



La imagen muestra las ménsulas de apoyo que se realizaron como soporte de la torre del reloj.

02.64. Detalle apoyo torre del reloj (Estellés Ceba 1986).

Este análisis temporal nos muestra que los Santos Juanes es una iglesia cargada de historia, con numerosos elementos iconográficos, una estructura oculta de su anterior gótico y un guiño a la imaginación de un templo que tuvo un pasado del que seguro desconocemos aún muchas cosas y un presente que ha llegado hasta nuestros días bastante castigado.

II.10. CRONOLOGÍA CONSTRUCTIVA

A continuación se relacionan cronológicamente todos los hechos históricos que acontecieron y afectaron al templo en mayor o menor medida.

S.XIII	
1240	El obispo de Valencia concede a Pedro Balaguer una mezquita en la calle San Juan de la Boadella.
1245	Se cita documentalmente la iglesia como parroquia
S.XIV	
1311	Gil dice que a través de un incendio que ha ocurrido se manda reedificar.
1311	Se funda la iglesia aunque Teixidor duda de si es constructivamente la Parroquial
1358	Documento que dicen que se está trabajando, se reedifica la iglesia por el incendio.
1368	Incendio Comienzan de nuevo los cimientos
1396	Terremoto en la ciudad de Valencia
S.XV	
	Se acomete la urbanización del barrio Teixidor dice que documentalmente en esa fecha se está construyéndola fábrica
1410	Gil documenta que en la iglesia se celebra el primer sermón que San Vicente Ferrer dio en esta ciudad
1423	El Conde de Parcent regaló las barandillas de broce que cierran el presbiterio fabricadas en Toledo en 1423 por Francisco Rodríguez.
1432	Se produce un vendaval en la ciudad Se contrata a Pere Pons para la construcción de uno de los órganos de la parroquia
1470	
1488	Se renuevan los órganos a cargo de Johan Spins del Voguer.
S.XVI	
1581	Grandes lluvias afectan a la ciudad ocasionando graves consecuencias
1585	Cock reseña como la O de San Juan Posible construcción del templo
1592	Se incendió otra vez y se quemó el testero y retablo de la Capilla Mayor

S.XVII	
1603	<p>Mosén Porcar afirma que se han abierto los cimientos ocupando media calle más que los antiguos teniendo que pedir una licencia a los jurados de la ciudad</p> <p>La licencia se concede para la construcción dels porchets</p> <p>Empiezan la cimentación de San Juan del Mercado saliendo más que los antiguos</p> <p>Se coloca la primera piedra de la cabecera por el arzobispo Juan de Ribera</p>
1608	<p>Se termina la obra y se traslada el Santísimo Sacramento al altar mayor.</p>
1608-1609	<p>Se concluyen las obras más importantes.</p> <p>Contrafuertes y arcos de refuerzo se ocultaron con una sencilla severa galería de huecos rectangulares en fachada calle mercado agrupados de dos en dos en la lateral</p>
1625	<p>Las hipótesis apuntan a que en esta fecha l primer cuerpo del campanario ya está construido</p>
1628	<p>Termina el retablo mayor del templo por el maestro Miguel de Orliens</p> <p>Se termina el altar mayor consagrada por Isidoro Aliaga</p> <p>Se determina construir el retablo mayor por Juan Miguel Orliens</p> <p>Se consagra el altar mayor por el Arzobispo Isidoro Aliaga</p>
1643-1653	<p>Se construyó la capilla de la comunión</p>
1644	<p>Se coloca la primera capilla de la comunión por el arzobispo Fray Isidoro Aliaga</p> <p>Quedan concluidas las obras de la capilla de la comunión</p>
1653	<p>Se inaugura con el traslado del Santísimo Sacramento</p>
1693	<p>Pintura de la Capilla de la Comunión a cargo de Vicente y Eugenio Guilló</p>
1693	<p>Se determina eliminar todos los altares existentes en las capillas adecuando al nuevo estilo barroco de la iglesia</p>
1695	<p>Se realizan trabajos de acondicionamiento de tribunas realizados por Isidoro Benedito.</p>
1698	<p>Pintura de los cuadros de la Capilla de la Comunión a cargo de Vicentey Eugenio Guilló</p>
1699	<p>D. Antonio Palomino sigue con los trabajos de pintura de la Capilla de la Comunión.</p>

II. Estudio Histórico-Constructivo.

S.XVIII	
1700	<p>Se decide ornamentar el exterior de la iglesia, las fachadas, con las estatuas de San Francisco de Borja y San Juan Bautista</p> <p>Se construye un púlpito nuevo a cargo del canónigo Potons.</p> <p>Cerrajero Manuel Ribes cobra por el trabajo realizado en las balconadas</p> <p>Se pinta la bóveda de la Capilla de la Comunión y los lunetos existentes.</p> <p>Se entrega dinero al albañil Vicente García por los trabajos realizados de estuco y talla.</p> <p>Construcción de las puertas, gradas y casillas.</p>
1701	<p>Se construye el águila y la esfera de la fachada de la calle del Mercado por Antonio Almela y Gregorio Ucell</p>
1702	<p>Se termina la intervención barroca de la iglesia.</p> <p>Se construyen las rejas para la puerta del coro</p> <p>Construcción de la calle de la Paja es encargó el cantero Domingo Laviesca y su dirección corrió a cargo del sobrestante Gil Torralba</p> <p>Concluyen trabajos de la fachada principal</p> <p>Antonio Palomino pintor interior de la iglesia</p>
1713	<p>Se solicita en M.I Ciudad permiso para continuar la galería hasta la esquina de la calle Eixarchs, quitar las escaleras y cerrarla toda la baranda, abriendo una nueva escalera con puerta de hierro frente a la Calle de Cordellats</p>
1714	<p>En la fachada de la calle del Mercado se pone el suelo de piedra y la Barandilla realizándose un refuerzo de las piedras utilizadas para este suelo con presas de hierro plumadas</p>
1718	<p>Se fabrica el camarín de la capilla de la Virgen de los Desamparados</p>
1748	<p>Terremoto en la ciudad de Valencia</p>
1774	<p>Martín Dualde pinta el trasagrario de la capilla de la Comunión</p>
1777	<p>Se fabrican las rejas a cargo del maestro cerrajero Francisco Castañ</p>
1778	<p>Se inaugura los trabajos de Martin Dualde</p>
1782	<p>D. José Vergara firma un proyecto-informe de pintura de la capilla de la Comunión</p> <p>Se paga la madera a Joseph Gascó utilizada para la construcción de los armarios y otros menesteres de la iglesia.</p>
1784	<p>Se inauguran los trabajos realizados por D. José Vergara</p>
1789	<p>Se derriba la antigua balaustrada por la actual de hierro.</p>
1788	<p>Se desmonta la campana grande</p>
1799	<p>Reparación de la campana de "los comulgadores"</p>

S.XIX	
1802	Juan Marzo realiza la obra de mármol del Trascoro.
1807	Figura como arquitecto de la iglesia D.Vicente Marzo y Sanz quien permanece en dicho cargo hasta finales de 1816,
1808	Bombardeo en la ciudad por los franceses ocasionando daños en los edificios más importantes.
1817	Comienzan los trabajos de mantenimiento a cargo del arquitecto D. Mariano Cabrera.
1849	Se cambia el pavimento y se buscan recursos perdurables
1850	Se cambia la piedra del coro, ésta procedente de Sevilla
1865	Determinan restaura la pintura de la iglesia y estuco del altar mayor encargado a D. Luis López
1865	Restauración del dorado del Altar Mayor a cargo de D. Gaspar Herrero.
1866	Queda terminada la obra de restauración de pintura y estuco del altar mayor.
1873	Queda terminada la obra de restauración del dorado del altar mayor.
1889	Se cambia el pavimento de los escalones del presbiterio por mármol de blanco y negro.
S.XX	
1902	Se lleva a cabo una intervención en la fachada de la Capilla de la Comunión recayente a la plaza del Mercado, la cornisa y la apertura de un pequeño vano.
1903	El arquitecto D. José Camana solicita permiso para poner ¹² ventanas en la fachada de la Plaza del Mercado
1936	Se quema una parte de la iglesia de los Santos Juanes
1936	Informe al ayuntamiento de Valencia que informa del mal estado de conservación de las fachadas de la iglesia.
1939	Se tapan los huecos producidos por el vandalismo y se acristalan todas las ventanas
1942	Se reponen las campanas
1943	Realiza un informe D. Luis Roig Alós sobre el estado de las pinturas y posible restauración
1944	2 Figuras de Acólito Cepillo Reconstrucción
1946	Restaura las pinturas de la Capilla de la Comunión D. Juan Luis Roig Alós.
1947	Se realiza la imagen de San Antonio de Abad
1947	Se terminan los trabajos de restauración de la pintura de la capilla de la Comunión.

II. Estudio Histórico-Constructivo.

- 1947 El Ministerio de Educación Nacional declaró el edificio del Templo Monumento Histórico Artístico.
- 1954 Se pide la Organismo "Regiones Devastadas" que se proceda a la urgente consolidación, reconstrucción y restauración de esta Real Parroquia.
- 1954 Se bendice la nueva Pila Bautismal
- 1958 La dirección General de Bellas Artes encarga a D. Ramón Guidol la restauración de las pinturas de Palomino.
- 1960 Empieza la restauración de las pinturas.
- 1960 Se construye la verja del altar de San Antonio de Padua por Vicente Chillida
- 1962 Se coloca el mármol jaspe negro
- 1964 Contrato entre el Párroco y la empresa COYDRA S.A., a quién se confió la obra de la conservación de la estructura, bajo la dirección técnica del arquitecto D. Juan Segura Lago.
- 1965 El presbiterio se restaura por el marmolista Salvador Aranda
- 1967 Se procede a su restauración
- 1968 M. Nacher hace un "Proyecto de Decoración (planta y alzado) de los muros del presbiterio"
- 1969 El tallista Francisco Orts restaura los frentes de siete de las capillas laterales.
- 1980 Se realiza un encargo de proyecto
- 1982 Revisado por esta Inspección Técnica el Proyecto de Restauración Parcial de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia, encontramos que falta documentación, alzados, etc.
- 1984 Estudio previo de Intervención de D. Juan José Estellés.
- 1986 Proyecto de Intervención de D. Juan José Estellés.
- 1987 Proyecto de reparación y restauración de cubiertas I- Fase en la iglesia de los Santos Juanes
- 1989 Talla realizada de Cristo de los Afligidos.
- 1992 Proyecto en la puerta de la calle Vieja de la Paja y donde habrá una posterior fase de intervención en la fachada de la Torre del Reloj
- 1996 Restauración de la Torre del Reloj y fachada de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia por José Ramón Tormo Illanes

III.

ADSCRIPCIÓN
TIPOLOGICA



III. Adscripción Tipológica

III.1. IGLESIAS DE LA RECONQUISTA

Para poder entender las características de la Iglesia de los Santos Juanes, es conveniente en primer lugar analizar el origen de este tipo de iglesias erigidas tras la reconquista.

Esta premisa nos remite a la tesis doctoral de Arturo Zaragozá y a las numerosas publicaciones que tiene al respecto. En ellas engloba a este tipo de iglesias bajo el nombre de *arquitectura gótica mediterránea*. De entre las particularidades que presentan, la más significativa es su definición constructiva, representada por los arcos diafragmas.



La imagen muestra el concepto de diafragma a través de una maqueta que representa la construcción de una iglesia gótica. De abajo arriba, en los dos primeros pórticos se puede observar la diferencia entre los arcos fajones y los diafragmas. El tercer pórtico representa el fajón aún sin diafragma.

03.1. Maqueta de la construcción de la Iglesia Parroquial de Olocau II ⁹¹.

Estas iglesias suponen el momento arquitectónico más longevo de la arquitectura medieval valenciana, pero no el episodio constructivo más atrevido y resplandeciente. Muchos de los edificios construidos se encuentran mutilados, enmascarados o transformados (Zaragozá Catalán 1990, p. Prólogo).

⁹¹ Imagen de María Luisa Navarro realizada en la exposición "Arquitectura 0" en Castellón en el año 2008.

Si se analiza como propone Zaragozá el origen etimológico de la palabra *diaphragma* (Zaragozá Catalán 1990), encontramos una definición que caracteriza fielmente la función sustentante que tenían estos elementos constructivos en los edificios góticos de la vertiente mediterránea.

"Etimológicamente la voz diafragma viene del griego "diaphragma" que significa separación, barrera, obstrucción." (Llopis Pulido 2014, p. 171)



03.2. Iglesia de San Félix de Xàtiva (Zaragozá Catalán y Mira 2003).

La arquitectura de arcos diafragma se define por la construcción de una serie de arcos de fábrica, dispuestos de forma transversal respecto al eje mayor del edificio, equidistantes entre sí y capaces de soportar la techumbre, normalmente de madera (Zaragozá Catalán 1990).

Su origen se ubica temporalmente a finales del s.XII, concretamente en los países del mediterráneo. Esta tipología constructiva va asociada en un principio a edificios de nave única y a la ausencia de adornos en el interior, definiendo lo que se conoce como gótico meridional (Zaragozá Catalán 1990).

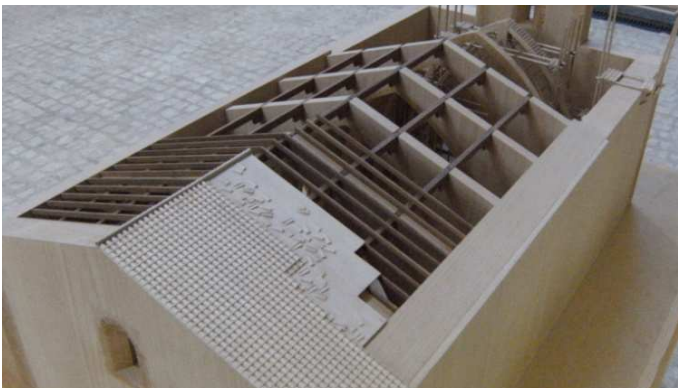
Su austeridad se debe principalmente a su localización. Situados en países caracterizados por un bosque débil y pobre, la mayor parte de la madera que se extraía iba dedicada a la fabricación naval. Por eso interiormente se obviaba el artesanado o la decoración y el uso de la madera era el estrictamente necesario para su construcción.

III. Adscripción Tipológica



En la figura adjunta se puede apreciar la construcción de la techumbre de madera.

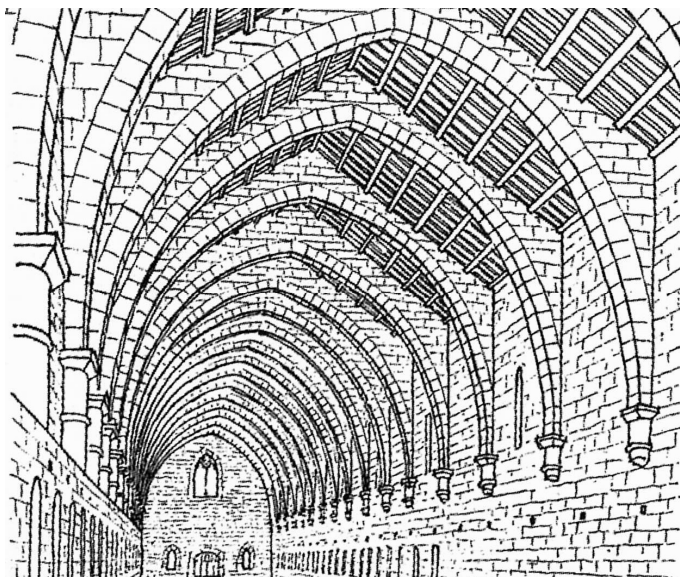
03.3. Convento de San Francisco de Morella (Zaragozá Catalán y Mira 2003).



03.4. Maqueta de la construcción de la Iglesia Parroquial de Olocau⁹².

⁹² Imagen de María Luisa Navarro realizada en la exposición "Arquitectura 0" en Castellón en el año 2008.

Los primeros ejemplos son las abadías cistercienses y su utilización fue para cubrir dependencias de los monasterios.



03.5. Dormitorio de los monjes del monasterio cirtense de Santa María de Poblet (Zaragozá Catalán y Mira 2003).

La validez del sistema es una prueba de la pervivencia a través de los siglos y en lugares diferenciados geográficamente. Como indica Zaragozá:

"El sistema constructivo de arcos de diafragma sobrepasó, en alguna ocasión, el ámbito mediterráneo. En la edad Media se utilizó, con menos fortuna que en la Corona de Aragón, en Castilla y Galicia... En algún caso puntual salto a América. En España siguió empleándose como oculto sistema estructural."
(Zaragozá Catalán y Mira 2003)

Pero no sólo se utilizaron en el ámbito religioso, también en edificios destinados a hospitales, viviendas, hornos o "flecas", molinos, etc. (Zaragozá Catalán 1990). Sin embargo, se conservan muchos más referentes de la

III. Adscripción Tipológica

arquitectura religiosa que de la civil, debido principalmente al respeto a lo sagrado y la riqueza artística que contenían.



03.6. Vivienda Popular en Rodas (Zaragozá Catalán y Mira 2003).

Este sistema fue el empleado habitualmente tras la reconquista. Se trata de un sistema de fácil montaje si se compara con los sistemas abovedados. El cual ofrece una serie de ventajas y desventajas que Zaragozá relata en el primer capítulo de su tesis:

"Otras ventajas han sido frecuentemente señaladas; la rapidez de montaje y la ligereza respecto a los sistemas abovedados. Respecto a las cubiertas de madera sin arcos aumenta la estabilidad de las fábricas al atar los muros perimetrales, de trecho en trecho, con los arcos diafragmas... Dota a la nave de mayor monumentalidad y profundidad, ya que éstas son producidas por la sucesión de muros perforados por los arcos. Puede, incluso, construirse como solución provisional a la espera de dotar con bóvedas de fábrica al edificio. En tal caso, las bóvedas pueden realizarse, de forma cómoda, a cubierto, teniendo únicamente la previsión de suplementar los arcos diafragma con contrafuertes que contrarresten los futuros empujes. Las desventajas del sistema son obvias; el menor gasto de madera en los lugares donde ésta es

barata y la menor solidez y durabilidad de los edificios respecto a los sistemas abovedados." (Zaragozá Catalán 1990)

Este mismo hecho ocurre en la catedral de Valencia. Tal y como refiere Llopis en su tesis doctoral:

"... la catedral de Valencia responde a un sistema híbrido⁹³, como resultado de transformaciones, recogiendo la estabilidad de la fábrica "trecho a trecho"⁹⁴ por medio de los arcos diafragmáticos, convirtiendo la desventaja de falta de solidez y durabilidad de los forjados de madera gracias a la utilización del sistema abovedado. Se trataría de un sistema híbrido que aunase lo mejor de los dos sistemas." (Llopis Pulido 2014)



03.7. Sistema abovedado del interior de la catedral de Valencia (Llopis Pulido 2014).

⁹³ Terminología empleada en la tesis de V. Llopis para hablar del esquema basado en la unión entre el sistema diafragmático y el abovedado.

⁹⁴ Terminología empleada por Zaragoza en sus tesis, refiriéndose a la rigidez que proporciona la sucesión de los diafragmas al actuar como elementos de atado de los muros perimetrales.

III. Adscripción Tipológica

Esta situación se repite en la Iglesia de los Santos Juanes. Su configuración actual se compone de un sistema híbrido escondido sobre la bóveda barroca. Sin embargo, no se sabe con exactitud si esa es su configuración original o bien en algún momento tuvo una techumbre de madera.

A través de las aportaciones documentales y de las catas extraídas por Estellés se corrobora que no existe ningún vestigio de la existencia de una techumbre de madera. Por ello, si existió, tal vez desapareció en alguno de los incendios que afectaron al templo.

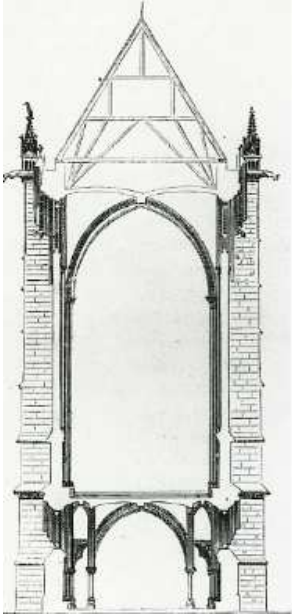


Sistema abovedado de los Santos Juanes sobre los nervios góticos.

03.8. Sistema abovedado del interior de los Santos Juanes (Almargo Gorbea et al. 2012)

Pero el interés de esta tipología constructiva se debe al contraste de las mediterráneas con sus contemporáneas góticas del resto de Europa, caracterizadas por una ligereza estructural.

Ejemplos son la Saint Chapelle o la catedral de Notre Dame en París, entre muchos otros. Son edificios funcionalmente iguales, temporalmente coetáneos, pero constructivamente totalmente distintos.



03.9. Vistas interiores y sección transversal de Saint Chapelle ⁹⁷ .

⁹⁷ Imágenes de la web: <http://www.patheos.com> y <https://www.studyblue.com>.

III. Adscripción Tipológica



En la figura se pueden observar los elementos típicos del gótico. Se caracteriza por una pronunciada verticalidad materializada por el arco ojival reduciendo los empujes. Entre ellos se disponen bóvedas de crucería que permiten concentrar las cargas gravitatorias en cuatro puntos.

03.10. Esquema estructural del gótico Centroeuropeo (Llopis Pulido 2014).



Sistema diafragmático de la iglesia de los Santos Juanes.

03.11. Sistema estructural de los Santos Juanes. Autor (2015).

Estas iglesias y catedrales góticas centroeuropeas basaban su diseño en el principio de estabilidad. Un concepto de estabilidad llevado al límite, de esqueletos distintos a los pasados románicos, ligeros y centrados en eximir de responsabilidad a los muros resistentes con la finalidad de abrir grandes vidrieras por donde penetrase la luz.



03.12. Interior de la catedral de Notre Dame ⁹⁹.

⁹⁹ Imagen de <http://www.pasaporteblog.com/notre-dame-catedral-paris/>

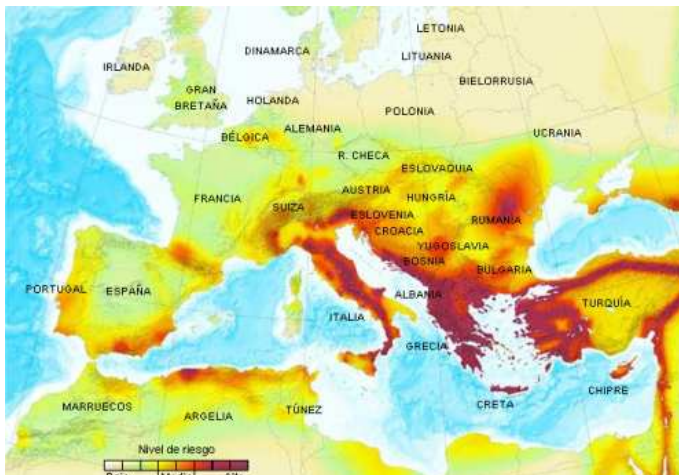
III. Adscripción Tipológica

III.2. LA RESPUESTA AL SISMO

Después de analizar las características de estas iglesias, se nos plantean ciertas cuestiones aún no resueltas: ¿Por qué existe una diferencia notable entre estos templos y sus contemporáneos del resto de Europa? ¿Por qué las catedrales de la zona mediterránea son oscuras en comparación con la Sainte Chapelle, la catedral de León o la catedral de Notre Dame?

Se han propuesto diversas explicaciones como justificación a las dos vertientes que se desarrollaron: defensivas, económicas, estructurales, etc.

Según apunta Cassinello, la principal razón es la estrecha relación que existe entre el mapa sísmico de Europa y la construcción de un estilo gótico común.



03.13. Mapa sísmico de Europa¹⁰⁰.

Las dramáticas experiencias vividas por los habitantes de cada zona, les lleva a aproximarse a construcciones basadas en tipologías que habían resultado estables hasta el momento. Pues comprendían, aunque sin la definición actual, que en ocasiones la tierra temblaba (Cassinello Plaza 2005b, p. 249).

¹⁰⁰ Imagen de <https://imageshack.com/f/9friesgossmicoeuropaj>. 12/09/2015

Esta es la razón que justifica las particularidades de la Iglesia de los Santos Juanes en relación a sus proporciones y a la masividad que presenta su estructura. Una estructura pétreo formada por diafragmas que arriostran el conjunto frente a movimientos de tierra, oculta bajo la transformación barroca.

Su comportamiento es comparable a la respuesta de una caja cerrada ¹⁰¹.

Los estudios realizados por Cassinello son concluyentes. Lo explica de la siguiente forma:

"Por esta razón, y aunque no ha sido teniendo en cuenta hasta la fecha, en España existen dos tipos estructurales claramente diferenciados, el construido en las catedrales de Castilla y Galicia que siguen el modelo francés, como las catedrales de León o de Burgos que corresponden a zonas de baja sismicidad, y otro tipo construido en Andalucía y Cataluña, zonas donde tal y como demuestran los datos sísmicos históricos, los maestros medievales fueron conscientes de la necesidad de modificar sus esqueletos pétreos en pro de la estabilidad frente a los posibles temblores de tierra."
(Cassinello Plaza 2005a, p. 249)

Los clasifica como esqueletos enjutados o no enjutados (Cassinello Plaza 2004, p. 13), en función del elemento diafragma al que llama "enjuta". Según el grado de enjuntamiento los diferencia entre grupo A y grupo B.

Tal y como se aprecia en la figura 03.14, los del tipo A son aquellos compuestos por cubiertas inclinadas que tienen enjutas en arcos formeros, en los arcos fajones del crucero y en los arcos que delimitan el templo. En el grupo B engloba aquellos con cubiertas aterrazadas que presentan enjutas tanto en formeros como en fajones. (La iglesia de los Santos Juanes se clasifica como B-III-CI- NO ARBOTANTES).

¹⁰¹ Nota: El concepto de caja cerrada lo define Llopis en su tesis doctoral para referirse al comportamiento estructural de la catedral.

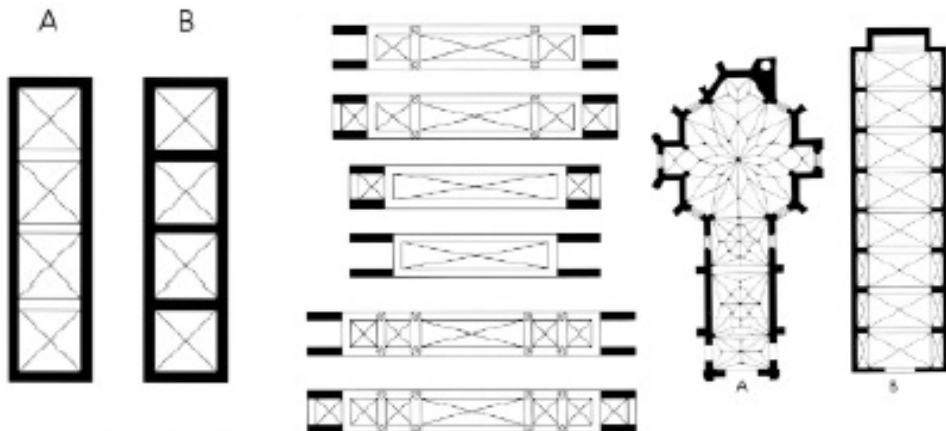
III. Adscripción Tipológica

CATEDRALES GÓTICAS ESPAÑOLAS TIPOS ESTRUCTURALES			
GRADO ENJUTAMIENTO NAVE CENTRAL	TIPO	NAVES Nº / RH	SISTEMA DE CONTRARRESTO POSICIÓN
A FORMERAS CUBIERTA INCLINADA	I	1	CI – NO ARBOTANTES
	II	3 / hHh	CE – ARBOTANTES
	III	3 / HHH	CE – NO ARBOTANTES
	IV	5 / hhHhh	CE- ARBOTANTES
B FORMERAS Y FAJONAS CUBIERTA ATERRAZADA	I	1	CI – NO ARBOTANTES
	II	3 / HHH	CI – NO ARBOTANTES *
	III	3 / hHh	CI – NO ARBOTANTES*
	IV	5 / hhHhh	CI – ARBOTANTES
CI – Contrafuertes interiores hHh – Tres naves de mayor altura la central * Existen algunos casos con arbotantes		CE – Contrafuertes exteriores HHH- Tres naves a la misma altura	

La iglesia de los Santos Juanes se clasifica como B-III-CI- NO ARBOTANTES

03.14. Tipos estructurales de las catedrales góticas españolas (Cassinello Plaza 2005b).

Dentro de ellos también hace una distinción en función del número de naves, su altura y la posición interior o exterior de arbotantes.



03.15. Esqueletos pétreos propuestos por Cassinello para las catedrales góticas españolas (Cassinello Plaza 2005b).

Las hipótesis planteadas por Cassinello recogen las conclusiones de un estudio exhaustivo en referencia a las distintas catedrales góticas del territorio español. Existen estudios analíticos que corroboraran lo planteado por Cassinello.

El primer estudio realizado al efecto es el elaborado por Llopis en su tesis doctoral sobre la Catedral de Valencia. En él se comprueba la validez de los planteamientos de Cassinello y se responde a las cuestiones constructivas planteadas por Zaragoza.

En la tesis analiza las distintas particularidades que tiene la catedral frente a sismo, tomando en consideración el efecto o no de los elementos diafragmáticos. Los resultados son concluyentes y serán el inicio de una nueva línea de investigación dentro de la que se incluye esta tesis:

"Podríamos decir que la estructura de la Catedral de Valencia no es gótica, presenta un sistema estructural diafragmático enmascarado por el sistema de bóvedas. Se trata de un "sistema híbrido" que adapta lo mejor de las dos tipologías constructivas. Por un lado el abovedamiento que permite configurar un espacio con un mismo estilo, el gótico. Por otro lado los arcos fajones se convierten en diafragmas que garantizan la continuidad con los contrafuertes y generan una estructura muraria que arriestra transversalmente. Un entramado de muros ortogonales que configuran la forma que mejor responde frente a movimientos sísmicos." (Llopis Pulido 2014)

De entre los elementos constructivos que analiza en su tesis Llopis, es interesante el estudio que realiza de las bóvedas de crucería de la catedral de Valencia (Llopis Pulido 2014). Estas bóvedas, semejantes a las de la iglesia de los Santos Juanes, se forman a partir de la intersección de dos bóvedas de cañón apuntado.

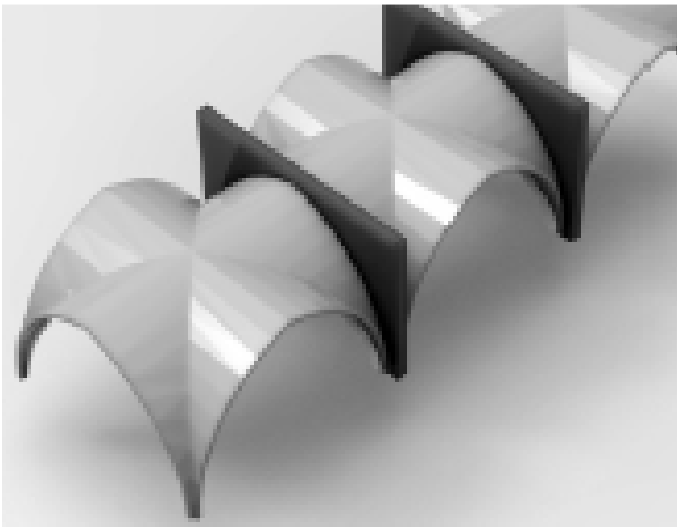
En sus aristas se concentran las tensiones como consecuencia de la pérdida de continuidad de su curvatura. Estas discontinuidades tienen que ser reforzadas por medio de los nervios.

III. Adscripción Tipológica



03.16. Esquema estructural de las bóvedas de la nave central de la catedral de Valencia (Llopis Pulido 2014).

Entonces, ¿por qué tanto en la Catedral como en los Santos Juanes se disponen unos elementos tan potentes de forma transversal?



03.17. Esquema las bóvedas con diafragma de la nave central de la catedral de Valencia (Llopis Pulido 2014).

La respuesta a la pregunta se debe a que estos elementos tienen la función de soportar los esfuerzos horizontales de sismo. Su construcción fue prevista en estos edificios con el fin de mejorar el comportamiento estructural frente a esfuerzos dinámicos.

Estos hechos muestran el gran conocimiento que tenían los maestros de obra de aquel entonces..

III.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LOS SANTOS JUANES

La concreción de una forma en planta determinada viene condicionada por unas necesidades funcionales o de habilidad, la *utilitas* albertiana. Sin embargo esta *utilitas* no sería posible sin una construcción que la respalde y unos materiales adecuados que ofrezcan la robustez necesaria, *FIRMITAS*^{102 103}, para transmitir los esfuerzos a los que están solicitados al terreno (Galarza Tortajada 1990).

La importancia que tiene la estructura en este edificio y para esta investigación, hace imprescindible analizar de forma precisa todos los elementos que la definen, así como sus particularidades.

El templo está compuesto por siete pares de contrafuertes, con un espesor de 1,50 metros y unas dimensiones longitudinales de aproximadamente 5,20 m.

Estellés elabora un croquis distinguiendo claramente los elementos constructivos del conjunto. Esta imagen ha favorecido la comprensión completa del edificio.

Pero si comparamos los Santos Juanes con el resto de edificios del gótico mediterráneo, hemos de analizar una particularidad que tiene este templo con respecto a algunos de sus coetáneos. La masividad con la que se construye en San Juan, nada tiene que ver con la aliviada estructura exterior con la que responden la catedral de Valencia, Sevilla o Tortosa. La visión aligerada que proporcionan sus arbotantes además permite el recorrido alrededor de la cubierta. Sin embargo, aunque en nuestro caso el recorrido exterior está

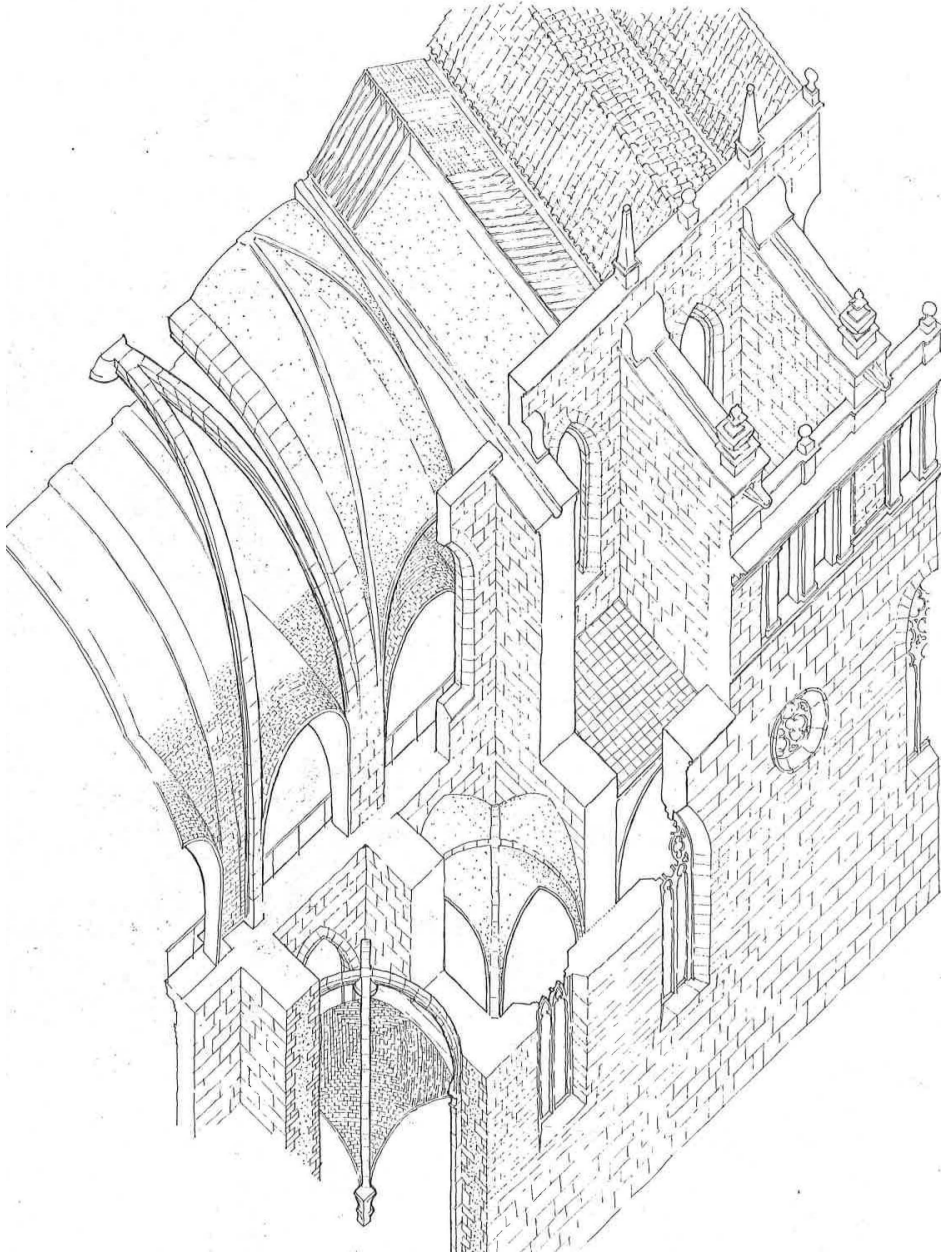
¹⁰² Vitruvius, M., S.I, Libro I Cap. III. En la biblioteca del Colegio del Patriarca se encuentra el "Livre d'Architecture" de J.A. du Cercean, un Vitrubio editado en Perusa en 1.536 y tratado de Juan Bautista de Villalpando de 1.596. Ello supone en Juan de Ribera el deseo de estar bien informado de las corrientes clasicistas de la arquitectura.

¹⁰³ Firmitas: Todo edificio debe ser firme, imparable, mantener ante cualquier desavenencia mandada por la Naturaleza, su entereza, su solidez.

- Utilitas: Es la funcionalidad que debe tener cada edificio según su uso.

III. Adscripción Tipológica

asegurado, las dimensiones de los estrangulados pasos a través de los contrafuertes, muestra un sistema sustentante mucho más rígido.



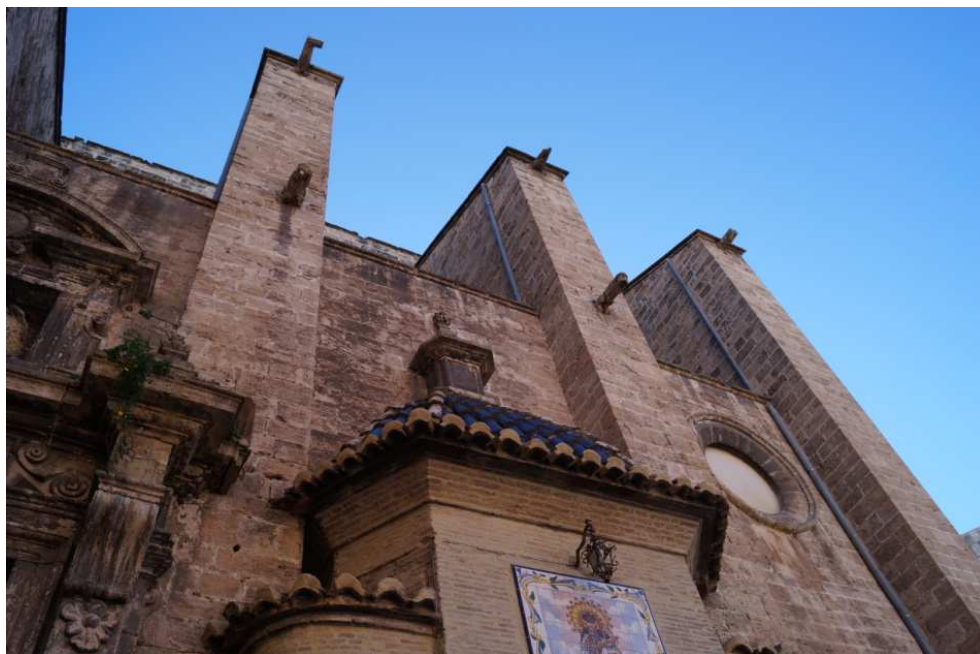
03.18. Boceto de los Santos Juanes realizado por Estellés (Estellés Ceba 1986).

La Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia: Análisis Constructivo y Estructural

En las imágenes puede apreciarse la diferencia entre los arbotantes de la catedral de Tortosa y los contrafuertes de los Santos Juanes.



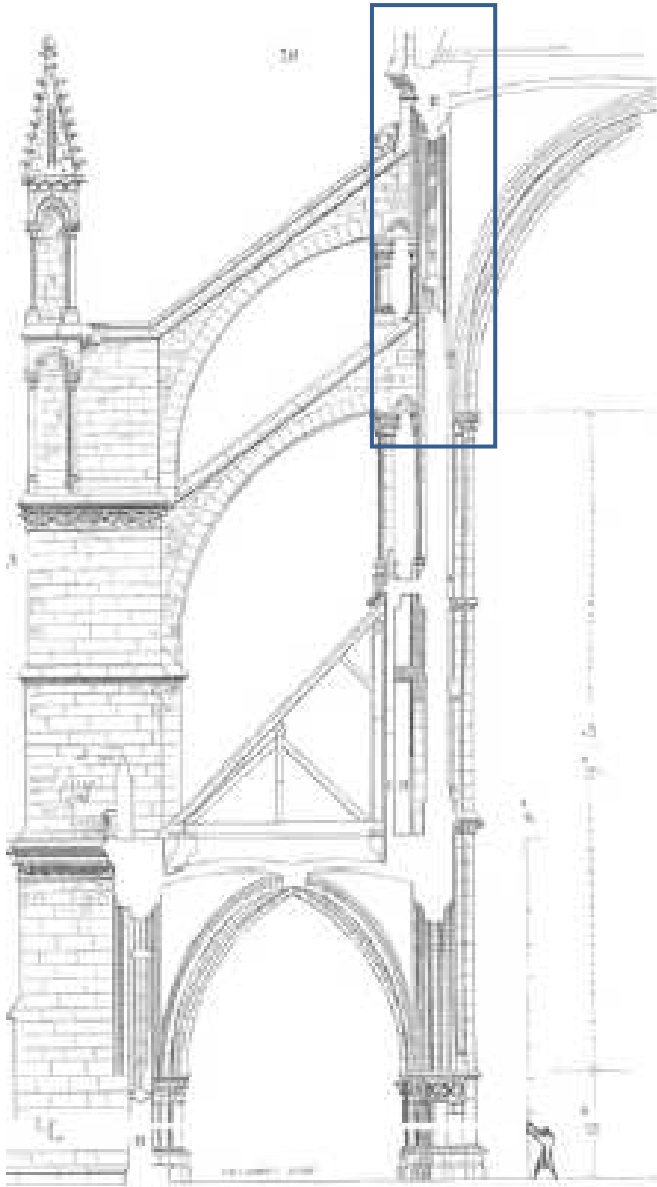
03.19. Catedral de Tortosa ¹⁰⁴.



03.20. Contrafuertes de los Santos Juanes. Autor (2015).

¹⁰⁴ Imagen del archivo de Juan Gomis (1998).

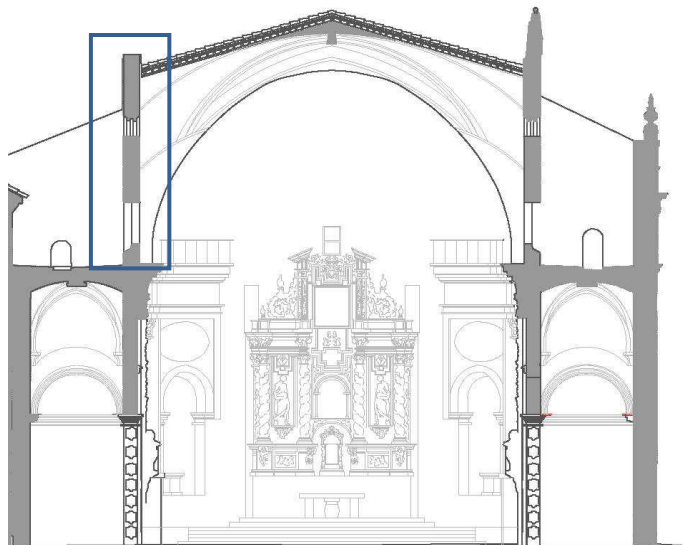
III. Adscripción Tipológica



La sección muestra una clara diferencia entre la altura de la nave central y las capillas laterales. Es interesante destacar el punto apeo de los arbotantes con la fachada, coincidentes con el arranque de los arcos formeros interiores.

03.21. Sección transversal de la catedral de Notre Dame. (Llopis Pulido 2014)

Si se compara con la sección anterior, se puede observar una clara diferencia en sus proporciones. En la figura se puede apreciar el punto de apeo de los contrafuertes en la fachada. Estos coinciden con las dimensiones del diafragma.



03.22. Sección transversal de la iglesia de los Santos Juanes. Autor (2015).

Estos contrafuertes están ejecutados con dos paredes de sillar de piedra tosca en las caras y un relleno de hormigón de cal con zahorra y ladrillo triturado en su interior. Se apoyan en unos cimientos de mampostería con hormigón muy tosco y de profundidad generalmente considerable.

Sobre ellos descansan siete arcos fajones de 0,83 por 0,52 metros y ojivas de 0,30 por 0,60 metros, tal y como se ha podido comprobar gracias al escaneado de la interbóveda¹⁰⁷.

Tal y como compara Estellés en su estudio de intervención del año 86, los tramos de las naves de las iglesias parroquiales valencianas se ajustan a las siguientes medidas en metros:

¹⁰⁷ Tabla realizada por el autor.

III. Adscripción Tipológica

	Arco Fajón	Arco Formero
San Andrés	12	4,20
San Esteban	13	4,10
El Salvador	13	4,40
San Martín	de 14 a 17	4,50
San Nicolás	15,60	4,30
Santos Juanes	16,70	4,25

T.03.1 Dimensión de los arcos de los templos valencianos de la época. Autor (2015).

Contrasta la poca variación de la luz en el sentido de los arcos formeros, 4,00 metros que sería la luz del envigado, con los cambios considerables encontrados en los arcos fajones de 12 metros a 16,70 metros de los Santos Juanes.

Estas medidas corresponden a lo que Viollet-Le-Duc refiere en su *Dictionnaire Raisonné* (Le-Duc 1875, p. 43).

"Hacia los comienzos de la segunda mitad del siglo XII, las dovelas de los arcos están generalmente comprendidas en una sección cuadrada C de ocho pulgadas (en nuestro caso 0,33 y 0,55) según la bóveda; mientras que, hacia el fin de este siglo, si las dovelas de los arcos fajones conservan todavía esta sección, las de las ojivas (arcos cuyos diámetros suele ser mayor, sin embargo, pero que no tienen que resistir la presión de los arbotantes) pierden una parte de su ancho y conservan su canto".

Las capillas laterales entre los contrafuertes se resuelven con bóvedas ojivales rematadas superiormente por terrazas planas. Los muros que delimitan estas capillas se apoyan sobre arcos formeros que atan los contrafuertes y actúan como antepecho.

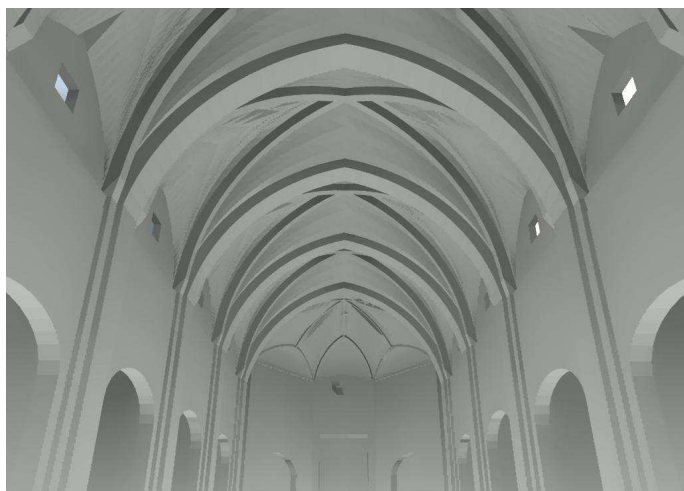
El armazón gótico de la nave central recibe superiormente una plementería de bóvedas tabicadas compuestas de dos hojas de ladrillo (maho de

cuart) de 4x4x29cm (Estellés Ceba 1986). La primera hoja revestida con yeso y cal y la segunda con cal, materiales propios de la época.



03.23. Vista de la estructura gótica desde el interior. Autor (2015).

La figura muestra el esqueleto gótico del interior del templo actualmente bajo la bóveda barroca. Además se puede apreciar la disposición de las bóvedas de crucería sobre las ojivas.



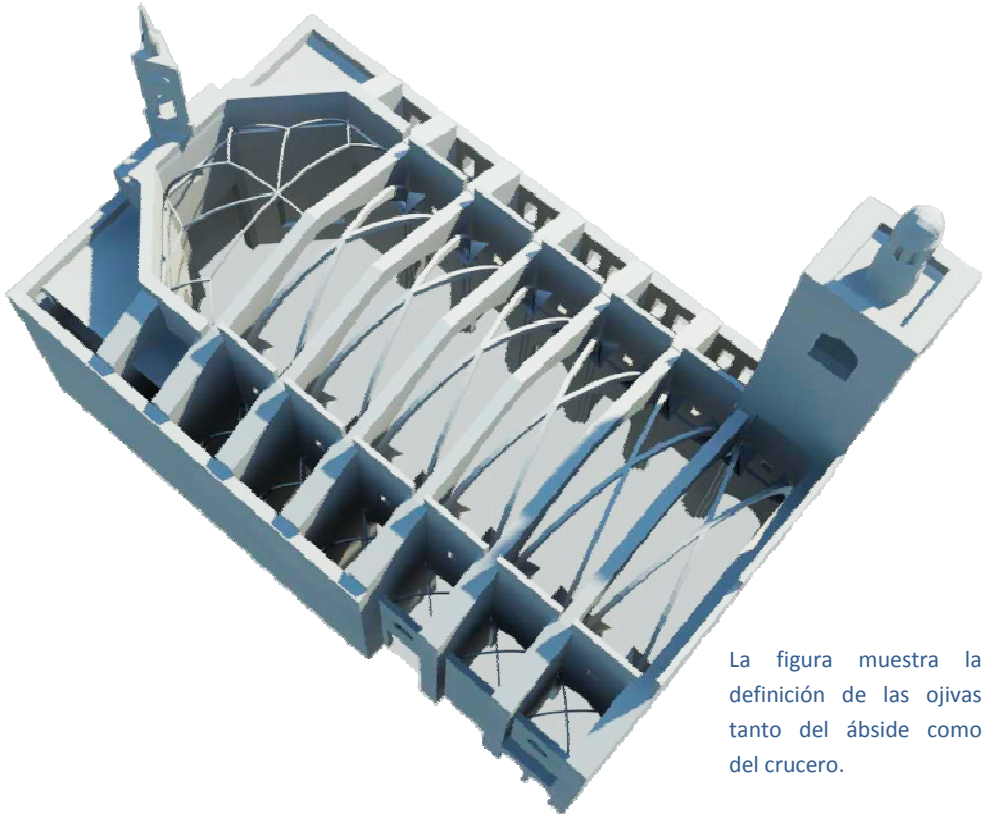
03.24. Vista 3D Interior del templo. Autor (2015).

Superiormente se deposita una capa de hormigón de cal, zahorra y ladrillo machacado sobre la que descansa un pavimento del mismo ladrillo. Sobre

III. Adscripción Tipológica

esta capa de acabado se construyó posteriormente una cubierta inclinada compuesta por tabiquillos palomeros y rematada con teja árabe.

En el interior, la bóveda barroca se articula con dos órdenes diferenciados (Estellés Ceba 1986). En el crucero con los arcos fajones rectangulares y resaltes o bordones en aristas; y en el ábside por ojivas de seis tramadas de sección más esbelta.



La figura muestra la definición de las ojivas tanto del ábside como del crucero.

03.25. Vista de pájaro 3D de la estructura de los Santos Juanes. Autor (2015).

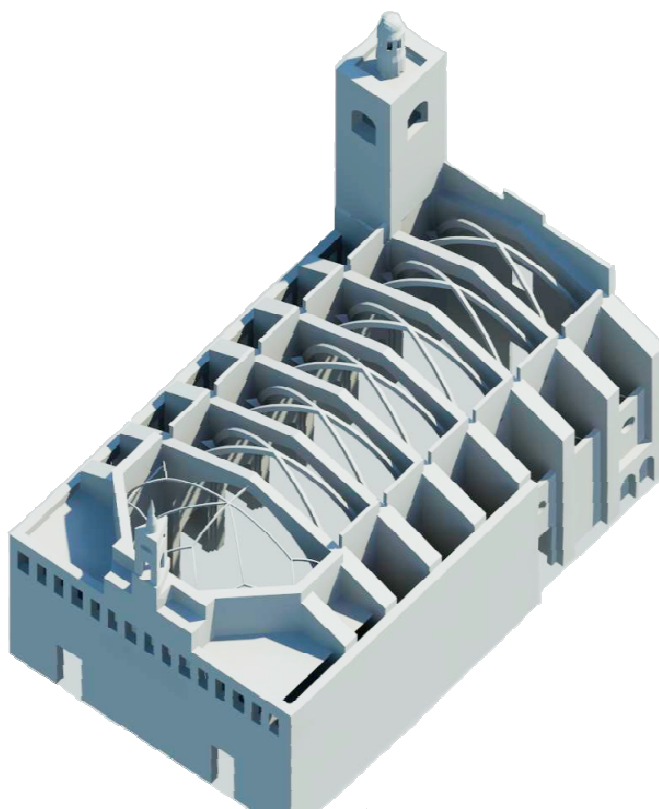
Se trata de una bóveda tabicada de una hoja. En el caso de la bóveda principal aparece reforzada en el trasdós por arcos doblados de ladrillo en plano y por tornapuntas. Su construcción impide la variación en la geometría de la sección de la bóveda, algo imprescindible para mantener la estabilidad de esta cáscara tan ligera (Estellés Ceba 1986).

En la cabecera destaca una bóveda de crucería rematada con un ábside pentagonal. Posiblemente se apoyaba en cuatro contrafuertes radiales que fueron suprimidos en la reforma de 1592 a 1608 tras el segundo incendio que azotó el edificio. Estellés las define como (Estellés Ceba 1986):

"... la estructura se define por ojivas con la aparición de cadenas y braguetones" ¹¹⁰.

Por último destacar la independencia estructural de la fachada de la Plaza del Mercado con el resto del edificio. El único punto de unión que tienen ambos elementos es la torre del reloj. Ésta se apoya sobre los dos muros haciendo que trabajen de forma solidaria

En el 3D se aprecia el apoyo de la torre del reloj entre el muro de la cabecera y la fachada de la plaza del mercado.



03.26. 3D de la estructura de la iglesia. Autor (2015).

¹¹⁰ Braguetón: Moldura que se hace en los marcos o jambas de las puertas, en los anillos de las cupulillas, etc. y por la parte anterior parece cuarto bocel, y por la posterior es como Escocia; porque toma tanta vuelta, que deja mucho hueco por detrás.

IV.

HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS



IV. Herramientas de Análisis

Dada la complejidad constructiva y estructural que presenta la Iglesia de los Santos Juanes, la inexistencia de unos datos fiables en los que apoyarse y la necesidad de caracterizar de la forma más fidedigna posible un modelo que represente correctamente el comportamiento del edificio para un óptimo análisis estructural, se recurre a diversas herramientas de apoyo. Estas herramientas se engloban en dos grandes grupos: los métodos no destructivos y los métodos de análisis estructural.

IV.1. LOS MÉTODOS NO DESTRUCTIVOS

Las numerosas modificaciones que ha sufrido la Iglesia de los Santos Juanes hacen que en muchas ocasiones sea complicado conocer las características de ciertos elementos constructivos ocultos. Muchas de las particularidades de estos elementos son conocidas gracias a la gran aportación que hizo Estellés. Aun así, con el fin de poder corroborarlos, e incluso aportar mayor luz a esta investigación, se plantea la utilización de diversos métodos no destructivos. Estas herramientas permiten conocer el edificio en profundidad sin necesidad de realizar daños innecesarios. De entre ellas se utilizará el escáner láser, la termografía y el georradar.

Con el escáner láser se pretende obtener una documentación gráfica fiable, además de estudiar la existencia de descensos en la estructura.

La termografía será de gran ayuda para definir los elementos ocultos del templo bajo la transformación barroca. Ello permitirá conocer el alcance de las patologías constructivas que presenta.

Por último, el georradar aportará información sobre las características del suelo y posibilitará la comprensión compositiva, dimensional y formal de las cimentaciones. Las secciones extraídas y el estudio detallado pueden además ser de gran ayuda para averiguar la existencia de antiguas estructuras bajo el suelo del edificio actual, así como la composición real en 3D del suelo.

IV.1.1. Escaneado láser

En el campo de la Geomática aplicada al patrimonio se utiliza la documentación Geométrica de Alta Definición (HDS), la cual combina técnicas fotogramétricas con técnicas de escaneado láser 3D. Se trata de una metodología de medición no intrusiva que permite capturar información de forma rápida, detallada y precisa, ofreciendo además una gran cantidad de información gráfica y geométrica tanto en 2D como en 3D.

Dada la extensión y complejidad del templo, para la obtención del modelo digital de superficies (MDS), se considera necesario la utilización de un láser escáner terrestre (TLS), en concreto el FARO FOCUS 3D¹¹². Este instrumento ofrece una gran versatilidad y rapidez en la adquisición de datos. Su funcionamiento se basa en el barrido de una superficie concreta captando millones de puntos por segundo con un haz de láser en abanico.

Tras el escaneado, el instrumento registra toda la nube de puntos 3D compuesta por centenares de millones de medidas individuales en un sistema de coordenadas (XYZ) que en sí mismos componen un modelo tridimensional de los objetos registrados.

En el caso de la iglesia de los Santos Juanes se realizaron un total de 41 estaciones¹¹³, consideradas las necesarias para la completa definición del modelo 3D de puntos. De éstas, 20 son exteriores, dispuestas en el perímetro del edificio y en las terrazas existentes entre los contrafuertes; y 21 interiores como se muestra en la figura 05.1. Con este barrido se obtuvo la información precisa del edificio tanto en el interior como en el exterior.

Cada uno de los escaneos que se realiza no se hace de forma individualizada, pues debe de tener una relación con respecto al escaneado

¹¹² El escaneado y el procesado de los escaneados fue realizado por Carlos Aleixandre Lluésma arquitecto técnico y Luís Muñoz Sempere ingeniero técnico industrial de la empresa byd3d SL.

¹¹³ Nota: se entiende como estación las distintas posiciones en las que se coloca el escáner para escanear completamente todo el edificio.

IV. Herramientas de Análisis

anterior. Esto es posible gracias a la disposición de esferas como referencia, de forma que puedan unirse posteriormente y procesarse para conformar una nube de puntos única.



04.1. Situación de las estaciones en el interior del templo. Cota +1,00. Autor (2015).

Tras descargar, almacenar y organizar los datos del láser escáner, se dispone de diferentes escaneos georreferenciados en nuestro sistema de coordenadas. Una vez identificadas todas las esferas que componen cada escaneo, se realiza un registro de la nube de puntos mediante el programa Scene LT. Éste coloca los escaneos automáticamente en el sistema de coordenadas definido, calculando el ajuste con el mínimo error. Seguidamente se genera un archivo de intercambio, en sistema ASCII, compatible con aplicaciones del entorno de modelización tridimensional.

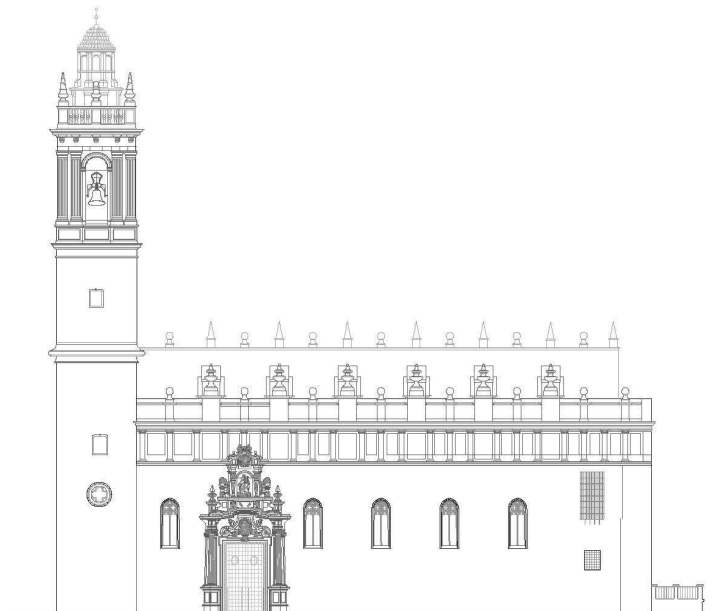
La complejidad que supone la transformación de la documentación obtenida, implica la utilización de dos herramientas informáticas: los programas Scene LT y Escuadra. El primero de ellos acepta la exportación de archivos .pts, extensión que se puede importar para su lectura en el Escuadra. Una vez leído con el Escuadra (Alonso Durá 2013), éste lo transforma en .dxf de forma que pueda ser manejado en el entorno CAD.

Debido a la cantidad de puntos que se toman en el Scene LT, es imposible realizar la importación directa al Escuadra. Por ello, se puede proceder de tres formas, en función del detalle que se requiera, para obtener un archivo en la extensión .dxf.

La primera implica reducir la información del archivo .pts, disminuyendo la densidad de los puntos gracias al programa Cloud Compare. Posteriormente se importa al Escuadra y se obtiene el archivo .dxf.



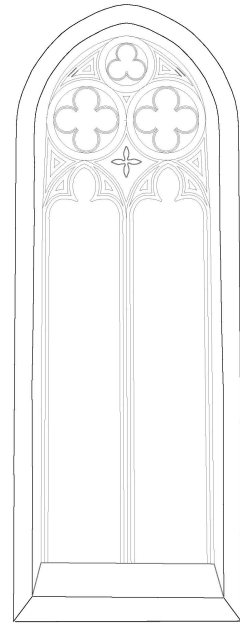
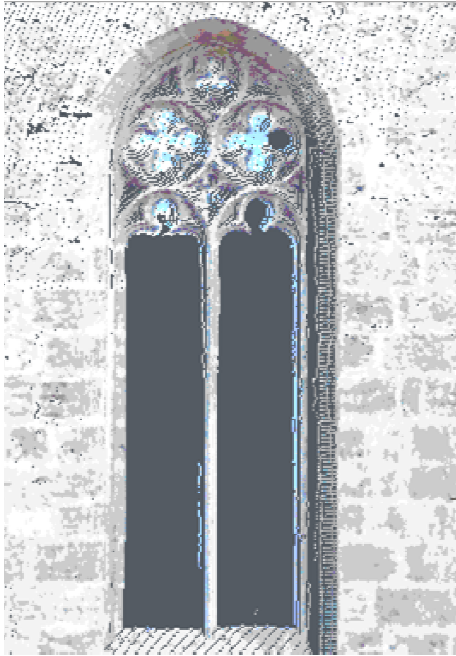
04.2. Alzado de la calle del peso de la paja extraída del programa Escuadra. Autor (2015).



04.3. Alzado de la calle del peso de la paja. Autor (2015).

IV. Herramientas de Análisis

La segunda conlleva la selección de una porción de la nube de puntos que se exporta en extensión .E57, que puede ser tratada mediante ReCap¹¹⁴ y desde ahí es posible convertirla en una versión .dxf. Con esta opción se dibuja con precisión elementos singulares del templo, como la tracería de las ventanas de la calle del Peso de la Paja.



04.4. Detalle de ventana gótica extraído del Scene Lt. y trazado posterior^{115 116}. Autor (2015).

La última supone el guardado directamente desde el Scene Lt. a la extensión .dxf. No obstante, el archivo que resulta, en la mayoría de ocasiones, no se puede leer y si lo permite, ha de ser únicamente con la última versión del CAD.

¹¹⁴ Nota: Cuando nos referimos al ReCap, hablamos de la nueva plataforma BIM ofrecida por autodesk desde la versión '14 de CAD.

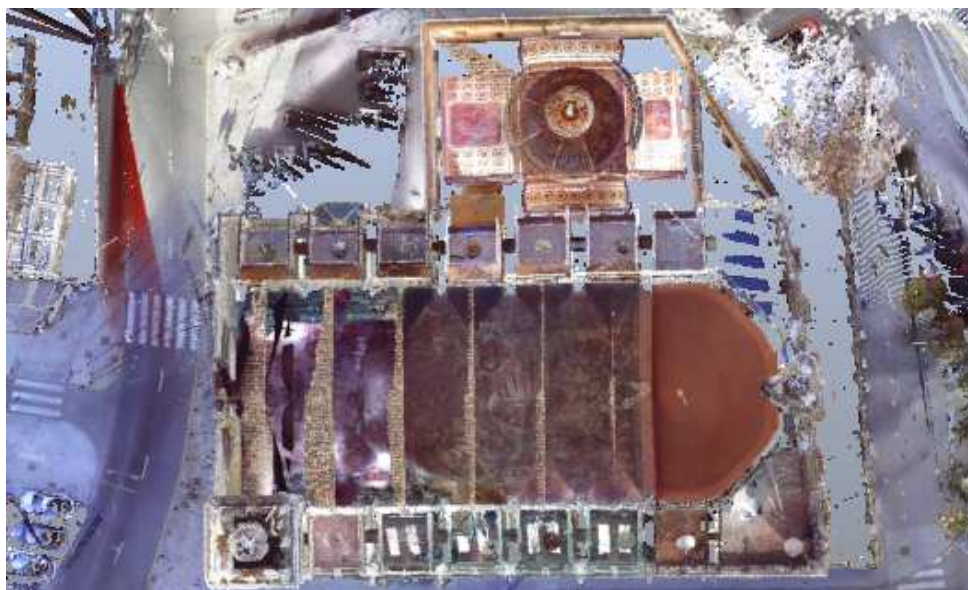
¹¹⁵ Detalle de la nube de puntos que define la tracería de la primera ventana a la derecha de la puerta, ventana de la calle del peso de la paja. Con el mismo proceso se extraen las referencias necesarias para dibujar la totalidad del alzado.

¹¹⁶ La imagen de la izq. extraída del programa SCENE LT. y la dcha. realizada por el autor.

La diferencia entre ambos programas reside en la complejidad del tratamiento de la información. El programa Escuadra permite manejar un número de puntos concretos, no guarda información en cuanto a la escala de colores, pero su forma de trabajo es mucho más precisa que el Scene LT, pues permite controlar los planos de corte para las secciones que se realicen del modelo mediante coordenadas. En cambio, no muestra una definición detallada del objeto escaneado que sí ofrece el Scene LT.

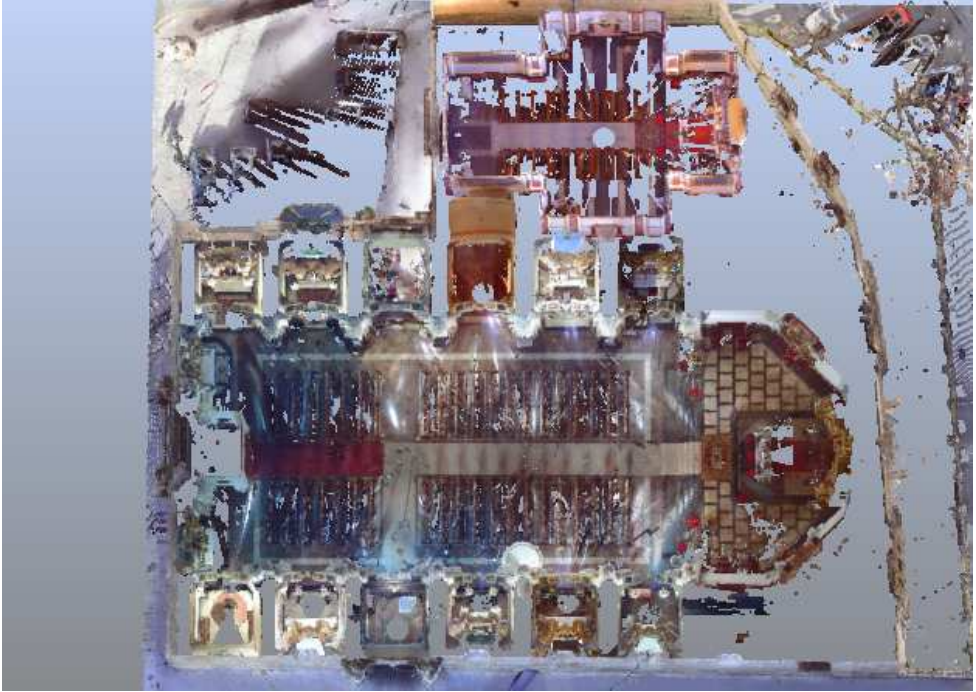
Los resultados dxf obtenidos, bien con un programa o con el otro, se exportan a CAD con el fin de desarrollar la definición gráfica del templo. Mediante el programa Escuadra se obtienen los alzados, secciones y planta generales y con el Scene LT los elementos en detalle. Se efectuaron 11 secciones verticales, 3 horizontales y 4 alzados, así como las ortofotos de apoyo precisas.

El resultado de este proceso se muestra a continuación mediante imágenes del levantamiento gráfico desde la nube de puntos hasta la recuperación en CAD. El resultado que se consigue de este proceso se añade a los planos de definición del templo (Anexo 1).



04.5. Nube de Puntos. Planta de los Santos Juanes y de los edificios del entorno. Autor (2015).

IV. Herramientas de Análisis



04.6. Nube de Puntos. Sección horizontal de la planta a cota +8,50. Autor (2015).



04.7. Perspectiva de la Nube de puntos de los Santos Juanes y su entorno. Autor (2015).



04.8. Perspectiva de la Nube de puntos desde la plaza del Mercado. Autor (2015).



04.9. Perspectiva de la Nube de puntos de de la P. de la comunión de San Juan. Autor (2015).

IV. Herramientas de Análisis



04.10. Perspectiva de la Nube de puntos de la fachada de la P. del Mercado. Autor (2015).



04.11. Nube de Puntos. Sección transversal fugada por la nave central. Autor (2015).



04.12. Nube de Puntos. Sección transversal fugada por la capilla de la Comunión. Autor (2015).



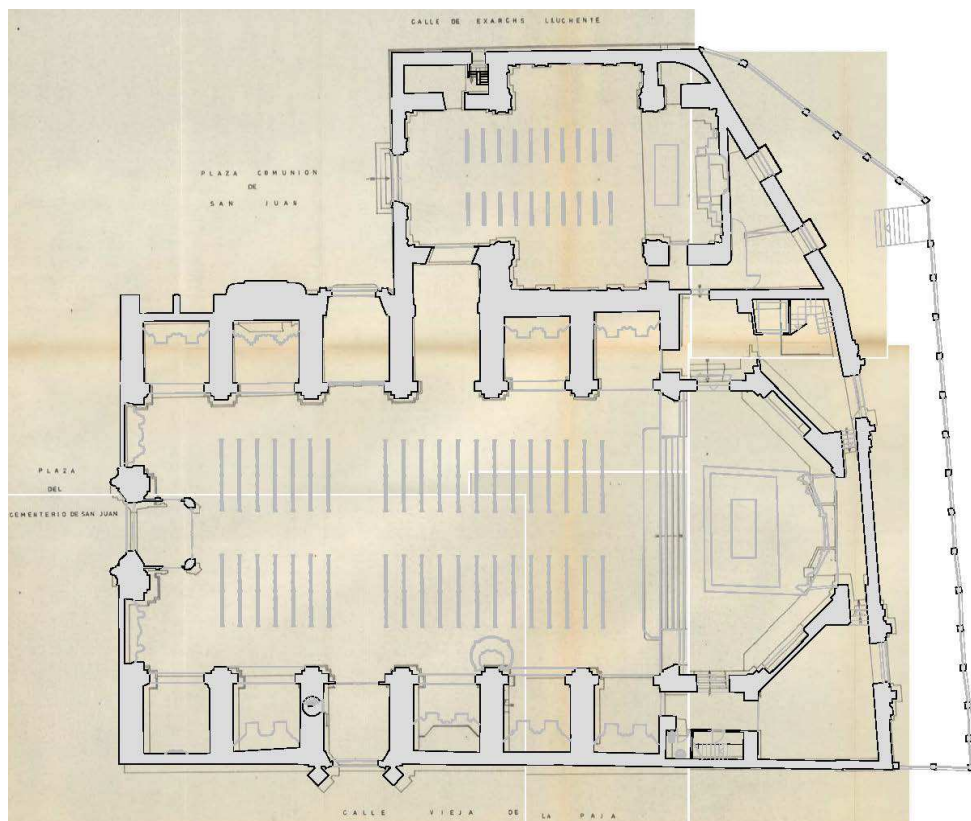
04.13. Infografía del escáner láser. Sección transversal del templo. Autor (2015). Autor (2015).

IV. Herramientas de Análisis



04.14. Nube de Puntos. Sección longitudinal por la nave central. Autor (2015).

En la figura 04.15 se puede apreciar la aproximación de los resultados gráficos obtenidos del escáner con los que dibujó en su día Estellés y que se incluyen en su proyecto de intervención. (Estellés Ceba 1986) Únicamente se observa una cierta distorsión en la fachada de la calle del Peso de la Paja, de unos 30 cm, consecuencia probablemente del engaño visual que genera la perspectiva de la calle y la forma geométrica enfrentada del mercado central.



04.15. Superposición de la planta obtenida del escáner láser con la del proyecto de Estellés. Autor (2015).

El resultado de todo este trabajo genera un registro fehaciente del sistema constructivo de la Iglesia de los Santos Juanes, que corrobora el análisis constructivo realizado, y que sirve de base para poder realizar el modelo estructural de la misma.

IV. Herramientas de Análisis

IV.1.2. Aplicación de la termografía

La termografía infrarroja es una técnica comúnmente empleada en construcciones consolidadas. Permite visualizar, gracias a la diferencia de temperaturas superficiales, posibles daños o lesiones (Balaras y Argiriur 2002, p.171) en los edificios sin necesidad de realizar catas ni perforaciones (Kordatos et al. 2013, p.1261).

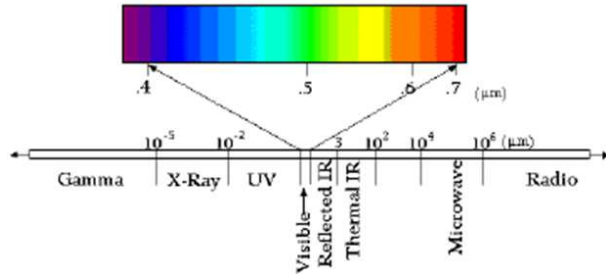
En este caso concreto, más que el estudio de las diversas patologías que presenta, la aplicación se centra en clarificar los elementos que componen el edificio y que han quedado ocultos tras las numerosas transformaciones sufridas. Para ello, se lleva a cabo un barrido completo del templo tanto del interior como del exterior, lo que permite determinar la dimensión y situación de ciertos elementos que se desconocían.

Esta técnica es efectiva cuando hay una acusada diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, por lo que la toma de imágenes no es aleatoria. La decisión viene condicionada en la elección de la franja horaria adecuada, que suele coincidir con las primeras horas del día o bien últimas horas de la tarde. En el primero de los casos, los rayos de sol calientan el exterior del edificio, quedando en el interior el frío de la noche anterior y en el segundo, con la puesta de sol ocurre lo contrario.

El resultado obtenido consiste en un registro gráfico del calor emitido por la superficie de un objeto concreto. Se trata de un procedimiento sin contacto, que gracias a la física, permite convertir las medidas de la radiación infrarroja en medidas de temperatura. Esto permite graduar la energía radiante emitida y en consecuencia, determinar la temperatura de la superficie a una cierta distancia, sin contacto alguno (Busquets Caparrós y Teixidor Sabihi 2011, p.5).

La figura 04.16 muestra el espectro visible que capta el ojo humano. Se encuentra dentro del rango entre 0,4 a 0,7 μm . Si lo comparamos con el que puede captar la cámara termográfica, entre 0.7 y 100 μm , se denota una acusada diferencia. En consecuencia, la potencia de la cámara se centra en captar un mayor rango de temperaturas devolviendo una imagen en un espectro de colores

que pueden ser reconocidos por el ojo humano (Busquets Caparrós y Teixidor Sabihi 2011).



04.16. Espectro visible por el ojo humano separado por componentes (colores) (Busquets Caparrós y Teixidor Sabihi 2011).

De forma general, existe una diferencia notable de las características constructivas de la estructura muraria original con respecto a los elementos decorativos que se le añadieron posteriormente, haciendo que exista una pérdida de calor en las zonas más vulnerables y por tanto un salto de temperatura entre el interior y el exterior, tal y como se refleja en la imagen 04.17.

En la figura se puede observar el carácter agregado de los tres elementos que forman la fachada. En el caso de la Virgen del Rosario corrobora el hecho que dicha tapia fue construida con posterioridad a la fachada y que anteriormente existía un hueco que daba luz a las dependencias anexas.



04.17. Imagen de la cámara termográfica en la fachada de la plaza del Mercado ¹¹⁷.

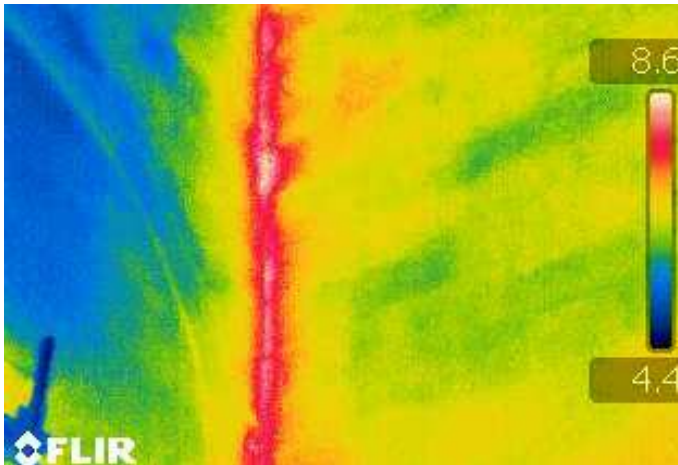
¹¹⁷ Imagen de Carola Aparicio Fernández (2015)

IV. Herramientas de Análisis



04.18. Imagen de la fachada de la plaza del Mercado. Autor (2015).

Igualmente, la imagen 04.19 muestra el encuentro entre el contrafuerte del ábside y la fachada interior de la nave central. En ella se percibe claramente la junta vertical entre ambos elementos definida por el área en color rojo, cuya correspondencia con el gradiente de la derecha se identifica con una zona del paramento con una temperatura mayor.



En la imagen se puede apreciar la junta vertical del séptimo contrafuerte con el muro de fachada interior. Este resultado corrobora la hipótesis descrita en el capítulo II, en relación al crecimiento del templo. Es una evidencia clara de que el contrafuerte se añadió posteriormente sin trabazón alguno con la fábrica original del edificio.

04.19. Imagen de la cámara termográfica correspondiente a la junta del séptimo contrafuerte con la muro de fachada interior (calle Peso de la Paja)¹¹⁸.

¹¹⁸ Imagen de Santiago Tormo Esteve (2015).

En la figura 04.20, correspondiente a la fachada de la plaza del Cementerio de San Juan, se observa un área perfectamente marcada que dibuja lo que podría haber sido una antigua puerta de acceso al templo. La presencia de esta puerta determina la existencia de dos accesos auxiliares en la iglesia primitiva. Sus dimensiones con respecto a las principales corroboran lo expresado en el capítulo II en referencia a los accesos, su uso secundario por dar servicio directamente al cementerio.



04.20. Imágen Termografica de la fachada del Cementerio de San Juan ¹¹⁹.

Pero la obtención de estas imágenes térmicas no es directa, sino que han de ser sometidas a un tratamiento al igual que las convencionales. Una imagen sin tratamiento da un mapeado de temperaturas que permite detectar sobre el paramento aplicado, gracias a la trama de colores, los diferentes elementos que lo componen a razón de sus características, aunque no determina su dimensión ni su temperatura superficial exacta. Por ello se procede a aplicar lo que se conoce como termografía cuantitativa, centrada en realizar las correcciones necesarias sobre la imagen, con el fin de obtener la máxima información posible de ellas.

¹¹⁹ Imagen de Rafael Royo Pastor (2015).

IV. Herramientas de Análisis

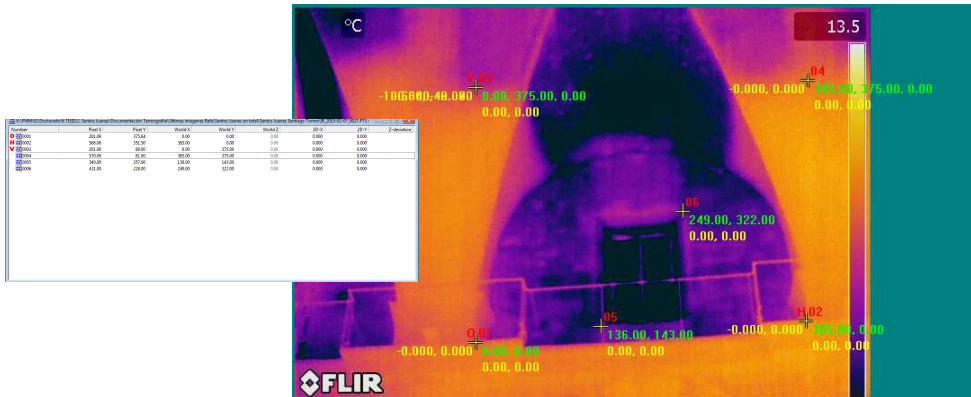
La importancia de conocer la temperatura superficial con exactitud radica en la relación directa que existe entre ella y la descripción de las diferentes densidades que componen el paramento, o con la concreción de las manifestaciones patológicas existentes. Su determinación permite detectar zonas con hongos debidos a bajas temperaturas, o los materiales que componen el paramento gracias a la diferencia de conductividad térmica que tiene cada material. En consecuencia, la diferenciación entre un elemento resistente y un revestimiento, ya que la masa térmica es considerablemente diferente entre ambos.

Tras el tratamiento de las imágenes obtenidas de la cámara, mediante el programa Flir Quick Report 1.2, se consiguen unas imágenes con una definición clara de las diferentes particularidades que tiene un paramento o zona concreta. No obstante, los resultados que se alcanzan no son suficientes para definir con exactitud los elementos ocultos del templo.

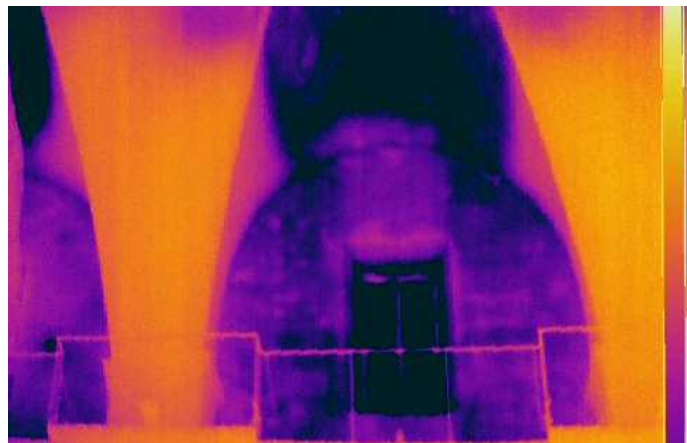
Al igual que las convencionales, Las imágenes que resultan, se muestran con una vista cónica, lo que imposibilita obtener alguna medición certera sobre ellas. Para dar solución a este inconveniente se recurre a la fotogrametría. Este avance de la informática gráfica permite rectificar las imágenes obtenidas de forma convencional, o en nuestro caso desde la cámara termográfica, y convertirlas en modelos que definan la forma y dimensiones reales de los objetos, pudiendo medir sobre ellas directamente (Almagro Gorbea 2003).

El procedimiento es bastante sencillo y se realiza mediante un software denominado Asrix. Para realizar la rectificación fotográfica basta con disponer de una imagen del elemento y conocer las coordenadas (x,y) del plano que se quiere rectificar, definido al menos por cuatro puntos.

La mayoría de las veces, la complicación radica en la obtención de estos puntos. Se comprueba que la disposición de un mayor número de puntos permite una mayor precisión de los datos obtenidos. En nuestro caso, se utilizan los datos extraídos de la nube de puntos y consecuentemente las secciones definidas gracias a ellos.



04.21. Imagen del programa Asrix con la identificación de coordenadas. Autor (2015).

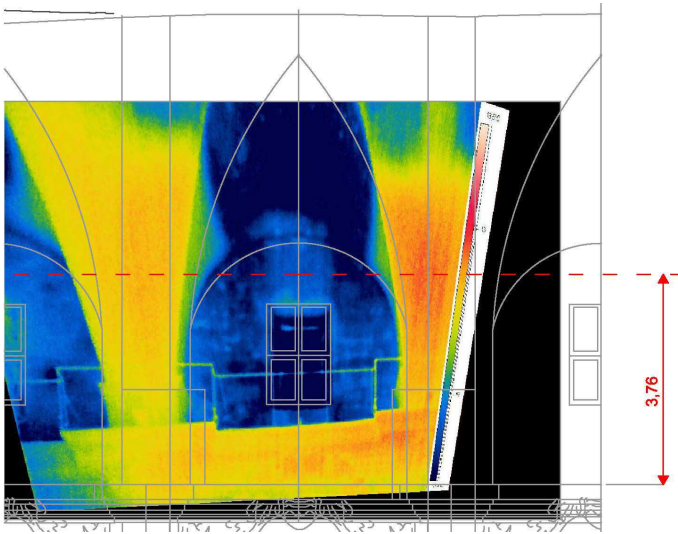


04.22. Imagen del programa Asrix rectificada. Autor (2015).

Tras la introducción de las coordenadas, se procede a la rectificación de la imagen. El resultado obtenido es una ortofoto en el plano cuyas coordenadas verticales y horizontales de cada punto de la figura coinciden con la realidad.

Por último y con el fin de facilitar el proceso de medición, se introduce la imagen rectificada en el programa CAD, solapándolo con la sección definida de los datos del escáner y obteniendo las dimensiones precisas del elemento.

IV. Herramientas de Análisis



04.23. Imagen rectificada sobre la sección obtenida del escáner. Autor (2015).

Los resultados conseguidos con este método clarifican en gran medida partes que se desconocían o se suponían sin total certeza del edificio. De entre ellos, algunos tienen más relevancia histórica que constructiva, como el hueco de pequeñas dimensiones que aparece en la fachada de la plaza del Cementerio de San Juan 04.20.

Los datos que resultan de mayor interés son aquellos que arrojan información sobre lo que se desconocía y que son necesarios para una modelización del templo de una forma fidedigna con la realidad. De ellos se extrae la altura del relleno, como se muestra en la figura 04.23, la comprobación del ancho de los arcos fajones vistos a través de la bóveda barroca, la inexistencia de traba del contrafuerte del ábside con el interior de la nave, etc.

IV.1.3. Aplicación del georradar

La técnica del georradar se ha desarrollado en los últimos cincuenta años, mejorando su precisión y empleándola principalmente en investigaciones superficiales a *alta resolución* del subsuelo. Se ha convertido en una herramienta multidisciplinar de gran valor para averiguar la estratigrafía de un terreno hasta una profundidad de 50 m.

De entre las principales características del sistema cabe destacar su capacidad para detectar y localizar elementos o formaciones en el subsuelo, construcciones u objetos materiales.

Sus fundamentos teóricos son los mismos que los de un radar convencional, pero en este caso utiliza un ancho de banda más amplio, y las antenas receptoras y emisoras se dirigen hacia el subsuelo u objeto a estudiar.

Esquemáticamente, los resultados se extraen de la difusión de una onda electromagnética con una frecuencia característica. Ésta se va transmitiendo por el medio hasta que alcanza una zona u objeto cuyas propiedades eléctricas son diferentes respecto a las circundantes o adyacentes. Entonces, parte de la energía electromagnética se refleja hacia la superficie, mientras que el resto de energía continúa propagándose. A esta onda electromagnética reflejada se le denomina antena receptora y se registra para su posterior tratamiento e interpretación. La forma de trabajo del georradar origina secciones verticales continuas (llamadas registros radar o radagramas) del subsuelo. Las operaciones de campo con este sistema son sencillas y la adquisición de datos rápida al desplazar las antenas en un vehículo adaptado al efecto o manualmente.

Dependiendo del problema a resolver, es decir de la auscultación hasta la profundidad deseada (desde 25 cm hasta 50m), debe utilizarse una o varias antenas de emisión y recepción. La frecuencia de emisión de los pulsos (de orden de los kHz), la duración de éstos (de orden de nanosegundos) y la amplificación de la señal a aplicar depende de cada tipo de necesidad y de las características de los materiales o terreno a investigar.

IV. Herramientas de Análisis



04.24. Preparación del sistema ¹²⁰.



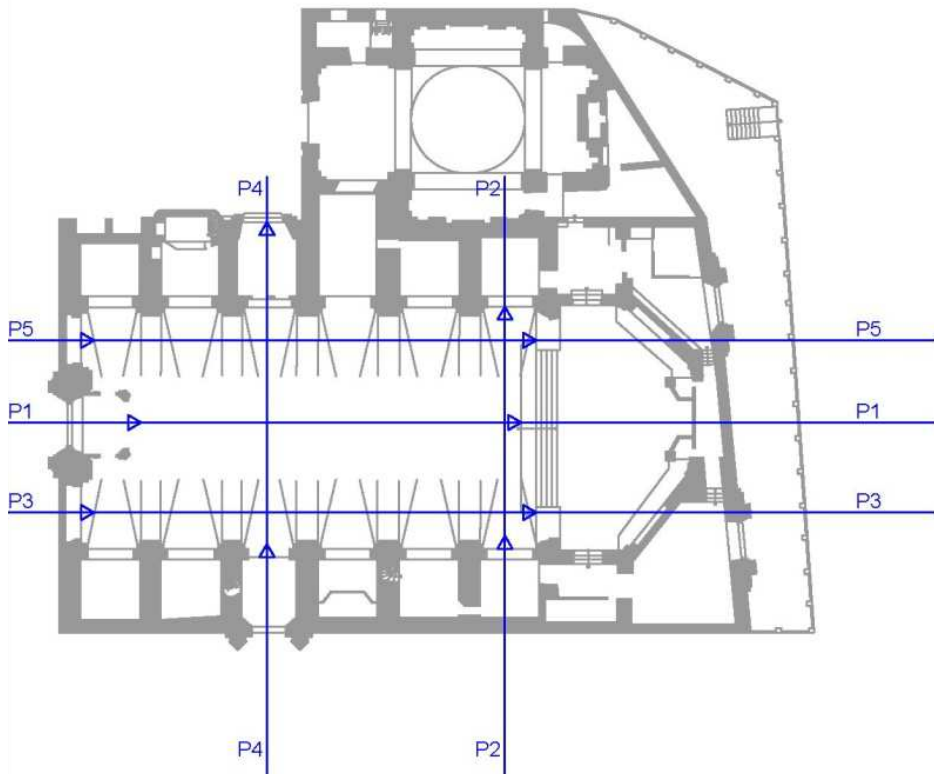
04.25. Preparación de la antena ¹²¹.

En el estudio geofísico realizado en la iglesia de los Santos Juanes, se empleó una antena de 400 MHz por su resolución y profundidad de penetración asociada a un mecanismo electrónico que almacena la información recabada.

Teniendo en cuenta la planta de la Iglesia y en consonancia con los objetivos propuestos, se proyectaron 5 perfiles para el estudio del subsuelo, que cubrieron toda la zona de estudio.

¹²⁰ Imagen de Francisco García García (2015)

¹²¹ Imagen de Francisco García García (2015)



04.26. Planta de perfiles realizados con el georradar. Autor (2015).

Con los datos extraídos se procesan las coordenadas tomadas dibujando y representando gráficamente los detalles del terreno considerado. Además, con dichas coordenadas es posible calcular las distancias o desniveles existentes en el terreno.

Tras obtener las secciones del georradar y junto con la documentación geotécnica que aportó Estellés en su proyecto de intervención (Estellés Ceba 1986), se realiza el análisis de las secciones estratigráficas del subsuelo. En dicho análisis se comparan los sondeos del proyecto de intervención con los propios del georradar. Los resultados que se extraen se detallan a continuación:

IV. Herramientas de Análisis

Perfil 1: Tal y como se observa en el primer perfil, existe una correspondencia entre los datos aportados por Estellés y los obtenidos mediante el georradar. Las discordancias de cota de algunas capas con respecto a los sondeos se deben a que los datos del proyecto se centran en una muestra vertical puntual de aproximadamente 6-7 cm y el georradar estudia la totalidad de la sección.

El perfil corresponde al longitudinal del templo, mostrando la leve pendiente del terreno desde la plaza del Cementerio de San Juan en dirección a la plaza del Mercado. Ello obliga a la disposición de una capa de relleno que regularice el solar y facilite su construcción, tal y como se puede ver. Consecuencia de ello, es la diferencia de cota que tiene la cimentación en cada una de las catas realizadas por Estellés.

En este perfil, de entre las cosas analizadas que más destaca es la inexistencia de cualquier indicio de estructura muraria en la definición de la sección. Se concluye que cuando se construyó el nuevo edificio sobre la mezquita de la Boatella, aunque debería ser objeto de un estudio más detallado, se derribó totalmente el edificio existente sin aprovechar nada de la construcción musulmana.



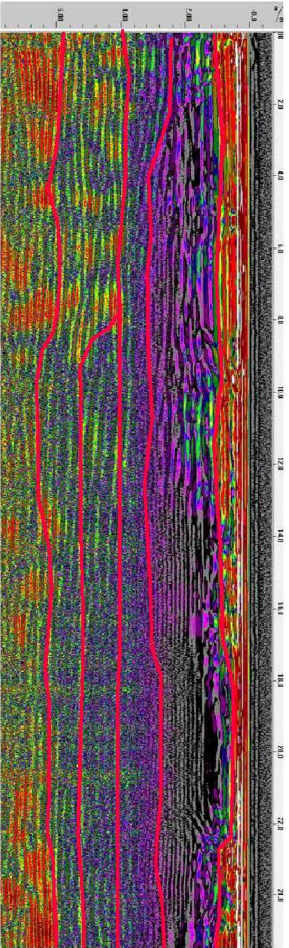
04.27. Forma de trabajo: Perfil 1 ¹²².

¹²² Imagen de Francisco García García (2015).

sondeo-1



perfil 1



sondeo-2



leyenda

- pavimento (seco)
- colado artificial (frío)
- losa de rodillo
- relleno
- línea estructural (frío)
- grava limosa y arena
- grava limosa
- pavimento (concreto de cal)
- relleno de sacos
- arena limosa con algunas gravas

IV. Herramientas de Análisis

Perfil 2: corresponde a la sección transversal del templo en la parte más cercana a la cabecera, antes de las escaleras del altar.

La sección del perfil 2, muestra su correspondencia con respecto al longitudinal 1. La cota de relleno, situada a 4,00 m de profundidad, concuerda con el último tramo de la anterior.

De forma semejante, no se observa ningún elemento relevante en las distintas capas que componen la sección, excepto en el último intervalo. Entre la cota longitudinal 14,00 y 16,00 m se observa una irregularidad vertical en la sección. Esta singularidad, corroborada con la documentación extraída de Gil Gay (Gil Gay 1909), se corresponde con un enterramiento funerario .

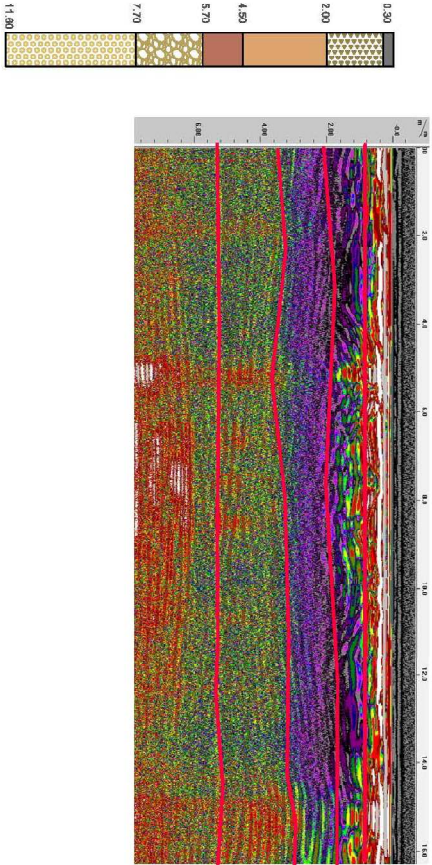


05.28. Forma de trabajo: Perfil 2 ¹²³ .

¹²³ Imagen de Francisco García García (2015).

sondeo-2

perfil 2



leyenda

- pavimento (asfalto)
- relleno asfáltico (frío)
- base de rodillo
- relleno
- lmas acilicas (frío)
- grava lincosa y arena
- grava lincosa
- pavimento (piedra de ca)
- relleno de escombros
- grava lincosa con alguna grava

IV. Herramientas de Análisis

Perfil 3: se corresponde con la sección longitudinal paralela a las capillas de la calle del Peso de la Paja. Tal y como se observa en la sección, no se aprecian discontinuidades reseñables a destacar excepto entre la cota 25,00 y 27,00 donde aparece una irregularidad, que correspondería a un enterramiento. De nuevo no se identifica ninguna estructura del edificio antiguo de la mezquita en cotas más profundas.

Analizando la sección se puede determinar que se corresponde con bastante precisión con los sondeos extraídos del proyecto de Estellés (Estellés Ceba 1986).



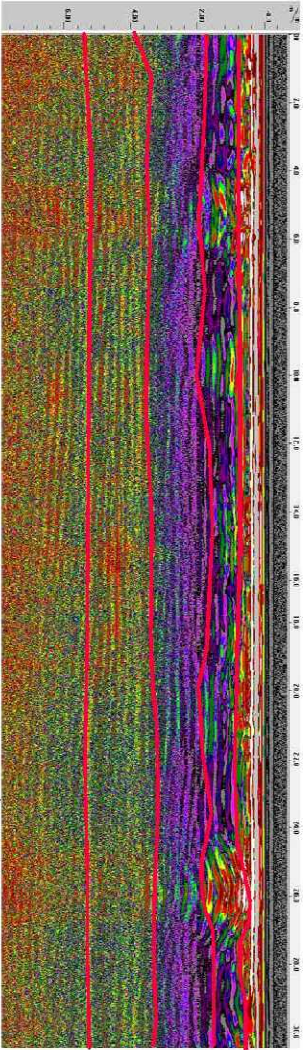
04.29. Forma de trabajo: Perfil 3 ¹²⁴.

¹²⁴ Imagen de Francisco García García (2015).

sondeo-1



perfil 3



leyenda

- pavimento (asfalto)
- vallado arcilloso (hervido)
- boca de rodadero
- relleno
- llano arcilloso (hervido)
- grava fina y arena
- grava media
- pavimento (cemento de ca)
- sillar de canchales
- arena fina con ligera grava

IV. Herramientas de Análisis

Perfil 4: se refiere a la sección transversal del templo desde la puerta de acceso lateral de la calle del Peso la Paja, hasta la puerta que abre hacia la plaza de la Comunión de San Juan.

De los datos obtenidos se observa que a diferencia de los perfiles anteriores, este perfil no corresponde exactamente con el sondeo número 3 ¹²⁵. Aunque las capas que lo componen son las mismas, el punto donde se extrajo el sondeo no concuerda con la sección realizada con el georradar.

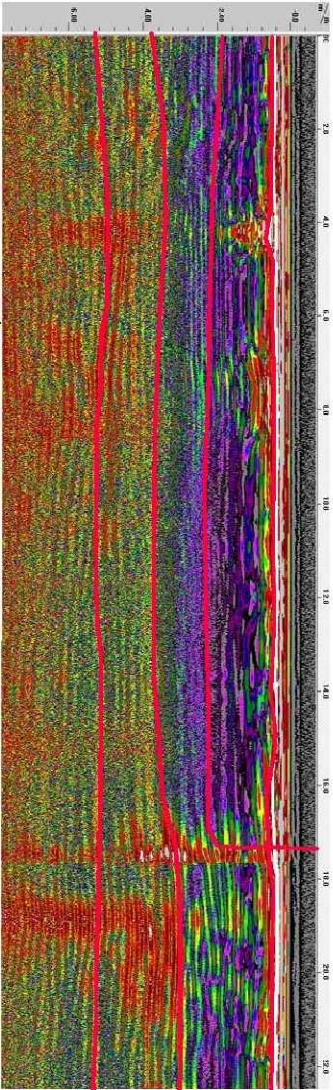
Aun así, de forma semejante a los casos anteriores, se observan ciertas irregularidades a lo largo del perfil. Si las comparamos con las del primer perfil, se puede comprobar que éstas de nuevo corresponden con las tumbas de varias de las familias más influyentes del templo, algunas de ellas principales benefactoras de su construcción.

A partir de la cota horizontal 17,50 m, correspondiente al salto debido al escalón existente, entre la nave central y el espacio antes de la puerta de acceso a la plaza de la Comunión de San Juan, aparece una anomalía interesante. Sin bien no se ha podido comprobar con certeza a que corresponde, puesto que ello implicaría la apertura del subsuelo, su origen a priori se puede ser a dos causas: humedades o existencia de preexistencias de una construcción anterior.

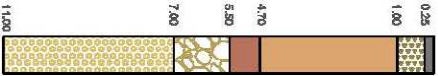
A falta de un estudio más detallado, se especula que podría ser la segunda. Aunque no se ha comprobado el tramo simétrico, la iglesia, el templo no presenta en general problemas de humedad latentes, al menos a simple vista y la cota más elevada de este punto con respecto a la orografía del terreno, complicaría la deposición de agua en este tramo en concreto.

¹²⁵ Nota: la relación de sondeos completa se adjunta en el anexo 2.

perfil 4



sondeo-3



leyenda

- pavimento (locero)
- pavimento (arráquin de cal)
- relleno arcilloso (granito)
- relleno de escombros
- leon de indico
- arena limosa con alguna grava
- relleno
- limos arcillosos (granito)
- gravas limosas y arenas
- gravas limosas

IV. Herramientas de Análisis

Perfil 5: Corresponde a la sección longitudinal al templo, paralela a las capillas de la plaza de la Comunión de San Juan.

En el perfil se aprecia una concordancia de la sección con respecto a los sondeos del estudio de intervención. Al igual que en el perfil 1, se observa una ligera pendiente del terreno desde la plaza del Cementerio de San Juan en dirección a la plaza del Mercado.

Este perfil no identifica ninguna irregularidad reseñable, excepto algún enterramiento puntual que se justifica con la información de Gil Gay.



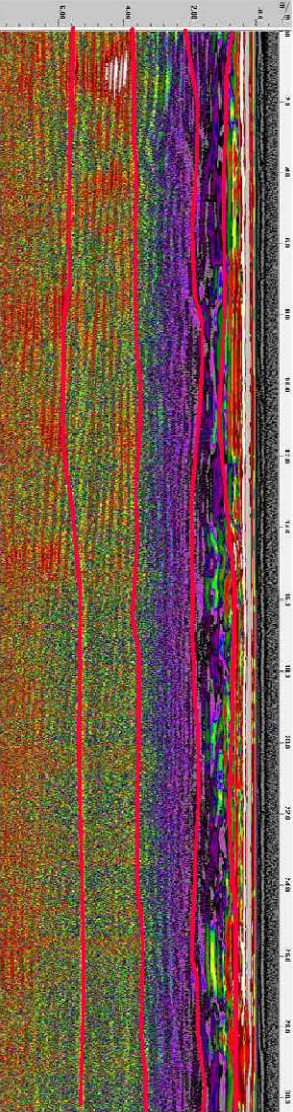
04.30. Forma de trabajo: Perfil 5¹²⁶.

¹²⁶ Imagen de Francisco García García (2015).

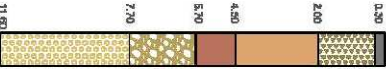
sondeo-1



perfil 5



sondeo-2



leyenda

- pavimento (asfalto)
- relleno a tubos (travieso)
- lesta de rodillo
- relleno
- tierra arcillosa (marcha)
- grava (travieso) y arena
- grava (travieso)
- pavimento (barrido de cal)
- relleno de asfalto
- arena (travieso con ligera grava)

IV. Herramientas de Análisis

Las diversas secciones realizadas mediante el georradar justifican la diferencia de cotas en las que se asientan los cimientos del edificio en todo su perímetro. La iglesia de los Santos Juanes está asentada sobre lo que antiguamente sería un valle, cuya parte más baja es la plaza del Mercado, lugar donde pasaba siglos anteriores uno de los brazos del río Turia. A la hora de construir el templo fue imprescindible rellenar la totalidad del solar con el fin de regularizarlo y poder conseguir la planeidad necesaria para la edificación.

De forma general, los perfiles no muestran irregularidades que denote la existencia de un antiguo edificio debajo del templo actual. A pesar de ello, en la zona de acceso de la plaza de la Comunión de San Juan, aparece una irregularidad que debería ser objeto de estudio antes de pronunciarse con certeza, aunque a priori podría corresponderse con restos del antiguo edificio de la Boatella.

IV.2. APROXIMACIÓN AL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

La protección del patrimonio histórico ha sido y es uno de los temas más estudiados y discutidos por ingenieros y arquitectos. Por todos es conocido que este patrimonio ha sufrido numerosas agresiones en diferentes partes del mundo, pero si nos centramos en nuestro alrededor, podemos recordar los recientes terremotos sufridos en Lorca en 2011. Tal vez por ello, los maestros y arquitectos que han construido catedrales e iglesias durante siglos, se tomaran con especial recelo estos acontecimientos temporales.

Muchos de los daños más frecuentes que se producen en las iglesias tras un terremoto, según relata Martínez en su tesis (Martínez Ruiz 2007, p.73), resultan más afectados los elementos más vulnerables por sus características constructivas, y de entre ellos, las torres o cimborrios, muros, elementos verticales esbeltos, etc.

Por ello y con el fin de averiguar el comportamiento estructural de la iglesia de los Santos Juanes, especialmente frente a sismo, se analizan los distintos métodos actuales de cálculo, sus prestaciones y limitaciones, con el fin de reflejar lo más aproximadamente posible el comportamiento estructural del edificio.

IV.2.1. Consideraciones previas

Los aspectos fundamentales que afectan a la evaluación del comportamiento global de un edificio histórico de fábrica se pueden resumir en los siguientes puntos:

- El modo de fallo observado (en el plano o fuera de carga).
- El comportamiento mecánico del material.
- El método de modelización estructural.
- El método de análisis considerado.

La comprobación de la estabilidad y resistencia mecánica conlleva el análisis estructural del edificio, con la intención de verificar que las tensiones a

IV. Herramientas de Análisis

las que está solicitado, se encuentran dentro de los límites admisibles para los materiales constituyentes que lo forman.

El diseño y construcción de edificios históricos fue posible gracias a la acumulación de conocimientos empíricos. Sin embargo, actualmente se cuenta con herramientas de análisis y cálculo avanzado que permiten modelizar estructuras complejas y obtener resultados numéricos precisos.

Según indica Huerta (Huerta Fernández 2004, p.15), la teoría convencional de barras no es de aplicación a las estructuras históricas de fábrica. Este tipo de estructuras se analiza utilizando la teoría del Análisis Límite de Estructuras de Fábrica, tal y como la desarrolló Heyman (Heyman 1996, p.63). Heyman estableció las bases teóricas para la evaluación de la seguridad de construcciones de mampostería. El ingeniero, además de dedicarse a analizar sistemas planos según postulados, estudió también sistemas espaciales a partir de los esfuerzos membrana¹²⁷.

Heyman aplica los teoremas fundamentales de plasticidad en el estudio del comportamiento de las fábricas e introduce tres hipótesis:

1. La fábrica no tiene resistencia a la tracción. Por ello no se considera la contribución del mortero.

2. La fábrica tiene una resistencia a compresión infinita. Partiendo del conocimiento de que las tensiones transmitidas por la estructura son muy inferiores a la resistencia real de la piedra.

3. El fallo por deslizamiento en la fábrica no es posible. Suponemos que el rozamiento en las uniones es suficientemente alto.

En base a estos tres principios se enuncian los teoremas fundamentales del análisis límite, de los cuales el más importante es el Teorema del Límite Inferior o Teorema de la Seguridad, que afirma que *“el colapso no se producirá si para cada estado de carga al que está sometida la estructura es posible encontrar*

¹²⁷ Membrana: elemento estructural que presenta un espesor despreciable frente al resto de dimensiones.

un estado de equilibrio estático". Es decir, si en un arco de fábrica es posible dibujar al menos una línea de empujes en el interior de su sección.

La potencia de esta teoría se centra en que la distribución de tensiones no tiene por qué ser la real, basta con que pueda existir para que el edificio sea seguro. Calculando el máximo de estados de carga seguros, se puede obtener la carga última o de colapso. En consecuencia, si se obtiene una entre las infinitas posibles en una estructura hiperestática, en la que la estructura soporte las cargas a compresión, la estructura será capaz de encontrarla (Almerich Chulia 2015, p.42).

Tanto La Hire en 1712, Blondel en 1683, Barlow en 1846, y Castigliano en 1880 entre otros, analizaron la influencia de la trayectoria de la línea de empujes en el arco y sus investigaciones fueron esenciales para el estudio de las bóvedas (Mas-Guindal Lafarga 2011, p. 66).

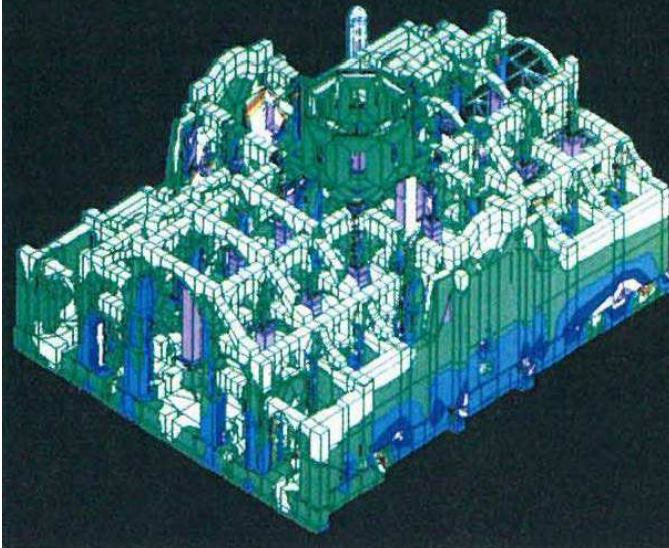
IV.2.2. Comportamiento lineal

El análisis lineal se basa en el comportamiento elástico-lineal de los materiales y en la consideración de la estructura sin deformar. Comúnmente utilizado para el cálculo de las estructuras de acero u hormigón, no es capaz de representar el comportamiento de las estructuras de fábrica ya que supone no considerar la baja resistencia a la tracción del material y la proporcionalidad de tensiones y deformaciones son ilimitadas.

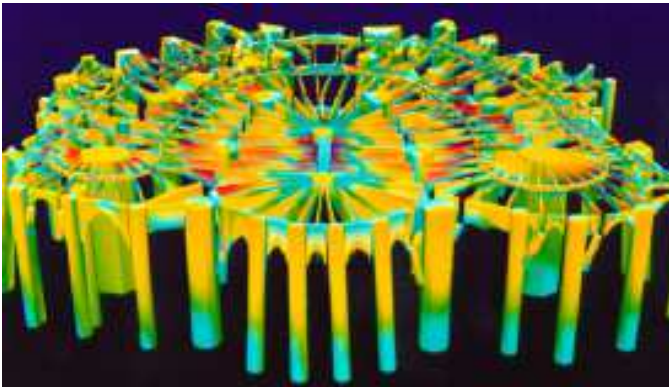
El análisis es adecuado cuando los efectos de segundo orden son despreciables. Por ello es conveniente utilizarlo como un método complementario de cálculo y no como el único (Llopis Pulido 2014).

Son numerosos los estudios realizados a partir del análisis elástico lineal en edificios históricos de gran relevancia en el patrimonio arquitectónico, entre los que destacan los realizados a Santa Sofía en Estambul, la cripta Güell, San Marcos en Venecia, la catedral de Méjico, etc.

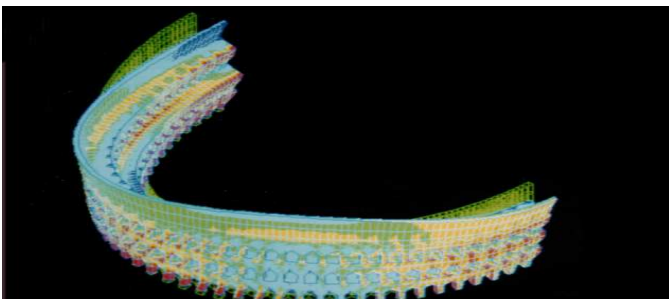
IV. Herramientas de Análisis



04.31. Modelo de la catedral de Méjico (Meli y Sánchez-Ramírez 1995).



04.32. El modelo de la cripta de la Colina Güell, de Gaudí (Roca 1998).



04.33. Modelo del Coliseo de Roma (Grocí 1995).

IV.2.3. Comportamiento no lineal

La necesidad de utilizar un método adicional al elástico-lineal se debe principalmente a que no es capaz de reproducir el comportamiento real de las estructuras realizadas con mampostería, fábrica de ladrillo o sillería. Estas estructuras se componen de materiales frágiles, cuyo comportamiento no refleja fielmente las leyes constitutivas del material lineal. Por ello si se quiere abordar un análisis con un cierto rigor, es necesario plantear un estudio a partir del análisis no-lineal (Llopis Pulido 2014).

Son significativos los numerosos estudios que existen al respecto, puesto que son muchas las estructuras que forman parte de nuestro patrimonio. Muchas de sus conclusiones han servido para documentar el análisis realizado.

El afán por averiguar el comportamiento intrínseco con precisión de estas estructuras históricas, ha generado dos claras líneas de investigación.

La primera de ellas se denomina **modelo de los elementos rígidos (MER)**. El método se basa en la discretización de la estructura en elementos rígidos interconectados por tres puntos, caracterizando así el comportamiento frágil de la mampostería.

Este método ha sido utilizado por Casolo en 2009 para el análisis del Maniace Castle de Siracusa. Casolo realiza en primer lugar un análisis lineal en 3D con el fin de conocer el comportamiento global de la estructura y posteriormente realizar un modelado 2D y emplea el método de los elementos rígidos (Casolo y Sanjust 2009, p. 1447).

El interés por el método ha hecho que sea objeto de estudio también por otros autores, entre los que destacan Orduña, Roeder y Peña. Su importancia se centra en el análisis comparativo que realizan entre el método de los elementos finitos y el de bloques rígidos (Orduña Bustamante, Roeder Carbo y Peña Mondragón 2007, p. 78-82).

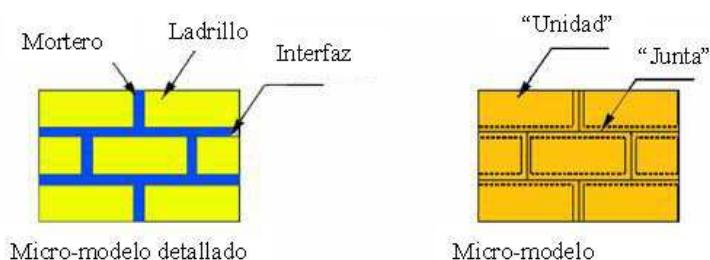
En el caso de los edificios históricos, debido a la fragilidad de los elementos que los componen, es necesario diferenciar dentro del MEF dos posibles estrategias, denominadas macromodelización y micromodelización. Su diferencia la encontramos en las particularidades propuestas a la hora de modelizar (Fuentes González 2005, p.29).

La primera de ella se centra en asimilar el material compuesto como homogéneo y uniformemente equivalente. Por el contrario, la segunda se basa en reconocer dentro de un modelo concreto la existencia de distintos materiales, analizando cada uno de ellos en detalle y tomando en consideración sus formas de adherencia o conexión.

La micromodelización es la herramienta más precisa de la que se dispone para simular la respuesta local y el comportamiento real del material. Su estudio en detalle toma en consideración las discontinuidades como elementos determinantes en el total de la estructura de mampostería.

No obstante, el soporte computacional que necesita es tan elevado, que es viable para estudios en detalle, pero no para estructuras de cierta entidad.

También dentro de los modelos microestructurales se vinculan aquellos que definen una célula básica en la que se recoge una pieza con su parte proporcional de juntas. En consecuencia, el modelo global tendrá tantos módulos o unidades como piezas existan en la estructura global.



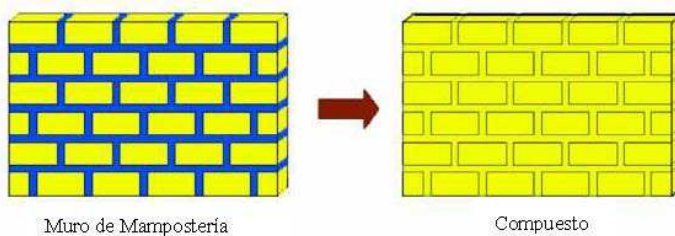
04.35A.Método de los elementos finitos (MEF). Micro-modelling (Quinteros et al. 2014).

De entre las investigaciones con modelos microestructurales podemos destacar las de Lourenço en 1995, Gambarotta en 1997 y Lagomarsino y Sutcliffe en 2001.

IV. Herramientas de Análisis

La macromodelización presenta unas exigencias menores de cálculo, aunque hay que tener precaución con los condicionantes propios de las fábricas para no obtener resultados erróneos.

Se considera el material homogéneo y ortotrópico, es decir no describe con precisión la estructura interna de la fábrica. Se confecciona un modelo por medio de elementos finitos que no se corresponde con las dimensiones reales de la fábrica. Todos los elementos que la engloban, el ladrillo, el mortero y la interfase, se engloban en un mismo elemento obteniendo unos resultados aceptables, aunque no llegan a simular maneras de comportamiento que impliquen separación o deslizamiento entre las partes.



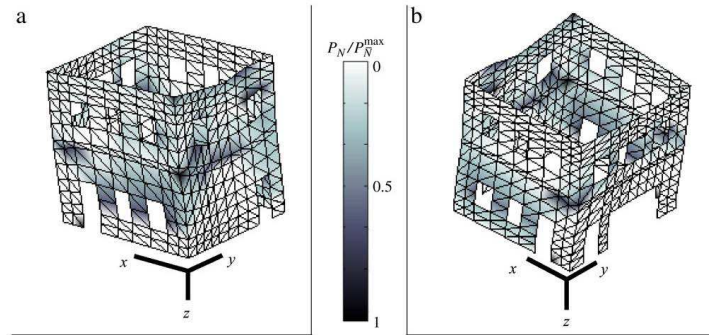
04.35B.Método de los elementos finitos (MEF). Macro-modelling (Quinteros et al. 2014).

Mediante macro-modelos es posible abordar el análisis de elementos o partes estructurales. Aun así, el análisis de grandes estructuras completas es un reto para las posibilidades de los ordenadores.

Fruto de ambas son las numerosas aportaciones que proponen métodos de homogenización con la finalidad de realizar simplificaciones, reduciendo considerablemente la discretización de los elementos de mampostería. Estos se podrían considerar como un paso intermedio entre las dos vertientes propuestas, el micro y el marco-modelado. Se trata de un macro-modelo, que define una célula base de material homogéneo con una serie de leyes que determinan el comportamiento obtenido del micro-modelo.

De entre los estudios realizados, podemos destacar el modelo de Page en 1978. Este modelo se centra en analizar el comportamiento de los muros de mampostería con la aplicación de la carga únicamente en el plano, justificándolo por ser ésta la situación más habitual. O bien Lourenço en 1992, que considera la

mampostería como un material compuesto por varias capas de propiedades isotrópicas y elásticas. Otros métodos podrían ser el de homogenización de Pietruszczak en 1992, el modelo plano y tridimensional de Armelle Anthoine de 1995 o el estudio de la Teoría de Mezclas de Truesdell y Toupin en 1960. También las investigaciones de Lourenço, Milani, Tralli y Zucchini en 2006 y 2007 y Milani, Lourenço y Tralli en 2007.



04.36. Modelo homogenizado de edificio de fábrica (Milani, Lourenço y Tralli 2007, p.32).

Todos los estudios actuales se inclinan de forma moderada al uso de otras aproximaciones en base a los medios continuos, como la teoría del daño, la cual en base a la objetividad que presenta, permite desechar ciertos problemas, como la dependencia del tamaño del modelo.

IV.2.4. Modelo de daño

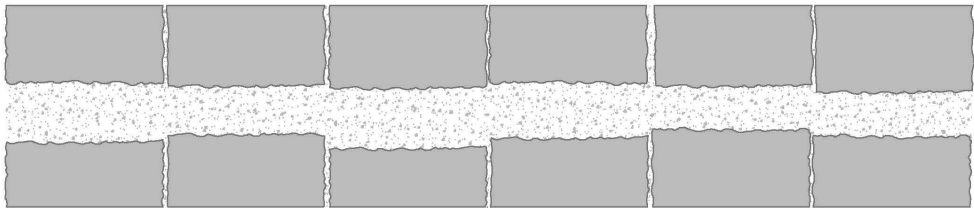
La mecánica de daño, está considerada como una de las ramas de la mecánica del continuo, la cual introduce modificaciones microestructurales en el material debido a las variables internas. Estas variables son las que configuran el comportamiento histórico del material en la evolución de las tensiones.

Consecuencia de ello es que la aparición de fisuras y la evolución de éstas en el tiempo aplicada a materiales como la mampostería, se puede describir como las trayectorias de los diversos puntos dañados (Marínez Boquera 2002, p.167).

IV. Herramientas de Análisis

La fractura queda representada como un efecto de daño local, que se puede caracterizar en función de la resistencia a compresión y a tracción del material, de los parámetros conocidos del material y de las funciones que controlan la evolución de la fisuración según el estado sucesivo de las tensiones en cada uno de los puntos.

En este caso la fábrica a analizar está formada por sillería careada con el interior relleno de argamasa. Ello confiere una falta de continuidad entre juntas que puede apreciarse desde el exterior. Dada esta disposición constructiva, se emplea el modelo continuo de daño isótropo para modelizar el comportamiento del material.



04.37. Sección constructiva de la fábrica de la Iglesia de los Santos Juanes. Autor (2015).

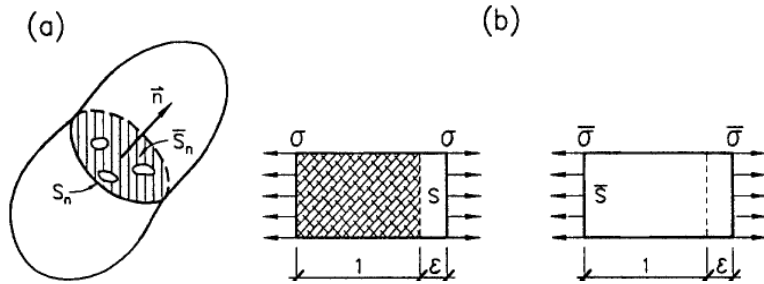
Para este análisis, se utilizará el programa informático *Angle* desarrollado por Alonso (Alonso Durá 2015), en el que se ha incorporado una aplicación del daño isótropo desarrollado por Hanganu 1997, Oller 1991, Oliver 1990 y Oñate 1988.

El modelo empleado se centra en la diferencia del comportamiento a compresión y tracción de este tipo de materiales, la degradación de su rigidez por el nivel tensional y el efecto en la respuesta en función del tamaño de la malla empleada en la modelización por elementos finitos. Todo ello con la finalidad de conseguir un modelo correcto del comportamiento no lineal de este tipo de materiales (Llopis Pulido 2014).

Se considera un punto material con un nivel de deterioro. Esta degradación se representa como huecos que ha soportado el material. Tomando S como la superficie total estimada y S' el área resistente efectiva, entonces $(S-S')$ es la superficie de huecos), y en consecuencia queda definida la variable de daño " d " como:

$$d = \frac{S - S'}{S} = 1 - \frac{S'}{S}$$

Si se considera un estado uniaxial de tracción como se muestra en la figura 04.38, sobre dicha sección están aplicadas las tensiones usuales de Cauchy σ y las tensiones efectivas σ' , respectivamente.



El modelo a representa la superficie dañada y el b representa la tensión de Cauchy σ o tensión efectiva.

04.38.Estado Uniaxial de tensiones (Llopis Pulido 2014).

La relación que existe entre la tensión de Cauchy y la tensión efectiva que actúa sobre la parte de la sección resistente efectiva, se puede calcular mediante la condición de equilibrio.

Si se tiene que:

$$N = S \times \sigma \quad N = S' \times \sigma'$$

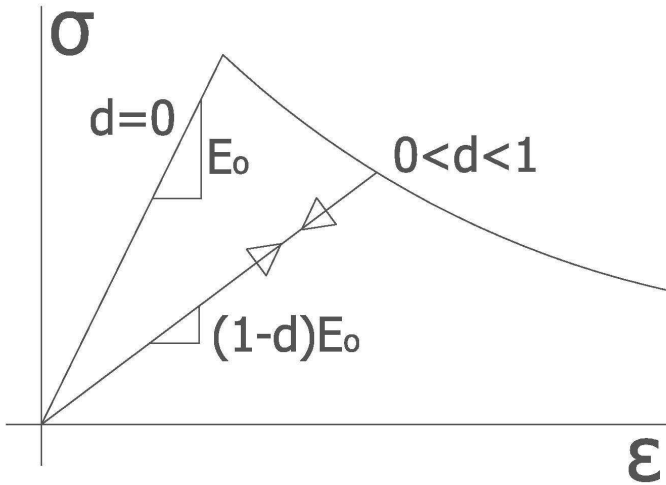
Entonces:

$$S \times \sigma = S' \times \sigma'$$

$$\sigma = (1 - d) \times \sigma' = (1 - d) \times E \times \epsilon$$

Gráficamente:

IV. Herramientas de Análisis



La gráfica expresa la evolución de la curva uniaxial tensión-deformación.

04.39. Modelo de Daño. Expresa la evolución de la curva uniaxial tensión-deformación (Llopis Pulido 2014).

El índice d indica el grado de deterioro del material ($0 \leq d \leq 1$) considerando el cero como el material virgen, no dañado y uno el deterioro del área resistente. (Martínez Boquera y Alonso Durá 2002) Por ello, tal y como podemos comprobar en la figura anterior, se trata de una reducción de la rigidez proporcional a $(1-d)$ en el comportamiento mecánico del material. En consecuencia, este índice es suficiente para representar perfectamente el comportamiento de este tipo de fábricas, principalmente construidas de fábrica de ladrillo o mampuestos.

Extendiendo la relación anterior al vector total de tensiones obtenemos:

$$\begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_x \\ \tau_y \\ \tau_z \end{bmatrix} = (1 - d) \times [D] \times \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_x \\ \gamma_y \\ \gamma_z \end{bmatrix}$$

Siendo D , la matriz de elasticidad para un material isótropo. No obstante, en el proceso de cálculo de MEF, la matriz constitutiva de D' se calcula como: (Almerich Chulia 2015)

$$D' = (1 - d) \times D$$

$$D = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{vmatrix} 1 & \frac{\nu}{(1-\nu)} & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\nu}{(1-\nu)} & 1 & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\nu}{(1-\nu)} & \frac{\nu}{(1-\nu)} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{vmatrix}$$

Para obtener la variable de daño en cada instante del proceso de carga y deformación debemos evaluar la normal r_n correspondiente al tensor de deformaciones a partir de:

$$r_n = [1 + \theta(n - 1)] \sqrt{\sum_{i=1}^3 (\sigma^{p,0})^2}$$

Donde definimos n como la relación entre las resistencias uniaxiales a compresión y a tracción del material:

$$n = \frac{f_c}{f}$$

Además definimos θ como la caracterización del comportamiento predominante a compresión o tracción y se logra mediante la expresión:

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^3 [\sigma_i^{p,0}]}{\sum_{i=1}^3 |\sigma_i^{p,0}|}$$

Siendo las tensiones no dañadas y la función de Macaulay de las tensiones principales no dañadas:

$$\sigma' = D\varepsilon$$

$$[\pm\sigma'_i] = \frac{1}{2}(\sigma_i|\pm\sigma_i)$$

Cabe destacar que el daño comienza en el momento en que el índice r_n supera a r_0 que se tomando como origen:

IV. Herramientas de Análisis

$$r_0 = \frac{f_t}{\sqrt{E}}$$

El valor actual del parámetro r lo tomamos como el máximo histórico en todo el proceso de carga:

$$r = \max\{r_0, r_n\}$$

Y la variable de daño en cada instante del proceso de carga y deformación se define como:

$$d = G(r_n) = 1 - \frac{r_0}{r} \cdot \exp\left\{A \left(1 - \frac{r_n}{r_0}\right)\right\}$$

Donde los valores r , r_0 , A los obtenemos según lo describe Oñate (Oñate 2000, p. 9), definiendo G_f como la energía de fractura por unidad de área y como longitud característica del dominio del punto que se analiza en la malla de elementos finitos, en función del volumen V asociado al nodo de la malla de sólidos considerado (Durá y Boquera 2003, p.169).

$$A = \frac{1}{\frac{g_{f_t} \times n^2 E_0}{(\sigma_0)^2} - \frac{1}{2}}$$

$$g_{f_t} = \frac{c_f}{l_0} \quad I_0 = \sqrt[3]{V}$$

De entre las ventajas que ofrece esta formulación del daño, la más ventajosa es su simplicidad de cálculo con respecto a otros modelos de fisuración, pues no requiere de un algoritmo especial que integre las ecuaciones constitutivas de los modelos elasto-plásticos. En este caso, las variables características del material son las propias del modelo. Definiéndose para ello, el módulo de deformación, el coeficiente de Poisson, la resistencia a tracción y compresión y la energía de fractura.

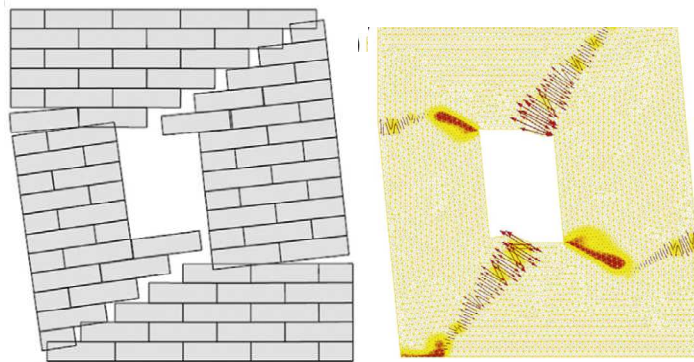
IV.2.5. Evolución actual de los métodos

La dificultad que presenta el cálculo de este tipo de estructuras de fábrica trae consigo una constante investigación y por tanto, una evolución de los

métodos de cálculo. Estos avances introducen nuevas variables en el cálculo aproximándose cada vez con más precisión a su comportamiento real, pero complicando notoriamente el cálculo.

Son muchos los autores que aportan nuevas propuestas de modelos analizados mediante el método de los elementos finitos. Entre ellos Roca, Cervera y Pelà (2011 y 2013) proponen un modelo de cálculo que es capaz de capturar la rigidez, la resistencia y la disipación inelástica en cada sentido del material. Por su parte Mallardo, Malvezz y Milani en 2008 también realizan estudios comparando y revisando distintos métodos numéricos.

Se puede observar en la figura que los parámetros introducidos en el modelo de la dcha. de Pelà et. al se aproximan el micro-modelado propuesto por Lourenço (izq) en 1993.



04.40. Comparación entre resultados: micro-modelado (izq) y macro-modelado (dcha) (Pelà, Cervera y Roca 2013).

Otro de los aspectos objeto de estudio ha sido la deformación a largo plazo en edificios históricos. De entre los estudios realizados destacan el de Roca en 2004; Binda, Saisi, Messina y Tringali en 2001 y Anzani, Bida y Mirabella-Roberti en 2008, donde investigan el efecto de una fisura con tensión constante a largo plazo.

Actualmente también se está teniendo en cuenta otros aspectos como el comportamiento viscoelástico del material estudiado por Cervera en 2003, modelos de daño caracterizando el daño a tracción y compresión estudiados por Faura, Oliver y Cervera en 1998, así modelos que guían la dirección de la propagación de la fisura estudiados por Cervera, Pelà, Clemente y Roca en 2010.

IV.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA

Para poder determinar la seguridad de los edificios es necesario prestar atención a la vulnerabilidad que presentan ante un sismo. En este aspecto se han desarrollado en los últimos años diferentes proyectos de investigación con el fin de establecer las bases para poder clasificar el riesgo sísmico, de entre ellos el HAZUS99 o el Risk UE.

El proyecto Risk UE clasifica los edificios en tipologías básicas, caracterizadas mediante índices de vulnerabilidad básicos. No obstante, estos índices no resultan suficientes. Las características particulares de cada edificio como su altura o número de plantas, así como el nivel de protección sísmica que presentan, deben tenerse en consideración como un factor modificador de dicho índice básico.

Determinar la vulnerabilidad sísmica de un edificio presenta varias indeterminaciones que obligan a tomar datos de referencia aproximados y no certeros. De entre ellas, una es la caracterización de los esfuerzos que provocan el sismo, puesto que una acción sísmica es complicada de prever en tiempo y magnitud, y por otra la respuesta de la estructura, sobre todo en el caso de edificios históricos en los que los materiales que las componen son heterogéneos y sus propiedades en la mayoría de los casos se desconocen (De Mazarredo Aznar 2015).

Para determinar la vulnerabilidad existen dos corrientes principalmente, el Análisis Pushover (PA) y el Análisis dinámico Incremental (IDA). Ambas herramientas se centran en el cálculo no lineal y ofrecen unos resultados bastante acertados comparándolos con la realidad.

IV.3.1. Acciones Sísmicas

Dadas las particularidades con las que se construyeron estos edificios históricos para definir la acción sísmica sobre ellos se recurre a métodos estadísticos y de probabilidad. La normativa la define mediante espectros de respuesta de las estructuras frente a las aceleraciones provocadas en el terreno por el sismo. Estos espectros representan el valor de la aceleración de un punto de la estructura provocada por el sismo en función del periodo de la estructura.

Para poder analizar los efectos que tienen los terremotos sobre las construcciones, tanto en fase de diseño como su comprobación en la fase ya construida, se utilizan los espectros de respuesta.

El concepto espectro de respuesta empezó a utilizarse a principios del siglo pasado y su importancia radica en el hecho de que estos gráficos condensan la compleja respuesta dinámica conforme a los valores de respuesta máxima, usualmente requeridos para estos análisis.

Para determinar los movimientos sísmicos de cálculo, son claves el periodo de retorno y la probabilidad de excedencia.

El periodo de retorno (T_R), uno de los requisitos fundamentales para el diseño y análisis estructural, se define como el coeficiente que permite establecer el valor mínimo que ha de ser soportado para considerar una estructura segura. Expresa el periodo promedio de tiempo, en años, que pasan desde que ha ocurrido un terremoto que ha provocado daños hasta que vuelve a ocurrir el siguiente, con características similares o superiores.

La probabilidad de excedencia (p_e) representa la hipótesis de superación de un valor umbral x_0 o bien una cierta severidad, durante un periodo de tiempo t , normalmente expresado en años (Benito y Jiménez 1999, p.2).

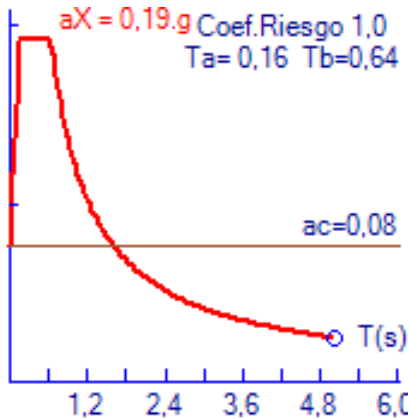
Los valores de periodos de retorno utilizados en el cálculo son los siguientes:

- Sismo de Servicio. Es aquel que tiene un 50% de posibilidades de tener lugar en un periodo de 50 años. Corresponde con un periodo de retorno de 72 años y puede ser sufrido varias veces en la vida útil de una estructura.

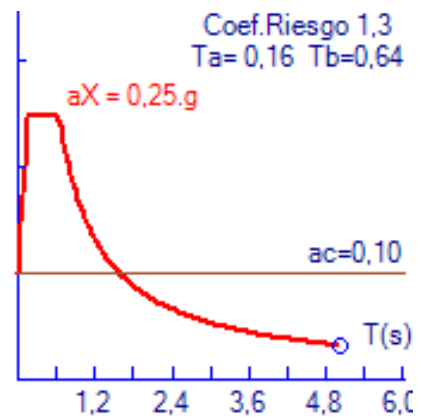
IV. Herramientas de Análisis

- Sismo de Diseño. Es aquel que tiene un 10% de posibilidad de ser superado en 50 años, correspondiendo a un periodo de retorno de 475 años. Este a diferencia del anterior, puede ocurrir una vez sólo en la vida útil del edificio.

- Sismo Máximo. Se considera el de mayor intensidad esperada en función de la ubicación del edificio. Tiene una posibilidad de 5% de ser alcanzado en un periodo de 50 años y un periodo de retorno de 975 años.



Espectro con periodo de retorno 475 años



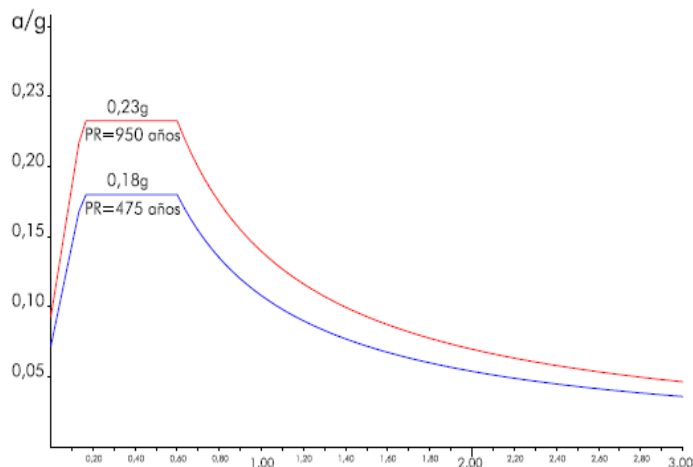
Espectro con periodo de retorno 950 años

04.41. Gráficas los espectros elásticos de diseño de Valencia (Alonso Durá 2015).

El espectro elástico de un sismo de diseño para la ciudad de Valencia definido por la norma NCSE-02 se muestra en la figura 04.41 izquierda y considera una aceleración de cálculo de 0,08g y una aceleración máxima en la meseta para periodos bajos de 0,19g para un periodo de retorno de 475 años. De forma semejante, a la izquierda se muestra un sismo máximo con una aceleración de cálculo de 0,10g y una aceleración máxima en la meseta para periodos bajos de 0,25g para un periodo de retorno de 950 años.

Cabe destacar que los espectros de respuesta omiten cierta información. Los efectos que ellos provocan sobre una estructura, no dependen únicamente de la respuesta máxima, sino que también del tiempo de duración del movimiento, así como del número de ciclos con demanda significativa de desplazamientos.

La equivalencia de estos sismos de diseño con la intensidad medida en la escala MSK (Medvedv-Sponheurer-karnik), es de grado VI para el sismo con periodo de retorno de 475 y de intensidad VII para el de 950 años.



04.42. Espectros de Valencia para periodos de retorno de 475 y 950 años (Llopis Pulido 2014).

IV.3.2. Análisis frente al sismo.

IV.3.2.1. El método Pushover.

El tratamiento de un modelo estructural, sometido a una historia de aceleraciones en un análisis no lineal, supone poseer unos medios de cómputo y tiempo, que no están al alcance de muchos profesionales. Una forma de paliar estos inconvenientes es modelizar la estructura de tal forma que el desempeño de un sistema con múltiples grados de libertad pueda asociarse al de un modelo de referencia de un grado de libertad (Meza 2008, p.2).

Para ello, es esencial establecer una correspondencia entre la demanda sísmica y la capacidad de la estructura. Este criterio, siendo aproximado, varía en función del método a utilizar. En el caso que nos ocupa, se utilizará el análisis por empujes incrementales (pushover), a fin de evaluar el comportamiento de la iglesia de los Santos Juanes frente a esfuerzos dinámicos.

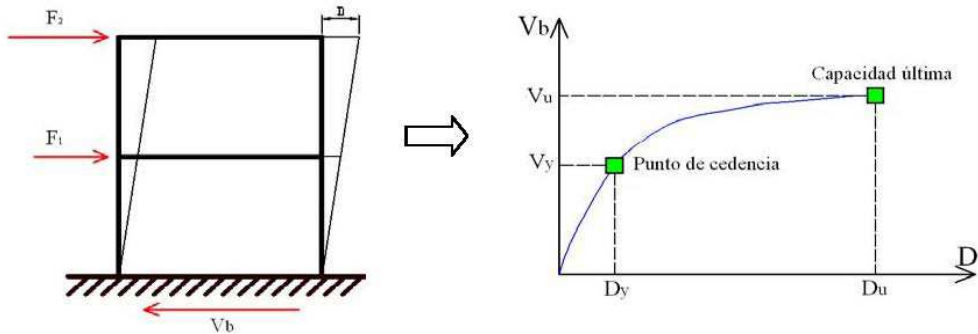
El método pushover, desarrollado por Freeman en 1998 (Vacas Albala 2009, p.11), se caracteriza por la comparación, mediante un método gráfico, de la capacidad de una estructura frente a la demanda que provoca el terreno como consecuencia de un terremoto.

IV. Herramientas de Análisis

Una de las principales virtudes de este método es su evaluación visual, al permitir mostrar el comportamiento de la estructura cuando está sometida a esfuerzos dinámicos de forma rápida e intuitiva. La capacidad de la estructura se representa por la curva fuerza-desplazamiento, resultado del análisis estático no lineal.

La acción sísmica se introduce sometiendo la estructura a un patrón de cargas laterales F_i , que se incrementa de manera monótonica hasta alcanzar la capacidad máxima de la estructura. El patrón de cargas utilizado en esta tesis es el de distribución modal.

La capacidad de respuesta estructural se representa mediante la curva de capacidad que relaciona las reacciones de la base, cortante basal V_b y los desplazamientos D en el nivel superior de la estructura.



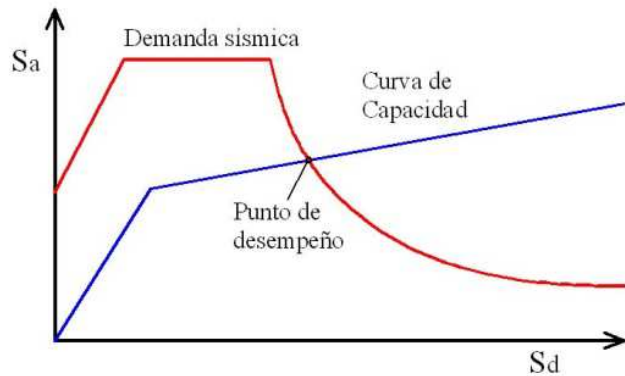
04.43. Patrón de Cargas aplicado en el método Pushover y Curva de Capacidad (Vacas Albala 2009).

En la representación de la curva aparecen dos puntos característicos, el punto de cedencia y el de capacidad máxima. El primero de ellos, representa la posición donde la curva de la estructura deja de ser lineal, mientras que la capacidad última muestra el punto donde la estructura ha alcanzado el mecanismo de colapso o su capacidad máxima.

Con respecto a la demanda del terremoto, se define como un espectro elástico, eminentemente amortiguado o inelástico. Se utiliza el formato aceleración-desplazamiento en el espectro de respuesta, con los periodos representados por líneas radiales.

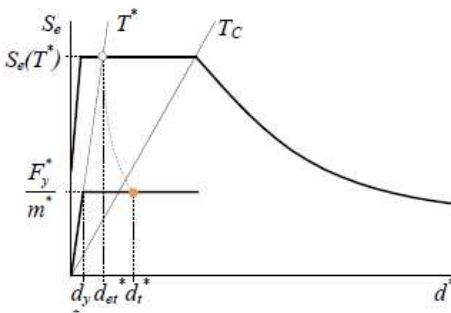
Concretamente en nuestro caso, y analizando la NCSE-02, de obligado cumplimiento en Valencia, podemos comprobar que utiliza dos momentos sísmicos en función del periodo de retorno. El primero de ellos, el espectro de diseño que corresponde a un periodo de retorno de 475 años y en segundo, el sismo máximo, con un periodo de retorno de 950.

El punto de intersección entre el espectro de capacidad y el espectro de demanda se denomina *punto de desempeño* de la estructura. Evalúa el comportamiento límite de los elementos estructurales de acuerdo a la demanda sísmica esperada.

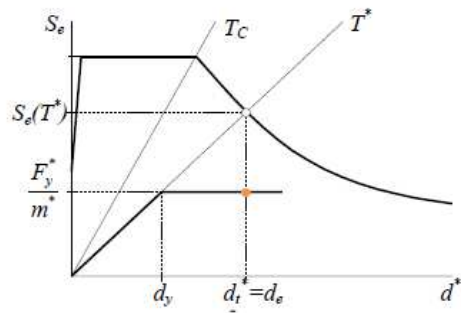


04.44. Espectro de capacidad (Vacas Albala 2009).

El Eurocódigo 8 define el punto de desempeño para estructuras con periodos cortos o largos, según las siguientes figuras:



a. Rango de Periodo Corto

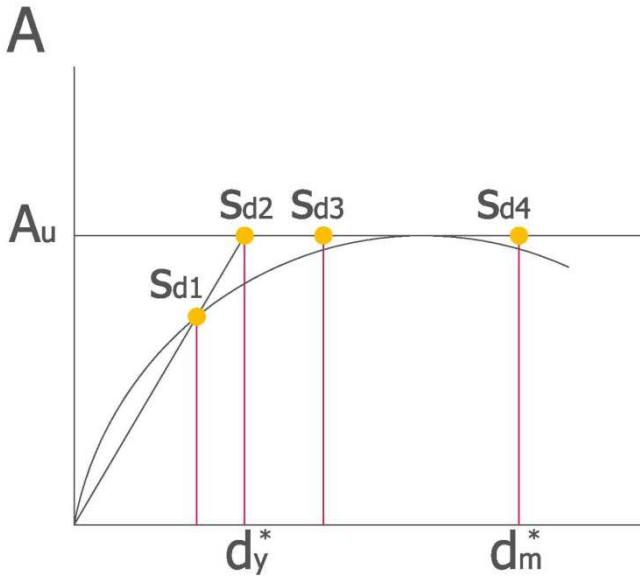


b. Rango de periodo medio y largo

04.45. Gráficas indicativas del punto de desempeño (Perelló Roso 2015).

IV. Herramientas de Análisis

Actualmente existen algunos métodos para relacionar la curva de capacidad y la demanda, con el fin de obtener el punto de desempeño o "Performance Point" (Abril Jaramillo 2013, p.52). Para comparar ambas curvas, demanda y capacidad, se han de transformar en un formato homogéneo, formato denominado ADRS: espectro de respuesta Aceleración-Desplazamiento.



04.46. Umbrales de los estados de daño (Perelló Roso 2015).

Posteriormente esta curva se simplifica en un trazado bilineal que debe cumplir los siguientes requisitos: El área bajo las dos curvas ha de ser la misma, las coordenadas del punto de máximo desplazamiento han de coincidir, y la pendiente de la rama inicial debe ser la misma en ambas curvas.

La gráfica bilineal se define completamente con dos puntos que corresponderán con un desplazamiento espectral (S_d) al final de la rama elástica (S_{d2}) y un desplazamiento espectral al final de la rama plástica (S_{d4}) y que serán umbrales de daño.

Umbral de daño	Definición
Leve	$S_{d1} = 0,7 D_y$
Moderado	$S_{d2} = D_y$
Severo	$S_{d3} = D_y + 0,25 (D_u - D_y)$
Completo	$S_{d4} = D_u$

T.04.1 Clasificación de los Umbrales de daño ¹²⁸.

Basándonos en la definición del RISK-UE, se obtienen 5 estados o nivel de daño, habiendo definido dos umbrales más que corresponderían con los desplazamientos espectrales S_{d1} y S_{d3} :

Nivel de Daño	Umbral Inferior	Umbral Superior
Nulo	Origen	S_{d1}
Leve	S_{d1}	S_{d2}
Moderado	S_{d2}	S_{d3}
Severo	S_{d3}	S_{d4}
Completo	S_{d4}	-----

T.04.2 Estados de daño según Risk UE ¹²⁹.

IV.3.2.2. Análisis no lineal en el tiempo

El comportamiento sísmico también puede evaluarse a través de un análisis no lineal en el dominio del tiempo. Esto es posible a través de la integración numérica de las ecuaciones diferenciales del movimiento, utilizando acelerogramas que representan la excitación del suelo.

Estos acelerogramas interpretan la agitación sobre una estructura variable en el tiempo y cuya respuesta a un sismo real no tiene solución analítica.

¹²⁸ Tabla elaborada por el autor de los umbrales de daño según Risk UE (2016).

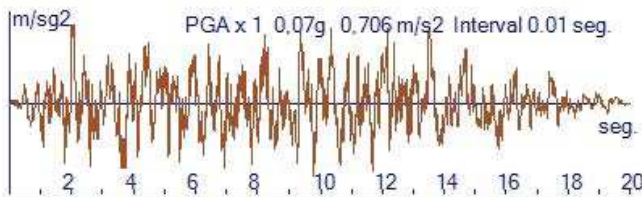
¹²⁹ Tabla elaborada por el autor de los estados de daño según Risk UE (2016).

IV. Herramientas de Análisis

Por ello en el caso que nos ocupa la simulación de la estructura se calculará con el programa Angle (Alonso Durá 2015) que emplea el método de Newmark ¹³⁰.

En Valencia no resulta sencillo fijar un acelerograma puesto que hay pocos registros de terremotos de intensidad importante. Según analiza Llopis en su tesis doctoral, la aceleración de pico que alcanzaron fue muy baja, de 0,004g frente al valor que marca la norma de 0,06g para Valencia (Llopis Pulido 2014).

En consecuencia, para este análisis se genera un acelerograma artificial mediante el programa SIMQKE-GR, que proporciona acelerogramas compatibles con espectros determinados. La figura 04.47 un acelerograma artificial en la dirección X para un sismo con un periodo de retorno de 475 años y compatible con la norma



04.47. Acelerograma artificial en la dirección X ¹³¹.

¹³⁰ Nota: El método de Newmark permite construir el espectro de diseño elástico a partir del tipo de suelo y las máximas aceleraciones, velocidades y desplazamientos del suelo esperados en el sitio.

¹³¹ Acelerograma extraído del programa SIMQKE-GR..

V.

**PARTICULARIDADES
DE LA PARROQUIA**



V.1. COMPOSICIÓN Y MEDIDAS

La dificultad de la obtención de las trazas primitivas de la iglesia de los Santos Juanes viene precedida por dos hechos importantes: el desconocimiento, por falta de documentación existente del artífice de los planos y los múltiples cambios que ha sufrido el edificio.

Por ello y gracias a la documentación gráfica obtenida y del análisis constructivo del edificio, se realiza un estudio de las trazas del mismo. Este análisis no sólo permite obtener las trazas utilizadas para la construcción de la iglesia, sino también conocer sus propiedades intrínsecas.

Bajo esta hipótesis de trabajo, se realiza el estudio a través de la lectura y la medición directa del propio edificio, los principios constructivos, la necesidad de establecer unos umbrales que los racionalicen y que guíen el proceso de la ejecución.

El estudio de las trazas se centra en definir la hipótesis de diseño original del edificio seguida por el maestro mayor o arquitecto. Para ello se considerarán los esquemas compositivos y organizativos espaciales del sistema geométrico de proporciones supuestamente empleado. Pero además será necesario tener en cuenta las formas geométricas intrínsecas que definieron su origen.

El método utilizado sigue las pautas marcadas por el contexto histórico de la época, esencial para establecer las razones arquitectónicas aplicadas por el maestro de obra. Por ello, se utilizarán los mismos recursos que se manejaban y se adoptarán los procesos compositivos establecidos de aquel momento (Torner et al. 2015).

El proceso de búsqueda de las trazas que definen el templo se basa en la observación directa y el estudio de los tratados junto con el análisis de las figuras geométricas aplicables a la documentación gráfica obtenida del escaneado del templo.

La interpretación de uno de los tratados más importantes de la arquitectura, *el tratado de Vitruvio*, ha sido fundamental. Vitruvio refleja los principios fundamentales de construcción de la época y en base a ello, se buscan

las premisas comunes de la iglesia con las directrices propuestas, tanto para templos o basílicas como para otro tipo de edificaciones.

Vitruvio remarca los conceptos arquitectónicos de la teoría de la proporción que sirven de guía en la investigación y que son: *ordinatio*, *dispositio*, *symmetria*, *eurythmia* y *decor* (Esteban Lorente 2001, p.229-256). Estos criterios han marcado el análisis y justifican las trazas que se proponen.

La descripción de cada uno de los conceptos que propone Vitruvio es imprescindible para el entendimiento del análisis realizado. El primero de ellos, el *ordinatio*, se refiere a la búsqueda del tamaño adecuado, la construcción en base a una modulación concreta que facilite el desarrollo arquitectónico del templo, ofreciendo unos cánones de proporción correcta entre las distintas partes del edificio.

La *compositio*, aunque no lo cita explícitamente en el tratado, la referencia constantemente en varios de sus libros, refiriéndose a la búsqueda de la proporción de las piezas arquitectónicas. Vitruvio propone tomar como referencia un módulo extraído de la planta de la iglesia, el cual servirá de base para la composición del templo:

“la compositio nace de la simetría y ésta de la proporción de la razón (cociente).” (Esteban Lorente 2001)

El *dispositio* lo define como el conjunto de ideas basadas en explicaciones y razones geométricas que determinan las relaciones intrínsecas del edificio, más concretamente lo que se entiende como proyecto.

Define *Eurythmia* del siguiente modo:

“La eurythmia es el bello y grato aspecto que resulta de la disposición de todas las partes de la obra, como la correspondencia entre la altura y la anchura y la longitud, de modo que el conjunto tenga las proporciones debidas.” (Esteban Lorente 2001)

Como su nombre deja entre ver, *decor* ha sido traducida como la adecuación de la forma a la función, pero entendida como aquella que es acorde a las costumbres del lugar de construcción.

V. Particularidades de la Parroquia

Vitruvio desarrolla una serie de pautas que marcan las características de la construcción del momento. Todo el estudio que realiza lo plasma en sus libros. Esto ha permitido conocer y entender las razones de las construcciones históricas, muchas de ellas base de las que conocemos hoy en día (Esteban Lorente 2001).

Basándose en estas pautas establecidas, la investigación que se realiza se centra en dos líneas claramente marcadas: el estudio del sistema métrico y el estudio del sistema geométrico del templo. Todo ello con la finalidad de poder obtener el mayor número de datos posibles en referencia a la construcción del templo, que permitan discernir las razones de su origen.

V.1.1. Estudio del sistema métrico

Antes de iniciar un estudio más detallado de la métrica del templo, se analizan más concretamente los sistemas que se utilizaban en el momento de la construcción. Para ello, lo natural sería remontarse al siglo XIV, momento en el cual según apuntan todas las hipótesis se empezó a construir el templo.

En este siglo, incluso en los posteriores, debido principalmente a la escasez de los medios que se disponían, se utilizaba un sistema métrico distinto al actual. Consecuentemente, la primera proposición que se plantea es la localización del sistema utilizado en esta época y concretamente en la zona donde se ubica la iglesia, Valencia. Cabe destacar la importancia de la ubicación en referencia al sistema utilizado, pues como se comprueba, se utilizaban procedimientos diferentes, aunque entre ellos guardasen similitudes comunes.

Las medidas utilizadas principalmente como base para construcciones de la época no nacieron en el XIV, sino eran sistemas que se venían utilizando desde tiempos del imperio romano. Su evolución fue constante, derivando en múltiples variantes en función de la localización geográfica.

En Valencia, el sistema métrico instaurado en este momento, utilizado como referente para la construcción, era la vara o el *alna*, el palmo y el codo. Las características de estas medidas tenían unas limitaciones y en consecuencia no

podían ser empleadas para mediciones de gran envergadura, como por ejemplo de aire, tierra y mar. Estas últimas tenían un sistema diferente de medición, que no tienen relevancia en esta investigación.

La tabla T.05.1 refleja las medidas más significativas y utilizadas en el momento de la construcción de los Santos Juanes, y su equivalencia actual.

Medidas	Equivalencias
La vara valenciana	0,91 m 3 pies o 4 palmos valencianos
Un pie	0,30 m 1/3 de vara
Un palmo	0,23 m 1/4 de vara
Un codo	0,45 m

T.05.1 Medidas utilizadas en Valencia y sus equivalencias en el sistema internacional. Autor (2015).

Conocidas estas equivalencias y gracias a la documentación gráfica extraída en el capítulo anterior, se analiza su correspondencia con la realidad existente en los Santos Juanes.

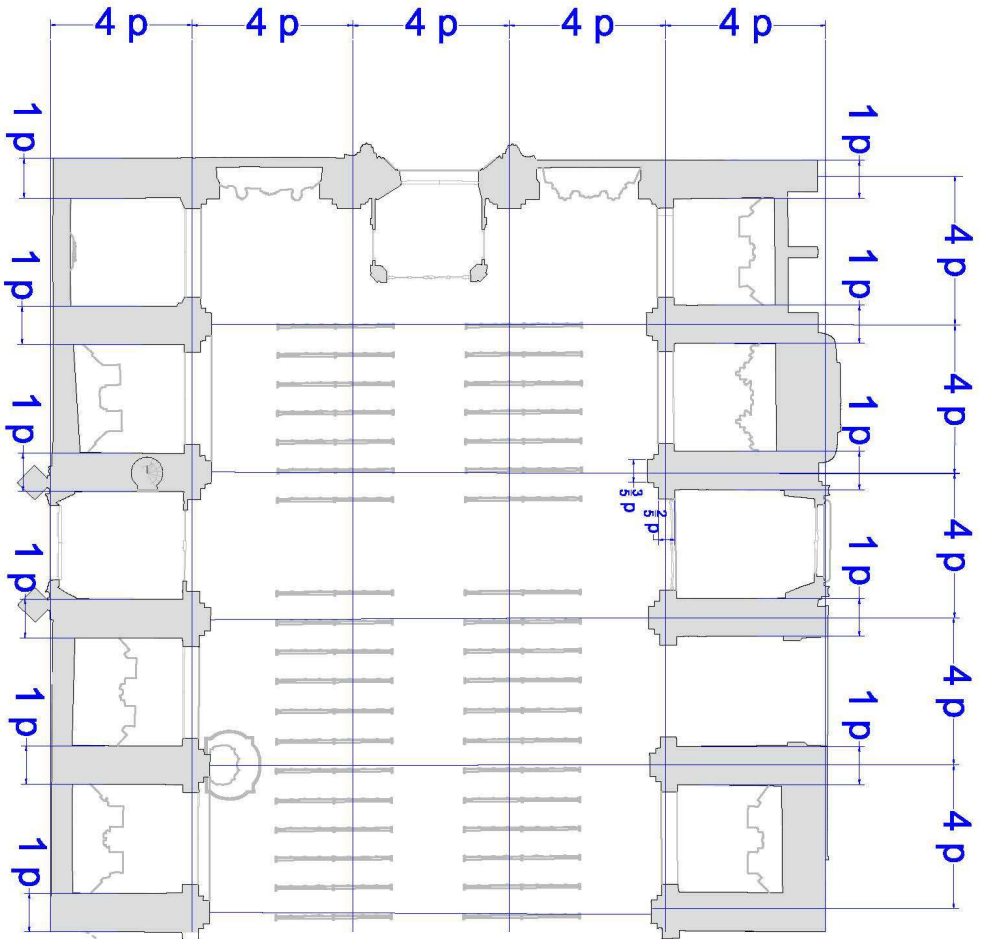
Merece la pena puntualizar, que para modular las trazas del templo se acepta un error máximo del 1%, sin llegar a superar los 10 cm. Y se consideran las inferiores a este 1% como un error tolerable de 5 mm.

En base a ello, y con el fin que el estudio sea lo más completo posible, se decide realizar un estudio métrico de dos plantas diferentes, entendiéndolas, como se ha comentado en capítulos anteriores, que existió una primera planta original y que ésta ha ido sufriendo modificaciones y ampliaciones. Consecuencia de este planteamiento, se considera imprescindible analizar aquel trazado que responde a la originaria y posteriormente estudiar el conjunto de la planta actual para poder averiguar su posible evolución posterior.

Llegado a este punto, y para comprender mejor el sistema métrico utilizado, se han de retomar las aportaciones de Vitruvio. En ellas afirma que el módulo para obtener las trazas de la planta ha de ser igual al diámetro de la

V. Particularidades de la Parroquia

columna de la estructura central de la iglesia y su altura dependerá del intercolumnio del edificio.



05.1. Modulación de la planta primitiva de los Santos Juanes 135. Autor (2015).

En la Iglesia de los Santos Juanes se comprueba que la planta sigue una modulación clara de 4 palmos¹³⁴. Su módulo equivale con el sistema métrico actual a 1,38 m y corresponde a la base de construcción del diseño de las capillas

¹³⁴Nota: la "p" se refiere a la modulación en palmos valencianos cuya relación con la medición actual se referencia en la tabla T.05.1

laterales tanto longitudinal como transversalmente. Este módulo es repetido por 5, tanto en longitud como en anchura, conformando la nave central y definiendo lo que se considera fue el primer trazado del templo.

Se confirma que el módulo que se repite en la planta original coincide con el diámetro de la columna, tal y como apuntaba Vitruvio. En definitiva, una planta que buscaba la simetría en ambos sentidos.

Con el objetivo de conseguir la máxima información posible del templo, y con el fin de comprobar si las posteriores ampliaciones del edificio siguieron fielmente la modulación original, se repite este módulo sobre la planta actual.

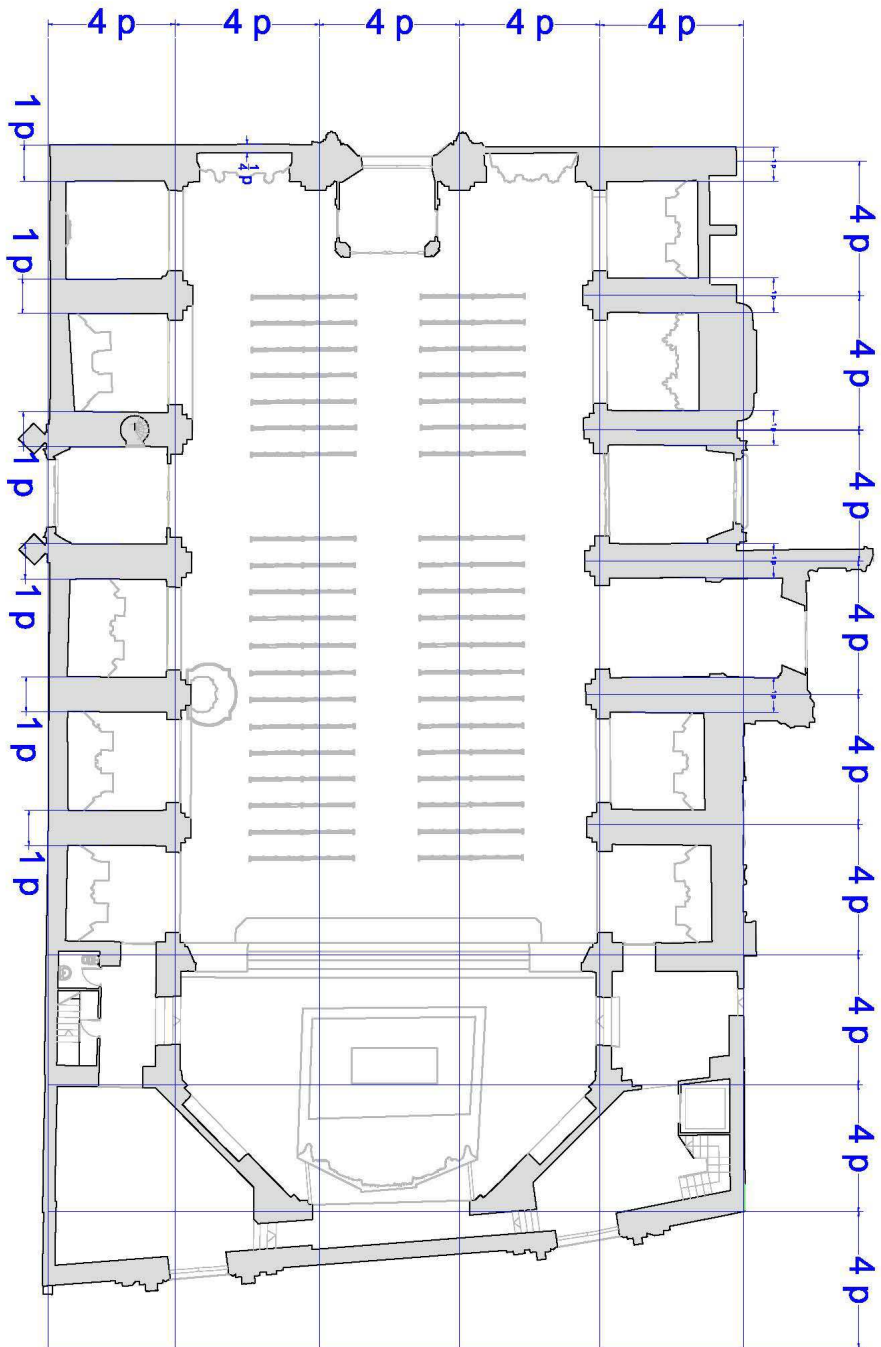
Tal y como muestra la figura 05.2, aunque la primera ampliación de la planta se realizó años después, para su construcción se utilizó el módulo adquirido en la originaria. En esta ampliación se construye la última capilla lateral y el ábside hexagonal que conocemos actualmente.

Las siguientes ampliaciones, mucho más tardías, no siguen un patrón fijo. Entre ellas, la construcción de la fachada de la calle del Mercado adherida siglos después, más que preocuparse por mantener la modulación establecida, buscaba remarcar su carácter urbano y su presencia en la plaza.

De forma similar, la capilla de la Comunión, resultado de la compra de unas viviendas colindantes, no guarda ningún patrón con el original. Esto se debe a la preocupación de aislar el edificio del resto de manzanas más que a seguir con las pautas de crecimiento previstas.

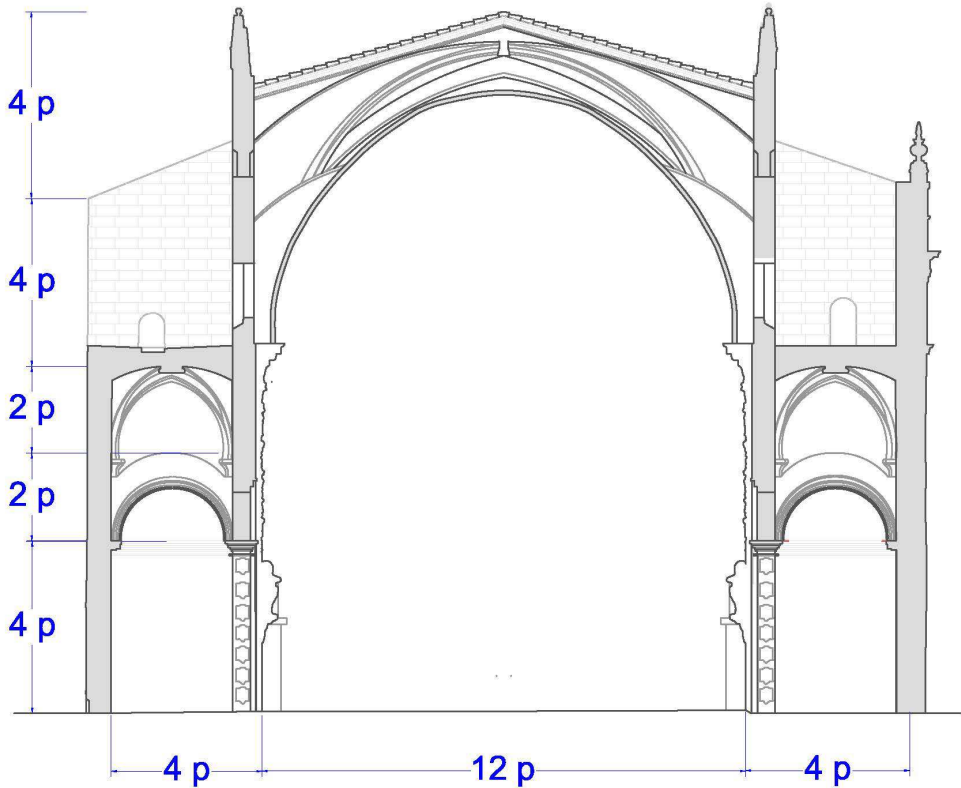
En consecuencia, los límites de la modulación se ubican en las fachadas longitudinales y en el muro frontal del ábside, considerando este perímetro el correspondiente al edificio original y su primera ampliación años después. Esta área corresponde fidedignamente con la parte gótica del templo, escondida tras la transformación barroca del siglo XVII.

V. Particularidades de la Parroquia



05.2. Modulaci3n del cuerpo principal actual de los Santos Juanes¹³⁵. Autor (2015).

Pero no sólo la planta debía cumplir las premisas fijadas en cuanto a proporción y simetría, la sección de los templos tenía que tener una correspondencia clara con ella, según Vitruvio. Esta correlación queda reflejada en sección con la utilización del mismo sistema modular utilizado para la planta.



05.3. Sección métrica transversal de los Santos Juanes¹³⁵. Autor (2015).

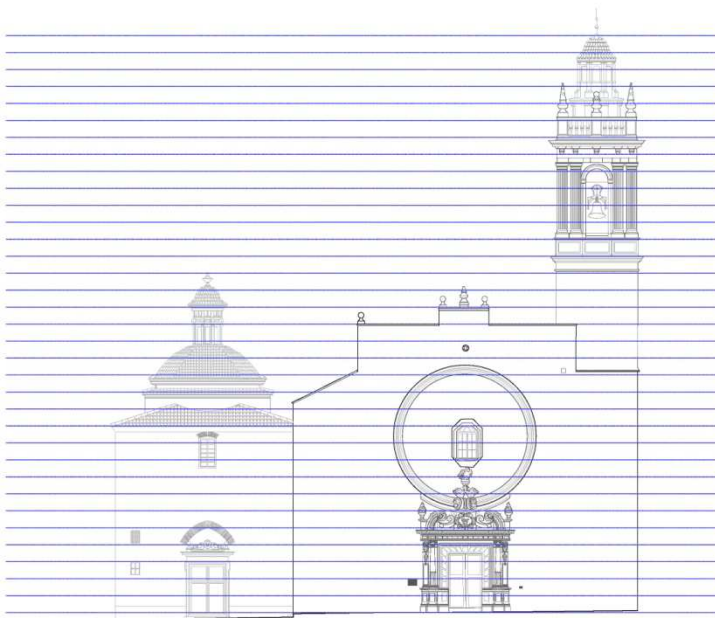
Siguiendo las mismas premisas en cuanto a modulación utilizadas en la planta, la figura 05.3 comprueba la repetición del patrón utilizado. El primer módulo marca el arranque de los arcos de las capillas laterales, aunque hay que destacar que estos primeros son los arcos barrocos y no los primitivos góticos. Resulta curioso que estos arcos cumplan con la modulación establecida con tanta anterioridad a su construcción. Con ello, se denota la importancia de este sistema constructivo y cómo se aprovechan de él en intervenciones posteriores,

V. Particularidades de la Parroquia

respetándolos al máximo y manteniéndolos incluso en una época totalmente distinta y pasados tres siglos.

El segundo módulo se dibuja fraccionándolo en dos partes para una mejor comprensión. Ello es debido al interés de puntualizar dos partes claras y moduladas. Por un lado, la primera mitad que define el arranque de los arcos góticos de las capillas y por otro, la segunda mitad que coincide con la clave o punto más elevado de éstos.

Los dos últimos módulos superiores de la sección también reflejan datos importantes. El siguiente señala la altura de los contrafuertes y el último la altura total de la iglesia en la nave central.

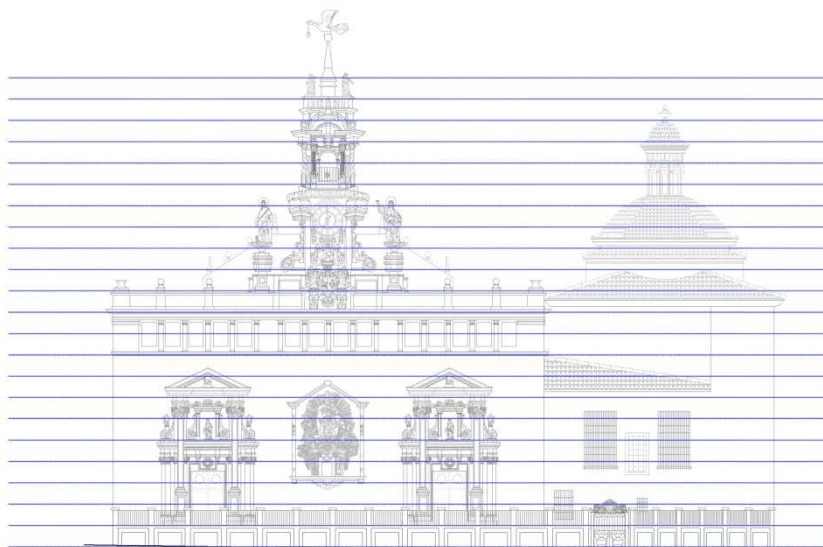


05.4. Modulación del alzado de la plaza del cementerio de San Juan. Autor (2015).

Sin embargo, es interesante realizar el estudio de los alzados buscando la unidad del conjunto arquitectónico. De ellos, el alzado de la plaza del Cementerio de San Juan es el que menos intervenciones ha tenido a lo largo de su historia. Cumple perfectamente con la cuadrícula modular que se ha establecido y que se comprueba en este análisis. Se aprecia como remarca la

altura de la puerta, la del dintel, la ventana donde se encuentra la famosa "O" de San Juan, la altura total de la fachada y asombrosamente la altura del campanario, que se data posterior a la estructura original.

De forma similar, el alzado de la plaza del Mercado vuelve a cumplir con la métrica constructiva preestablecida. De nuevo, señala las alturas de los puntos claves del alzado, aunque curiosamente éste se realizara posteriormente.

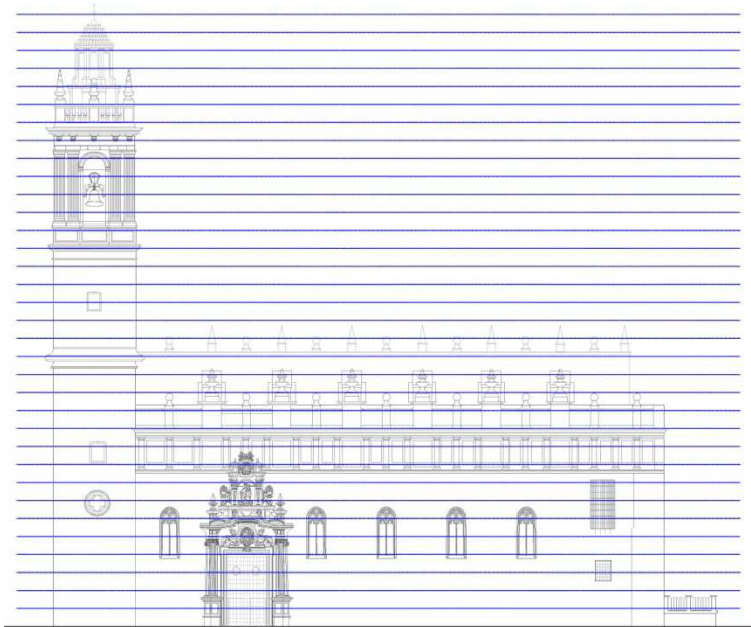


05.5. Modulación del alzado de la plaza del Mercado. Autor (2015).

En los dos alzados restantes se repite la misma acción. A diferencia de los anteriores, éstos son los dos alzados que más modificaciones reciben en el transcurso temporal del templo. El correspondiente a la Capilla de la Comunión, construido posteriormente y dada su sobriedad, no permite la extracción de conclusiones claras. No se puede afirmar con certeza si cuando se construyó se pensó en la trama que se sigue en la totalidad del templo.

En el alzado de la calle del Peso de la Paja, pese a sufrir numerosas modificaciones, tal y como se muestra en la figura 05.6, la altura de la fachada, de la puerta y la de las partes más importantes del campanario, coinciden con la modulación propuesta. De nuevo, los resultados muestran la importancia de la trama, respetándose incluso en construcciones posteriores.

V. Particularidades de la Parroquia



05.6. Modulaci3n del alzado de la calle del Peso de la Paja. Autor (2015).

V.1.2. Estudio geom3trico

Tal y como se enuncia al principio del cap3tulo, dos son los aspectos en los que se centra este estudio. El primero de ellos ha sido verificar la existencia de un sistema m3trico ligado a la construcci3n del templo, y este segundo pretende desarrollar el sistema geom3trico vinculante que se tom3 en consideraci3n tanto en la concepci3n como en la ejecuci3n del edificio.

Cabe destacar que autores del momento encuentran este sistema m3s acertado que el m3trico. Ello es debido a que el sistema se apoyaba de unas figuras b3sicas conocidas por todos, las cuales facilitaban la unificaci3n de criterios y permit3an desechar mediciones dispares seg3n la ubicaci3n geogr3fica donde se construyese el templo.

Este procedimiento se centra en la obtenci3n de un trazado regulador basado en la composici3n y el dise1o a trav3s de figuras arquitect3nicas f3cilmente describibles. Su aplicaci3n proporcionaba la ubicaci3n de los puntos singulares y el trazado del templo.

Las formas más frecuentes se definen mediante figuras sencillas, como el cuadrado, por sus ángulos rectos, el círculo, el triángulo, etc. El uso de esta configuración elemental se fundamenta en la necesidad de utilizar instrumentos sencillos, pues son los únicos que había en la época, con el fin de poder trazarlos o medirlos. Entre ellos se encontraba: la vara de medir, la escuadra, el compás y la cadena de agrimensor, esta última utilizada para definir los cuartos.

De todos, se considera el cuadrado como una figura evidente, y derivado de éste el cubo o el hexaedro. Hay que tener presente que estas dos últimas figuras se superponen con el círculo para que la razón entre sus diámetros defina el espesor de los muros o el área de los espacios interiores. Consta de una belleza intencional y lógica, además de la practicidad que ofrece su puesta en obra, al poderse dibujar fácilmente mediante una cuerda o compás. Por su lado el círculo y los arcos del círculo, utilizados fundamentalmente para la formación de las bóvedas de crucería y para la ornamentación, se dibujan en base a los anteriores llegando a ser una de las figuras más utilizadas (Torner et al. 2015).

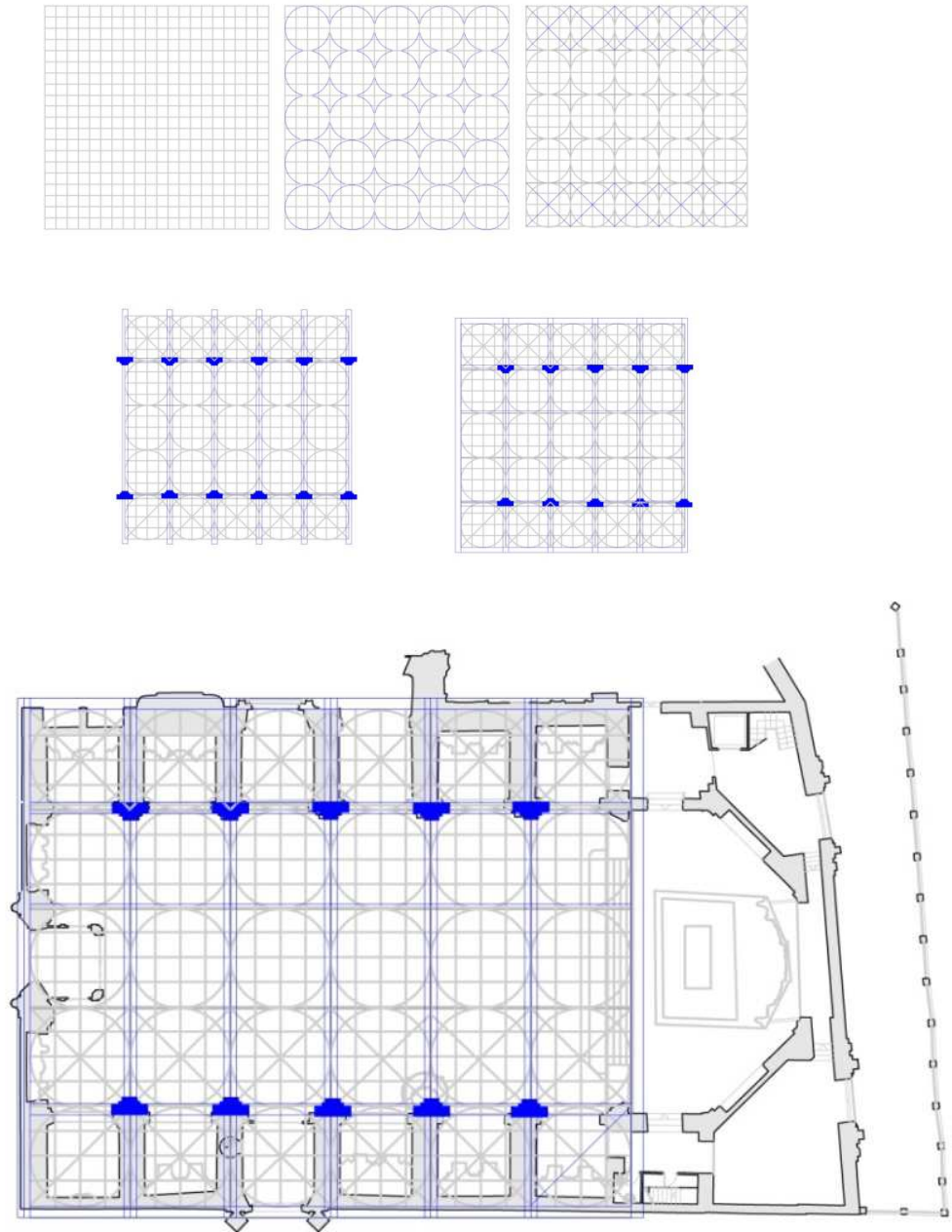
Pero la principal ventaja que aportaba este sistema es la facilidad de manejar figuras geométricas simples sin necesidad de poseer grandes conocimientos matemáticos y de dibujo. Resultaba un método mucho más sencillo que el métrico y perfectamente aplicable como base para el trazado y construcción del templo.

En consecuencia, se realiza un estudio minucioso de la planta, comprobando la relación geométrica de las distintas partes de su trazado con las figuras básicas propuestas.

Como en el caso anterior, se procede primeramente al análisis de la planta para posteriormente examinar la sección y con ello extraer la máxima información posible en referencia a las pautas constructivas que se tomaron en consideración para erigir el templo.

La figura 05.7 muestra la hipótesis planteada en relación a las posibles trazas geométricas que se pudieron llevar a cabo en el diseño de la planta de los Santos Juanes, mostrando los pasos que podrían haber guiado su evolución hasta la obtención del trazado global.

V. Particularidades de la Parroquia



05.7. Pasos planteados para la obtención del trazado geométrico. Autor (2015).

Cabe resaltar que se realiza este estudio únicamente en la planta primitiva de la iglesia, pues responde al trazado original del templo. Sin embargo,

tal y como demuestra el análisis métrico, el templo siguió fielmente este trazado regulador hasta el ábside, adherido en la primera ampliación, pocos años después.

El estudio geométrico se realiza utilizando una cuadrícula con el módulo obtenido del estudio métrico. Ello lleva a pensar que el primer trazado podría haberse realizado sobre un cuadrado, propio de las iglesias de la reconquista, pudiendo responder a la razón de $\sqrt{2}$.

El segundo trazado corresponde al trazado de una serie de circunferencias que quedan circunscritas dentro de 25 cuadrados. Esto respondería a un módulo de cinco por cinco. Si se trazan las diagonales en los respectivos cuadrados, delimitarían las capillas laterales. Además, los encuentros de las diagonales marcan el punto central del eje de las pilastras de la estructura principal. De forma similar, la banda correspondiente a los pilares de la iglesia coincide con límite exterior de las fachadas, trazando un módulo hacia afuera.

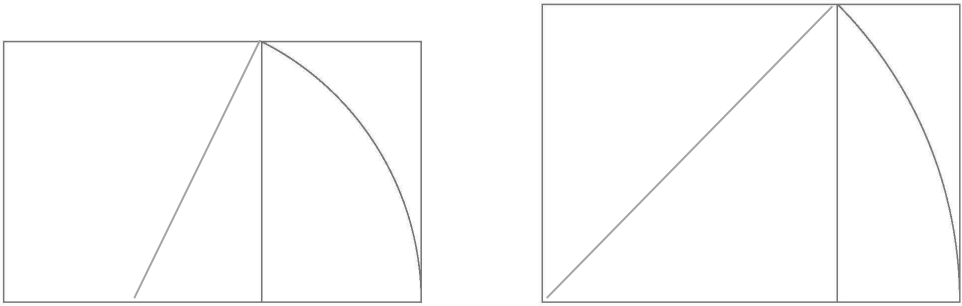
Para finalizar se sobrepone el trazado en la planta general con el fin de plasmar todos los pasos realizados en una única hipótesis.

Obtenidas las líneas generales que definirían el hipotético trazado geométrico en planta, queda analizar su correspondencia en el alzado, con el fin de comprobar la relación de las pautas seguidas en todo el conjunto del edificio.

Para establecer las bases que lo pudieron conformar, se ha de conocer el desarrollo armónico de la geometría base. El primero de ellos, el aurón, se genera a partir de un cuadrado dividido en dos partes. Trazando una diagonal desde el punto medio del cuadrado hasta uno de sus extremos contrarios y con el abatimiento de la diagonal sobre su lado, se consigue el lado mayor del nuevo rectángulo.

De forma semejante se traza el diágón. Se traza una diagonal desde uno de los extremos al extremo contrario y el abatimiento de esta diagonal sobre su lado marca de nuevo el lado mayor del rectángulo (García Valldecabres 2010, p. 40; Ponce de Leon y Fregoso 2010).

V. Particularidades de la Parroquia



05.8.Representación del Aurón y Diagón. Autor (2015).

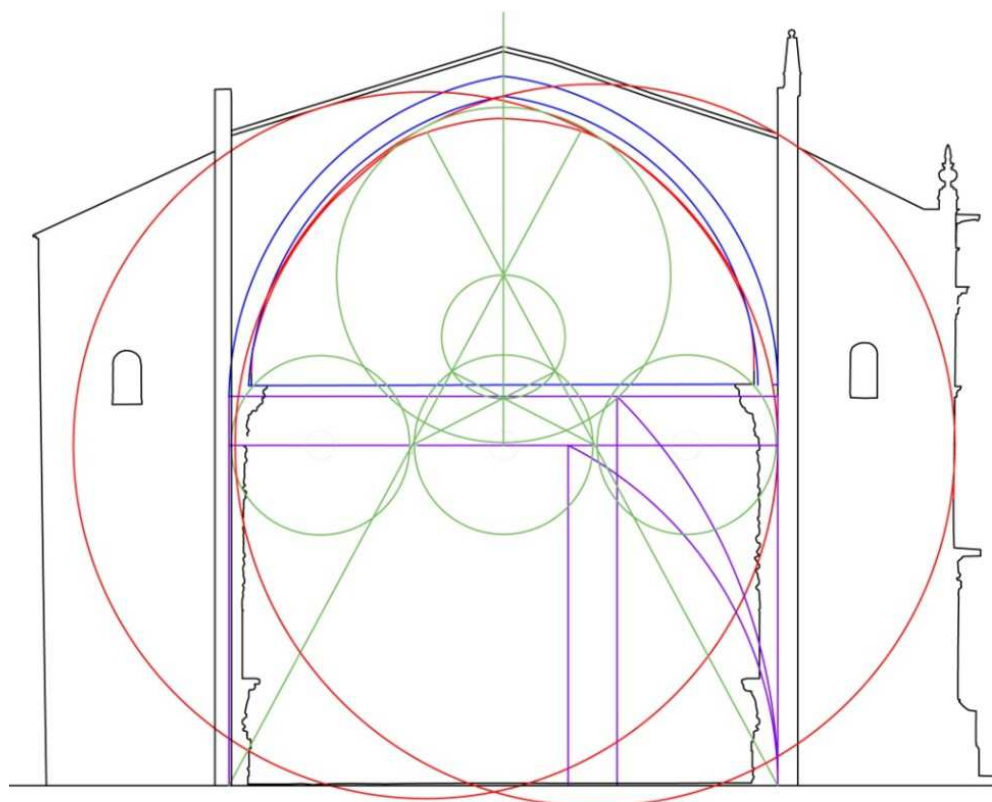
Obtenidas estas pautas geométricas, base del trazado de la mayoría de los templos de la época, se comprueba su coincidencia con la parroquia de los Santos Juanes.

La figura 05.9 muestra una sección en la que se aprecia la coincidencia del diagón y el aurón con el ancho de la nave central del templo. La altura del primero define el arranque de los arcos góticos de la nave central y el segundo la clave de la estructura gótica de las capillas.

En adición, si se disponen tres circunferencias con el mismo diámetro que el de las trazas de la planta, sobre el plano que define el diagón, el punto tangente entre la central y las dos laterales señala el centro del arco que define la forma apuntada de los fajones

Sin embargo, la visión que tenemos actualmente del templo esconde esta primitiva estructura de la nave principal bajo una bóveda barroca. Para el trazado de esta bóveda se apoyaron en la estructura originaria gótica, anclándola a los fajones y resolviendo el encuentro superior mediante una forma ovalada.

De nuevo se comprueba que para el remate de la bóveda barroca se utilizó como base el primitivo sistema geométrico. Para ejecutar la forma ovalada del remate superior, se utilizó el punto resultante de la intersección de las diagonales con origen en los extremos de la nave central y que pasan por la tangente de estas tres primeras circunferencias definidas. A su vez, estas diagonales son las encargadas de definir los dos puntos de tangencia del trazado primitivo con el remate ovalado barroco.



05.9. Sección transversal geométrica de los Santos Juanes. Autor (2015).

Por último, hay apuntar que tanto el estudio métrico como el geométrico reflejan la búsqueda de unas proporciones comunes en todo el edificio, en pos de conseguir un todo común a través de las trazas del templo. Tanto en un sistema como en otro, queda latente la inquietud de encontrar y señalar los puntos críticos e importantes en base a un patrón establecido, teniendo presente las cinco premisas establecidas por Vitruvio con el fin de alcanzar la belleza tan buscada.

Desde el punto de vista constructivo este análisis muestra la existencia de un primitivo trazado claro, compuesto de una modulación de 5x5 corroborando las premisas establecidas en el capítulo II. Pero además demuestra que la primera ampliación siguió el mismo patrón de crecimiento que el edificio original, al

V. Particularidades de la Parroquia

menos hasta el ábside, mostrando la relevancia que tenían estos sistemas como base para una correcta ejecución de los edificios de aquella época. Y de forma semejante, la transformación barroca también centró, en cierta medida, el trazado y posición de los puntos singulares del nuevo templo en estas pautas geométricas.

VI.

ANÁLISIS

ESTRUCTURAL



VI. Análisis Estructural

Tras la definición constructiva, métrica y geométrica del templo, además de la caracterización aproximada del subsuelo gracias a los estudios extraídos del georradar, en este apartado se estudiará el comportamiento estructural del edificio y su interacción con el terreno.

El análisis estructural se divide en cuatro partes. La primera de ellas, ya realizada, se centra en la definición constructiva, métrica y geométrica del templo.

Dada la dispersión que presentan las propiedades mecánicas de los materiales empleados en la construcción del templo, se realiza a continuación un estudio de sensibilidad sobre un modelo parcial de la iglesia. Concretamente, se analizará la influencia que tiene en el comportamiento estructural, la variación de ciertos parámetros de la sillería, por ser el material más característico en todo el edificio.

Sobre el modelo parcial del edificio se acomete un segundo análisis con el fin de comprobar la incidencia que tienen los diafragmas, típicos del gótico mediterráneo, en el comportamiento estructural del edificio. Para ello también se toma en consideración la influencia que tiene la masividad de los contrafuertes construidos en la Iglesia de los Santos Juanes y su comportamiento en conjunto con los diafragmas, en su respuesta frente a los esfuerzos dinámicos.

En tercer lugar, se ejecuta un análisis global del templo. Con este estudio se pretende estudiar el comportamiento del edificio en su conjunto, más concretamente los desplazamientos y las tensiones frente a cargas gravitatorias y dinámicas.

Por último y gracias a los valores obtenidos del estudio geotécnico realizado por Estellés, así como los resultados del georradar, se examina el comportamiento del edificio completo interactuando sobre un modelo en 3D del suelo, para a continuación compararlo con los resultados extraídos de los modelos calculados sobre apoyos fijos.

VI.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Investigar sobre materiales es sinónimo de progreso. El material supone dentro del proceso de idealización arquitectónica, la expresión exterior que pretende su proyectista. Por ello, en la medida que se ha ido controlando a la naturaleza, han ido progresando los distintos tipos de materiales, sus tipologías y en consecuencia las disposiciones constructivas que los conforman.

Dada la importancia que tienen las propiedades del material para la configuración de un modelo acorde a la realidad, en este apartado se analizarán las características de los materiales existentes en la Iglesia de los Santos Juanes, principalmente mecánicas, con el fin de aproximar al máximo el modelo de cálculo generado al real.

Para caracterizar las propiedades mecánicas de estos materiales, se han tenido en cuenta diversas fuentes. En primer lugar, los resultados obtenidos de los ensayos efectuados a los sillares del Puente de la Trinidad. Seguidamente los ensayos realizados por Mas sobre la iglesia, a continuación los ensayos realizados por el profesor Hernández de los mampuestos de la Lonja y por último el vaciado documental basado en las propiedades mecánicas consideradas para otros modelos de cálculo.

De entre los materiales que definen constructivamente el templo de los Santos Juanes, uno de los más importantes es la mampostería. De igual forma y en menor proporción, están presentes también el ladrillo, la madera o el acero. Este último como refuerzo reciente de ciertos elementos constructivos.

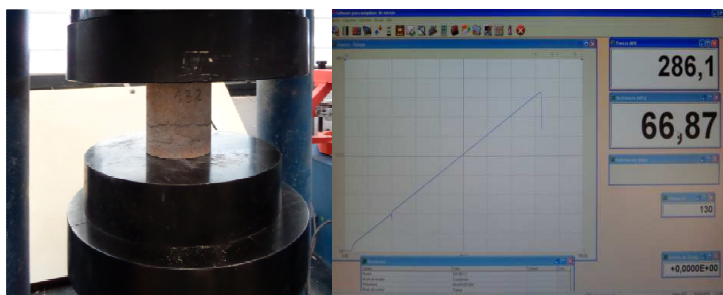
En cuanto a la mampostería, parece obvio pensar que la cercanía de diversas canteras a la ciudad de Valencia provocará que la mayor parte de los edificios construidos con piedra, extrajeran los mampuestos de algunas de ellas. En este caso concreto y como lo corrobora Mas en su tesis doctoral (Más Tomás 1990), se podría estar hablando de dos piedras diferentes, una situada temporalmente en el siglo XVI y la otra del siglo XVII. Los resultados de los estudios realizados por Mas clasifican las muestras en dos tipologías distintas caracterizadas por su porosidad y relacionadas con las dos principales etapas constructivas del templo.

VI. Análisis Estructural

Ambas muestras se tratan de piedras calizas travertínicas, las del siglo XVI correspondiente a la obra de fábrica gótica de la iglesia y la del siglo XVII-XVIII a la intervención barroca y su reconstrucción. Sin embargo los diversos incendios ocurridos en el templo, han privado de la documentación de la primera etapa, quedando únicamente el contrato de las obras de ampliación de "les covetes de San Joan" en las que se exigía que el origen de la piedra fuera de la cantera de Tos Pelat, tal y como describe Gómez Lopera en su tesis doctoral (Gomez Lopera 1985, p.80).

Resulta interesante buscar otras fuentes de información más certeras. De entre ellas, los resultados obtenidos de los ensayos realizados de la piedra en el Puente de la Trinidad. Pues al igual que los Santos Juanes, se trata de una piedra caliza de características similares.

Los ensayos realizados al puente, son consecuencia de la consolidación estructural realizada en 2006. En ella se extrajeron diversas muestras con el fin de analizarlas mecánicamente. Las conclusiones extraídas de este ensayo, es la merma de la resistencia a compresión de estas piedras si los comparamos con las probetas extraídas directamente de la cantera (Bosch Roig 2008, p.998), en este caso la de Godella. Pues del primer ensayo se obtiene una resistencia a compresión de $22,91 \text{ N/mm}^2$ con respecto a los $45,9 \text{ N/mm}^2$ de la cantera.



06.1. Ensayo a compresión de la muestra tomada de la cantera de Godella (Hernández Muñoz 2015, p.157).

Sin embargo, recientemente se ha realizado un estudio de la piedra que configura la Lonja de Mercaderes. (Hernández Muñoz 2015) Para ello se han tomado dos muestras de la cantera de Godella, que según la documentación recabada podría ser el origen de las piedras que configuran dicha fachada y a su

vez podrían ser referente por su similitud temporal y de ejecución de las dispuestas en la fachada de la plaza del Mercado de los Santos Juanes ¹³⁸.

Los ensayos realizados en ambas muestras extraídas de dos estratos distintos, ofrecen una disparidad de resultados entre ellas y las anteriores. La correspondiente al estrato más superficial obtiene una resistencia a compresión de 24,82 N/mm², y la del estrato más profundo de 66,87 N/mm², esta última resistencia fuera del orden característico habitual.

Otro de los valores interesantes a destacar es la densidad aparente del material. Al igual que el caso anterior, Bosch compara muestras del puente de la trinidad con las de la cantera. Del puente se extraen unos valores de 1.918 Kg/m³, frente a los 2.346 Kg/m³ de la cantera (Bosch Roig 2008, p.998).

Por su lado, Mas también realiza un estudio de la densidad aparente de la piedra de los Santos Juanes (Más Tomás 1990). Sus conclusiones se resumen en la tabla 06.1, obteniéndose unos valores que distan en cierta medida de los anteriores, pero con una semejanza si se confrontan entre ellos.

MUESTRA	D _A (Kg/m ³)
MXVI	2.713
MXVII	2.896
Cantera	2.930

T.06.1: Muestras ensayadas de los Santos Juanes y cantera ¹³⁹ (Más Tomas 1990).

De las tres muestras analizadas, dos de ellas se extraen del propio templo, diferenciando las dos principales etapas constructivas y la tercera de una cantera cercana de la que posiblemente podrían proceder, actualmente fuera de explotación (Más Tomás 1990). Por ello y como consecuencia de los resultados obtenidos de los diferentes estudios anteriores, se deduce que la densidad de San Joan del Mercat se sitúa en unos valores superiores con respecto a los propuestos por Bosch en su análisis.

¹³⁸ Nota: Según relata Mas en su tesis doctoral, las piedras que configuran esta fachada corresponderían a la segunda etapa constructiva del templo.

¹³⁹ Nota: En las del templo se agrupan según las fechas de construcción, tomando los resultados de la parte interna de la roca que se encontraba menos afectada.

VI. Análisis Estructural

La tabla 06.2 muestra los valores obtenidos del estudio del puente de la Trinidad (2012), añadiendo además el valor del módulo de la elasticidad no contemplado por ninguno de los autores anteriores al no tener relevancia dicho valor en sus estudios.

Test	Densidad (t/m ³)	C. Pico (N/mm ²)	$\Delta\sigma$ (N/mm ²)	$\Delta\epsilon$	Modulo E (N/mm ²)
1	1,949	7,05	2,6738	0,00175	1527,885
2	1,914	7,13	3,0680	0,00200	1534,000
2	1,891	9,57	5,4858	0,00452	1213,672
Promedio	1,918	7,916	-	-	1425,186

T.06.2: Valores de los ensayos de la piedra del puente de la Trinidad (Bosch Roig et al. 2008)

En vista de los datos de la tabla anterior y frente a la disparidad de los resultados obtenidos, se cree conveniente ampliar el espectro de valores comparándolos con los que proponen otros autores en estudios similares. Para ello se ha tomado en consideración el vaciado documental que realizó Llopis en su tesis doctoral. (Llopis Pulido 2014)

Pere Roca en su estudio de la catedral de Mallorca (Pelà et al. 2016), muestra unos valores de peso específico diferenciados para contrafuertes y bóvedas; y para pilares y arbotantes. El primero de ellos con un valor de 2100 Kg/m³ y el segundo similar al anterior de 2400 Kg/m³. En cuanto al módulo de Young los resultados son más dispares, 2000, 8000 y 10000 MPa respectivamente. Por último, relata que la resistencia a tracción adoptada para el cálculo será 5% de la resistencia a compresión, esos últimos extraídos de otros ensayos:

Elemento estructural	Densidad (Kg/m ³)	E (MPa)	f ⁺ (MPa)	f (MPa)	Gf ⁺ (J/m ²)	Gf (J/m ²)
Contrafuertes, bóvedas	2.100	2.000	0,10	2,00	100	40.000
Columnas, arcos	2.400	8.000	0,40	8,00	100	40.000
Bóveda central	2.000	1.000	0,05	1,00	100	40.000

T.06.3: Valores utilizados en el estudio de la catedral de Mallorca (Pelà et al. 2016)

Por otro lado, en el análisis realizado en la catedral de Siracusa (Sicilia), Casolo y Sanjust (Casolo y Sanjust 2009) evalúan unas características mecánicas que se recogen en la tabla T.06.4:

Material	E (MPa)	Densidad (kg/m ³)	f ⁺ (MPa)	f (MPa)	v
Muros y columnas	4.500	2.200	0,20	2,00	0,2
Otras paredes	3.000	2.200	0,35	3,00	0,2
Paredes de mampostería y rellenos	2.000	1.800	0,74	7,40	0,2

T.06.4: Valores empleados en el análisis de la catedral de Siracusa (Casolo y Sanjust 2009).

En el caso de la basílica de Santa María all'Impruneta (Florencia) realizan un estudio de la vulnerabilidad frente a sismo, principalmente con el fin de analizar el comportamiento de la mampostería tradicional italiana (Betti y Vignoli 2008). Para el estudio de esta iglesia de estilo románico se extraen los valores siguientes:

Material	E (MPa)	Densidad (kg/m ³)	f ⁺ (MPa)	f (MPa)	v
Nave	1.400	1.900	0,15	7,5	0,2
Ápside	1.530	2.000	0,15	8,5	0,2
Columnas	14.500	2.300	3,50	40	0,2

T.06.5: Valores empleados en el análisis de Santa María all'Impruneta (Florencia) (Betti y Vignoli 2008).

Además se consultan los datos reflejados en el monográfico sobre análisis estructural de Mas-Guindal (Mas-Guindal Lafarga 2011). El autor caracteriza las propiedades mecánicas de ladrillos y mampuestos utilizados en construcciones históricas. La importancia de su análisis radica en la consideración que hace del material tanto de forma individual como de la interfaz entre ellos:

Peso específico de la piedra (kN/m ³)						
Tipo de piedra	Baker mín-med-máx	Camuñas medio	Hütte mín-máx	Arredondo mín-máx	PIET 70	UIC mín-máx
Granito	25-26-28	26	23-27	26-27	26-30	26-28
Caliza	23-25-27	23	19-28	24-28	20	20-26
Arenisca	19-22-24	23	1-27	23-29	-	-
Mármol	25-27-28	27	19-28	27-28	-	-

T.06.6: Valores de los principales tipos de piedra (Mas-Guindal Lafarga 2011).

VI. Análisis Estructural

Peso específico aparente del ladrillo (kN/m^3)

Tipo/Calidad ladrillo		UIC	Puentes de mampostería	
1	Ladrillo blando	17-19	Calidad inferior	14
2	Ladrillo medio	19-21	Calidad media	14-18
3	Ladrillo duro	20-22	Calidad buena	14-18
4	Ladrillo clínker	21-23	Calidad excelente	18-22

T.06.7: Valores del peso específico del ladrillo (Mas-Guindal Lafarga 2011).

Módulo de elasticidad de piedras (MPa)

Piedra	Baker	UIC	ASTIM
Granito	8.500-32.,000-67.500	10.000-100.000	47.000 (Barre)
Caliza	17.000-32.0000-76.000	20.000-100.000	33.000 (Salem)
Arenisca	7.000-15.000-40.000	10.000-50.000	12.500 (Berea)
Mármol	25.000-48.000-82.000		76.000 (Tennessee)

T.06.8: Valores del módulo de elasticidad de las piedras (Mas-Guindal Lafarga 2011).

Módulo de elasticidad del ladrillo (MPa)

Calidad del ladrillo	UIC	Puentes de mampostería
Ladrillo blando	1.000-5.000	
Ladrillo medio	5.000-10.000	5.000-25.000
Ladrillo duro	10.000-15.000	
Ladrillo de clínker	15.000-20.000	

T.06.9: Valores del módulo de elasticidad del ladrillo (Mas-Guindal Lafarga 2011).

Este estudio comparativo de los materiales característicos es sólo una muestra del gran número de referencias que existe al respecto. Sin embargo, la disparidad de los ítems propuestos entre cada una de las alusiones anteriores y dado que no se tienen resultados certeros que caractericen todos los empleados en la parroquia de los Santos Juanes, en este trabajo se tomaran valores dentro del rango de la seguridad.

Además de estos materiales, en la iglesia se utilizan otros como la madera y recientemente algún perfil metálico como refuerzo.

Con respecto a la madera utilizada en la construcción del templo, únicamente se puede reseñar el entrevigado que conforma el último piso del campanario. Las secciones de madera no presentan un comportamiento isótropo en todas las direcciones. Dada la poca relevancia para el templo de este material, se toman unos valores estándar en relación a los propuestos en el libro "Mecánica de las estructuras antiguas o cuando las estructuras no se calculaban":

	Densidad (kN/m ³)	Tensión de Rotura (MPa)	Módulo de elasticidad (tanto a flexión como compresión axial) E. (MPa)
Madera	10	20	12000

T.06.10: Valores de la madera empleada (Mas-Guindal Lafarga 2011).

Por último y en lo que respecta a las secciones de acero que existen en el edificio, las características que se han tomado para definirlos han sido extraídas de los prontuarios comerciales, pues como se ha comprobado *in situ*, se tratan de perfiles normalizados HEB-180.

VI. Análisis Estructural

VI.2 ASIGNACIÓN DE MATERIALES Y CONFIGURACIÓN DEL MODELO

Para el análisis estructural se utiliza el software ANGLE en versión 2015. (Alonso Durá 2015) Se trata de un programa de elementos finitos que, tras la definición de un prototipo del edificio generado en el entorno CAD, analiza y reproduce su comportamiento estructural.

Dentro del modelo CAD se distinguen dos tipos de materiales: los elementos planos o placa y los elementos sólidos. Los elementos placa se definen por su espesor y el material que lo compone, mientras que los elementos sólidos únicamente se definen por el material. Para el análisis del templo se han definido cinco materiales: acero, sillería, fábrica cerámica, madera y relleno de bóvedas.

The screenshot shows the material definition window for 'SILLERIA' in the ANGLE software. The interface is divided into several sections:

- Material:** A dropdown menu showing '4' and a text box containing 'SILLERIA'. A button 'Añadir Material' is next to it.
- Propiedades elásticas:**
 - Módulo deform. [MPa] E1:** 7648
 - E2:** 7648
 - E3:** 7648
 - Coef. Poisson U12 [LR]:** 0.25
 - U13 [LT]:** 0.25
 - U23 [RT]:** 0.25
 - Módulo trans. [MPa] G12:** 3059.2
 - G13:** 3059.2
 - G23:** 3059.2
 - Calcula Ortotropía
 - Angulo Orto [°]:** 0
- Propiedades inelásticas:**
 - Módulo deform. Eo [MPa]:** 7648
 - Coef. Poisson:** 0.25
 - Módulo transv. G [MPa]:** 3059.2
 - Resist. Compres fc [MPa]:** 12
 - Resist. Tracción ft [MPa]:** 0.1
 - Energía Fract. Gf [Jul/m2]:** 300 (with note 1J/m2=1000x1mm/mm2)
 - Factor Retención por Cortante:** 1
 - Factor Reducción d:** 1
 - E/(1+nu)->G
- Densidad (kg/m3):** 2200
- Coef. Dilatación Térmica:** 1E-05
- Código de dimensionado:** —
- ISOTROPO CONIFERA FRONDOSA
- E/(1+nu)->G
- Buttons: 'Aceptar cambios', 'Asignar Mater->Capas', 'Ver Materiales'

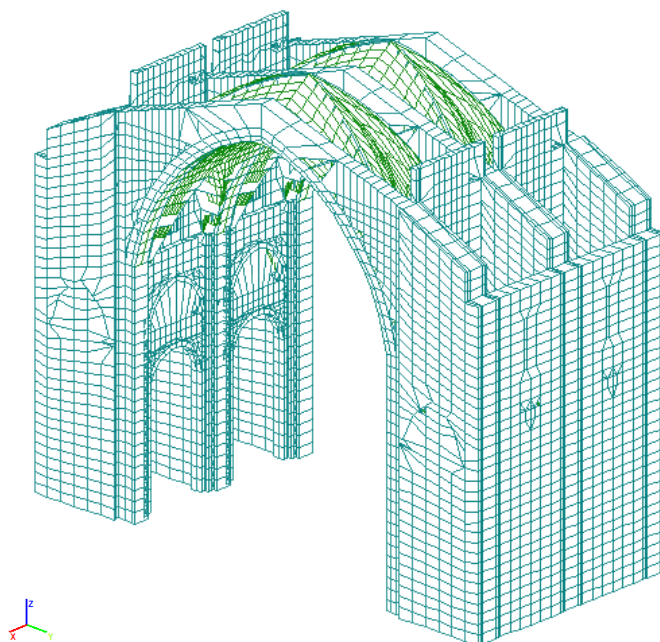
At the bottom right, there is a stress-strain diagram showing a curve for material 'S3'. The vertical axis is labeled 'MPa' and 'ft', with values -2, 0.1, and 0.1. The horizontal axis is labeled 'fc' and 'S1', with values -2 and 0.1. The area under the curve is shaded yellow.

06.2. Definición de los materiales en ANGLE. Autor (2015).

El estudio se realiza sobre un modelo del templo referido a su construcción gótica, sin tomar en consideración la transformación barroca posterior por considerarse irrelevante para el cálculo.

Una vez asignados los materiales, el estudio se centra en el comportamiento del modelo frente a cargas gravitatorias y acciones sísmicas actuando sobre dos módulos de la nave principal del templo representativos del

modelo global. Los resultados obtenidos permiten analizar los movimientos y el comportamiento del edificio de forma local, con unas condiciones de contorno adecuadas para poderlo extrapolar al completo.



06.3. Modelo representativo. 2 Módulos. Autor (2015).

Sin embargo, ante la diversidad de los valores característicos de los materiales propuestos en el punto anterior y antes de comprobar el comportamiento estructural del templo, se realiza un estudio de sensibilidad y validación del modelo de daño que se utiliza en el análisis de la Iglesia de los Santos Juanes.

VI.3. ESTUDIO DE SENSIBILIDAD DEL MODELO DE CÁLCULO

Para el estudio de sensibilidad se analiza la incidencia que tiene en el modelo de cálculo tres magnitudes de la sillería, puesto que es el material más heterogéneo y generalizado de entre los utilizados en la construcción del templo: la resistencia a tracción, la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad. Con ello se pretende obtener una envolvente de valores que caracterice de la forma más precisa posible el comportamiento estructural del templo.

Para cada uno de los modelos, primero se analiza el diagrama que relaciona el cortante basal con la deformación horizontal sufrida. Posteriormente se estudian los espectros de capacidad y demanda obtenidos. Finalmente se determina el punto de desempeño (Performance Point) y se identifican los umbrales de daño Sd2 (Dy) y Sd4 (Du). Y en función de la localización del punto de desempeño, se definen los estados o niveles de daño.

Los modelos planteados se someten a la aplicación de la carga de forma progresiva. Los diez primeros pasos corresponden al paso 1 en el que se aplican las cargas gravitatorias. Los treinta siguientes corresponden a los esfuerzos horizontales de sismo según un patrón de distribución modal. Para cada modelo se han determinado 12 modos de vibración.

La tabla T06.11 recoge la denominación del modelo calculado y la magnitud analizada. Se definen los valores obtenidos en la gráfica capacidad-demanda y se detallan los umbrales Sd1 y Sd3 según la formulación propuesta por Risk UE. Dentro de cada gradación se establece el porcentaje de 0 a 100, analizando si dentro de cada gradación, los resultados se encuentran más cercanos al anterior o al siguiente.

Tracción	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
T-1	2,39	2,39	0,87	2,39	2,39	COMPLETO	100 %

T06.11. Obtención del daño y porcentaje. Autor (2015).

Para comparar los distintos valores de daño obtenidos en cada uno de los modelos se asignan unos subíndices de vulnerabilidad. Estos índices son el

resultado de multiplicar por 100 el subíndice del umbral de daño, más el porcentaje de su estado de daño (De Mazarredo Aznar 2015).

Estado de daño	Umbral Inicial	Índice de vulnerabilidad inicial
Nulo	Origen	0
Leve	Sd1	100
Moderado	Sd2 (Dy)	200
Severo	Sd3	300
Completo	Sd4	400

T.06.12: Índice de vulnerabilidad (De Mazarredo Aznar 2015).

Este sistema permite analizar el índice de vulnerabilidad de cada uno de los modelos planteados, así como la influencia que presenta la variación de cada parámetro en su comportamiento estructural.

En cuanto a la nomenclatura empleada para cada uno de los modelos propuestos, se nombrará con la letra T y el número correspondiente, aquellos modelos donde se analice la influencia de la tracción. Con la letra C, los correspondientes a compresión y con M para los que se evalúe el módulo de elasticidad.

VI.3.1 Influencia de la resistencia a tracción de la sillería

Antes de analizar la influencia de la resistencia a tracción de la sillería en el templo de los Santos Juanes, se propone fijar el resto de magnitudes que se toman para el cálculo. Estos valores se extraen de los propuestos por diversos autores en el punto VI.1, adoptando los de Llopis en el estudio de la catedral de Valencia (Llopis Pulido 2014) y los de Mas en su tesis doctoral (Más Tomás 1990).

Material	D (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	Ft (N/mm ²)	Gf ⁺ (Nmm/mm ²)
Relleno Sillería	2,0	2.500	8,00	0,25	0,20
Ladrillo	1,8	3.500	3,50	0,15	0,10
Relleno de Bóvedas	1,5	1.000	3,00	0,20	0,15

T.06.13: Valores tomados para el cálculo de los rellenos y el ladrillo (Llopis Pulido 2014 y Más Tomás 1990).

VI. Análisis Estructural

Para los distintos modelos, en este apartado, se variará únicamente la resistencia tracción de la sillería, analizando su incidencia dentro del conjunto estructural.

Modelo	Material	D (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	Ft (N/mm ²)	Gf ⁺ (Nmm/mm ²)
T-1	Sillería	2,2	7.500	12.00	0,1	0,30
T-2	Sillería	2,2	7.500	12,00	0,2	0,30
T-3	Sillería	2,2	7.500	12,00	0,3	0,30

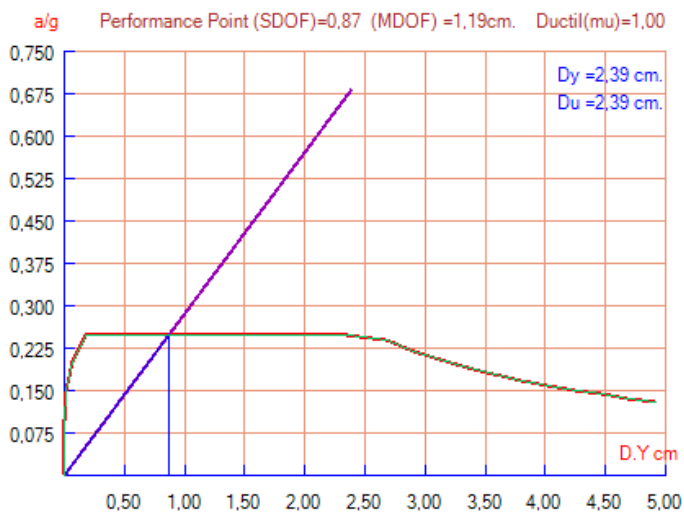
T.06.14: Caracterización de la Sillería. Estudio a Tracción. Autor (2015).

VI.3.1.1 Modelo T-1

La curva muestra únicamente su tramo lineal (fase elástica) y en consecuencia que el modelo alcanza la rotura antes de su fase plástica.

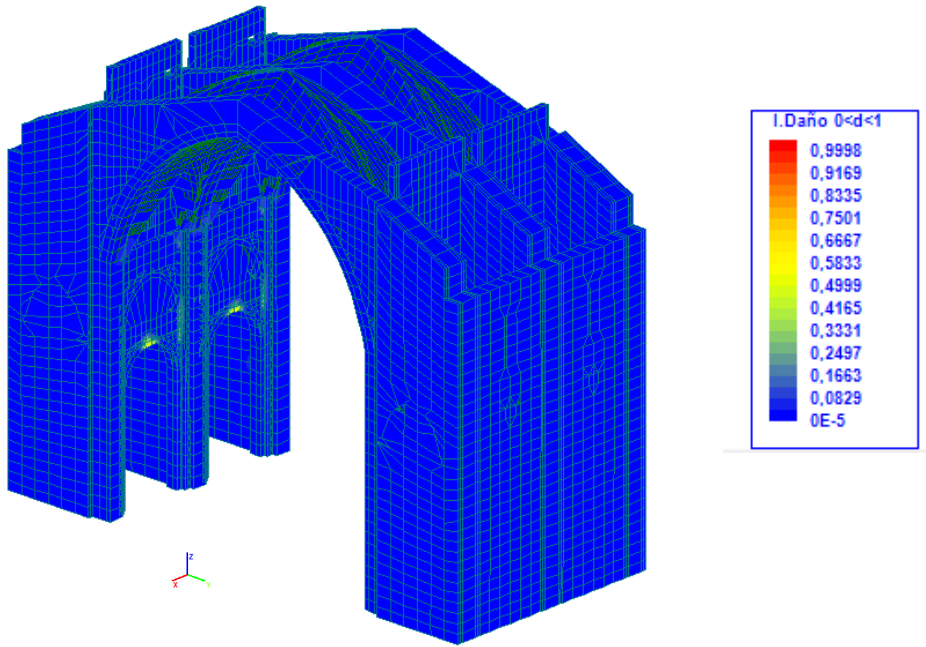


06.4. Curva de Capacidad del modelo T-1. Autor (2015).

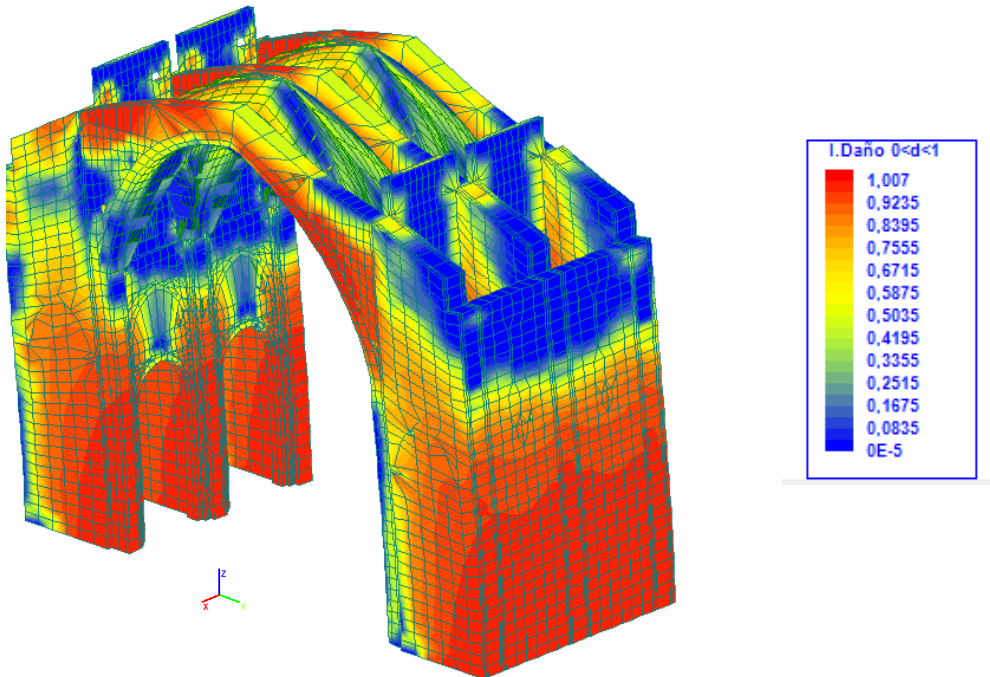


06.5. Performance point del modelo T-1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.6. Daño y deformada del modelo T-1 en el paso 10. Autor (2015).



06.7. Daño y deformada del modelo T-1 en el paso 12. Autor (2015).

Conclusiones del modelo T-1

A la vista de los resultados del modelo T-1, se determina que únicamente es capaz de soportar las cargas gravitatorias, al romperse en el paso 12 de carga, cuando se ha aplicado el total de las cargas gravitatorias y el 6,3 % de la carga sísmica para una deformación de 0,87 cm.

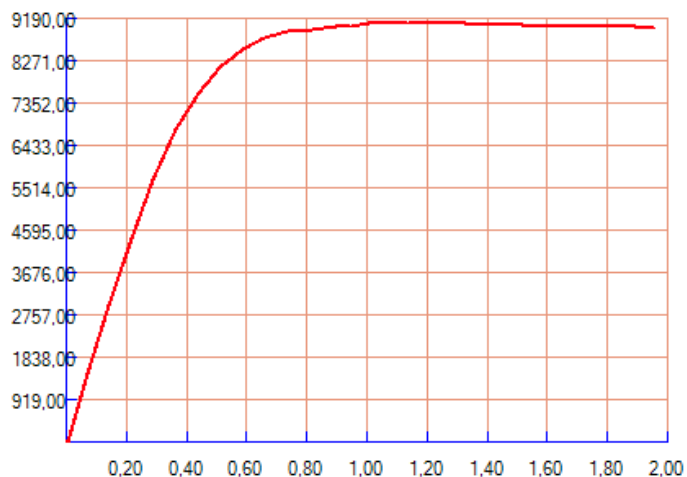
No obstante, si se analiza la figura 06.6 que muestra el paso de carga correspondiente a la aplicación total de las cargas gravitatorias, se observa un índice de daño cercano a la unidad. El daño se sitúa principalmente en la parte superior de los arcos que dan acceso a las capillas. Al comparar estos resultados con la realidad, se concluye que el valor adoptado para la resistencia a tracción de la sillería es inferior al de los mampuestos del templo y el modelo no reproduce su comportamiento.

Tracción	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
T-1	2,39	2,39	0,87	2,39	2,39	COMPLETO	100 %

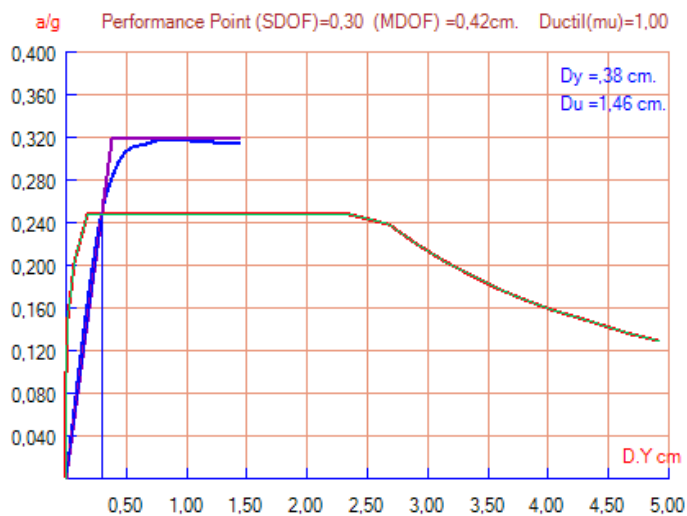
T.06.15: Resultado del estudio a tracción. Nivel de daño Modelo T-1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

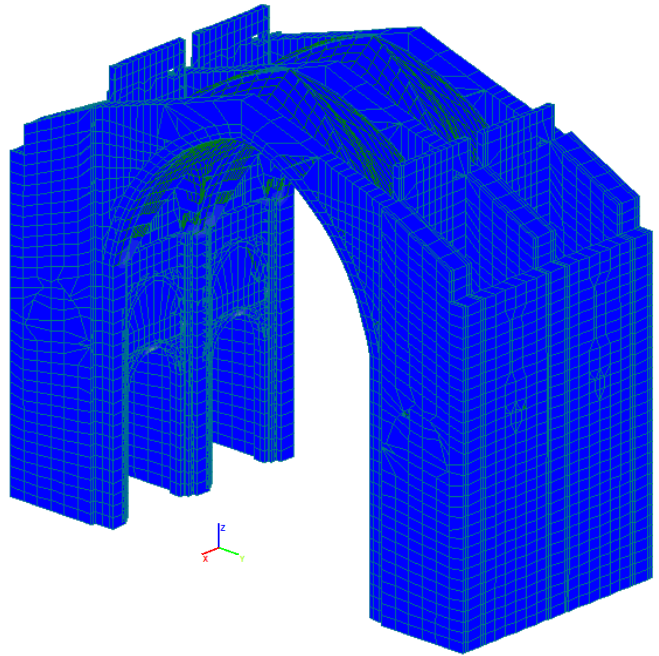
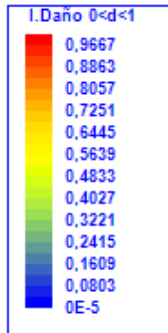
VI.3.1.2 Modelo T-2



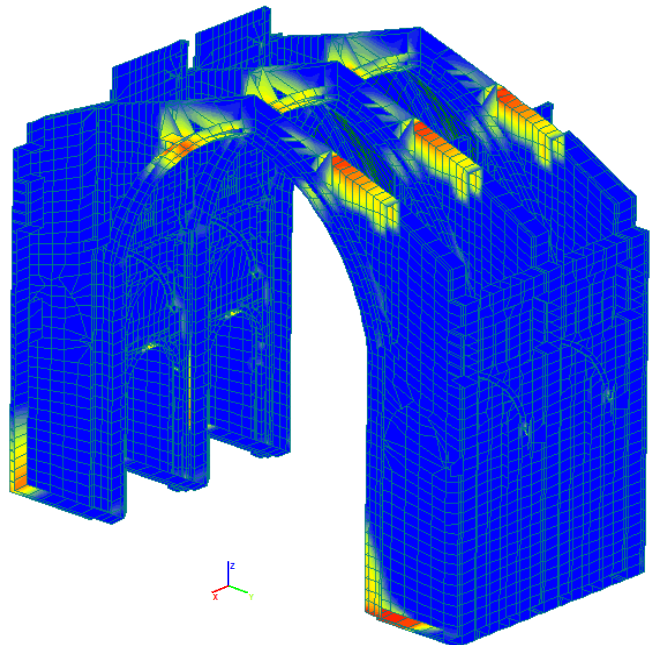
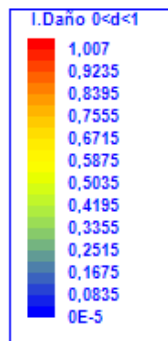
06.8. Curva de Capacidad del modelo T-2. Autor (2015).



06.9. Performance point del modelo T-2. Autor (2015).



06.10. Daño y deformada del modelo T-2 en el paso 10. Autor (2015).



06.11. Daño y deformada del modelo T-2 en el paso 18. Autor (2015).

Conclusiones del modelo T-2

El modelo T-2 no presenta ningún área visiblemente afectada con la aplicación total de las cargas gravitatorias. Sin embargo, el índice de daño que presenta es elevado. Este hecho puede deberse a un defecto local de algún sólido que compone el modelo y por tanto no afecta al resto.

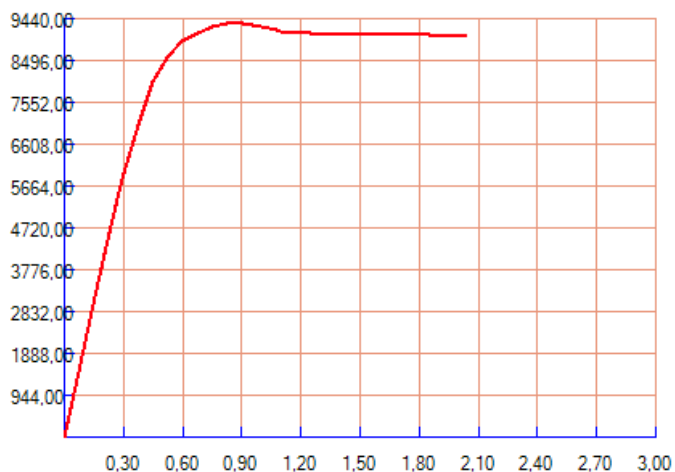
El índice de daño completo se alcanza en el paso de carga 18 correspondiente al 54% de carga aplicada del caso 2 (total de carga gravitatoria aplicada y el 54% de la carga sísmica). El resultado mejora con respecto al modelo anterior y muestra la influencia que tiene la variación de la resistencia a tracción de la sillería en el edificio. Observando la curva de capacidad, se aprecia cómo se define una fase elástica hasta el punto de cedencia, para posteriormente definir una fase inelástica hasta la capacidad máxima. El modelo T-2, a diferencia del caso anterior, no rompe antes de alcanzar su estado plástico.

Por último y en lo que respecta al punto de demanda, éste se produce para una deformación de 0,30 cm.

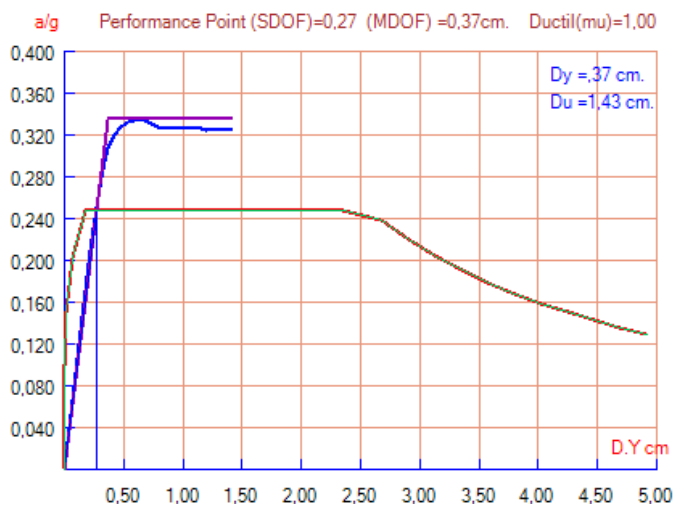
Tracción	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
T-2	0,38	1,46	0,30	0,266	0,65	LEVE	29,82 %

T.06.16: Resultado del estudio a tracción. Nivel de daño Modelo T-2. Autor (2015).

VI.3.1.3 Modelo T-3

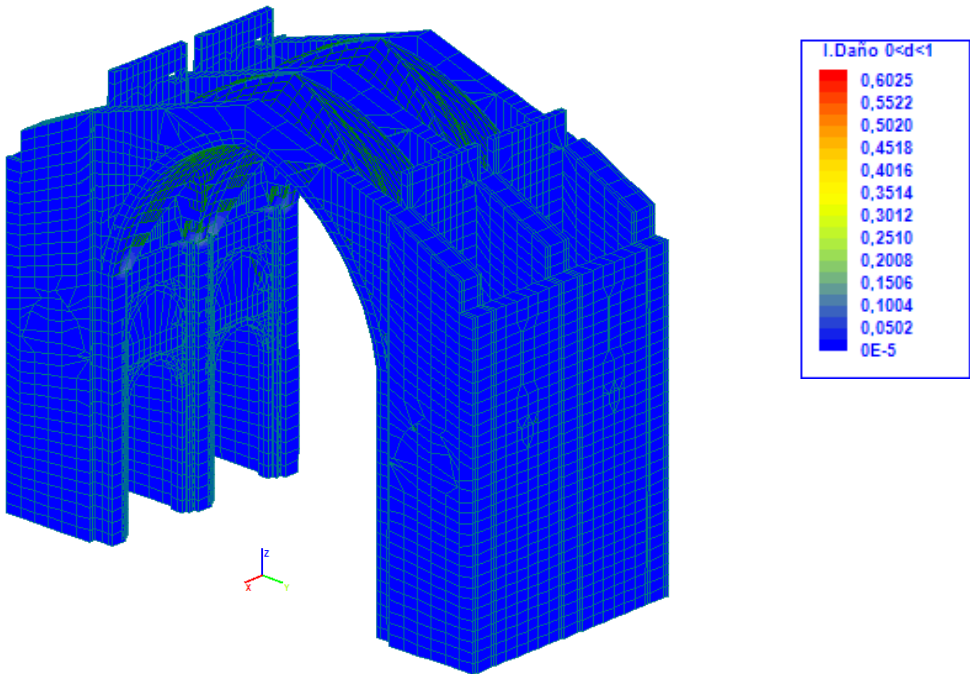


06.12. Curva de Capacidad del modelo T-3. Autor (2015).

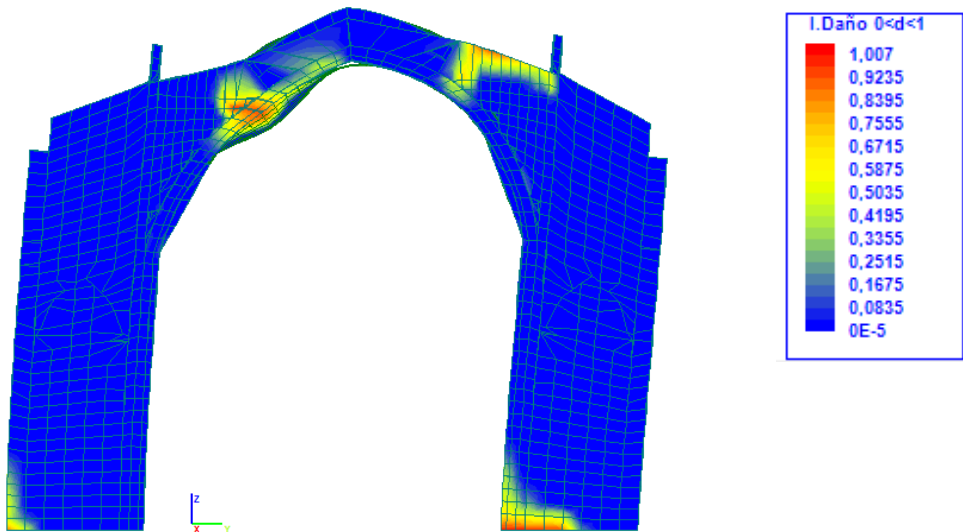


06.13. Performance point del modelo T-3. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.14. Daño y deformada del modelo T-3 en el paso 10. Autor (2015).



06.15. Daño y deformada del modelo T-3 en el paso 19. Autor (2015).

Conclusiones del modelo T-3

El modelo T-3, al igual que el anterior, no muestra ningún área afectada tras la aplicación del total de las cargas gravitatorias. El daño completo se presenta en el paso de carga 19 del caso 2, correspondiente al 60% del total de la carga sísmica.

En cuanto al punto de demanda, éste se produce para una deformación de 0,27 cm.

Respecto a la curva de capacidad, el trazado es similar al anterior, pero con una inclinación más pronunciada en su fase elástica hasta el punto de cendencia. Esto indica una mayor capacidad de carga para una deformación menor.

En consecuencia, se concluye que el aumento de la resistencia a tracción de la sillera influye notablemente en la capacidad resistente frente a esfuerzos gravitatorios y sísmicos.

Tracción	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
T-3	0,37	1,43	0,27	0,259	0,635	LEVE	9,91 %

T.06.17: Resultado del estudio a tracción. Nivel de daño Modelo T-3. Autor (2015).

VI.3.1.4 Resultados de la influencia de la tracción en la sillería

En vista de los resultados obtenidos de este estudio se deduce la influencia que tiene el comportamiento a tracción de la sillería en el modelo parcial del edificio, comparable al conjunto del templo.

El análisis de los tres ejemplos propuestos para el estudio, muestra que una baja resistencia a tracción, del orden de 0,1MPa, provoca un comportamiento estructural en el modelo que no corresponde con la realidad del edificio. Por ello, si observamos la figura 06.4 se puede advertir como el modelo

VI. Análisis Estructural

T-1 evidencia un comportamiento lineal, alcanzando el daño completo antes de entrar en su fase no lineal.

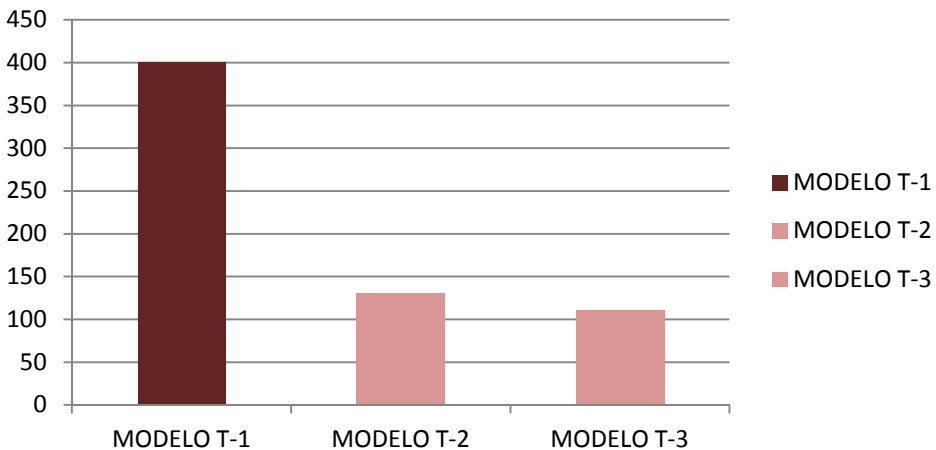
Sin embargo, el aumento de la resistencia a tracción de la sillería propuesta en los dos últimos modelos, T-2 y T-3, mejora sustancialmente el índice de daño de ambos y muestran unos resultados que podrían ser equiparables con el comportamiento real de la fábrica de los Santos Juanes.

Por último, analizando la imagen 06.17 que representa las curvas de capacidad de los tres estudios propuestos, se observa como en la medida que se aumenta la resistencia a tracción de la sillería, se incrementa la capacidad de carga del modelo disminuyendo las deformaciones.

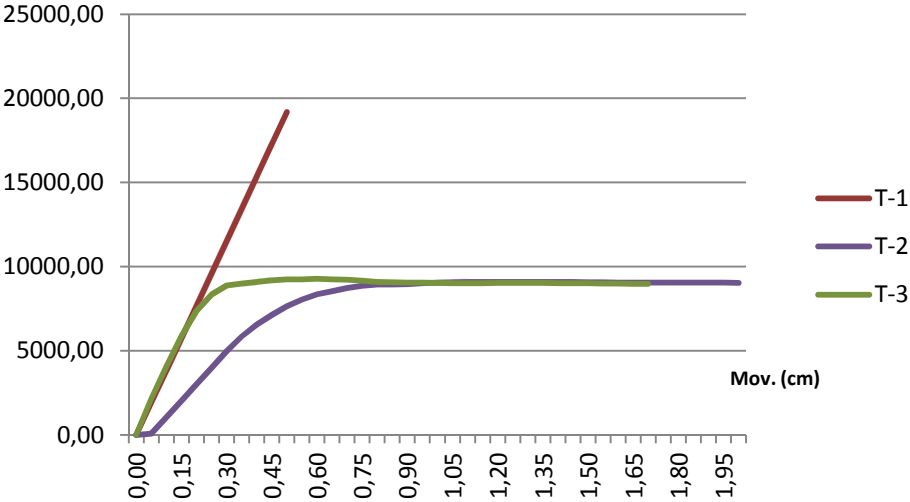
Tracción	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
T-1	2,39	2,39	0,87	2,39	2,39	COMPLETO	100 %
T-2	0,38	1,46	0,30	0,266	0,65	LEVE	29,82 %
T-3	0,37	1,43	0,27	0,259	0,635	LEVE	9,91 %

T.06.18: Estudio a tracción. Nivel de daño de los modelos. Autor (2015).

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD



06.16. Comparativa del índice de vulnerabilidad. Estudio a tracción. Autor (2015).



06.17. Influencia de la tracción en la gráfica V-Desplazamiento. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

VI.3.2 Influencia de la resistencia a compresión de la sillería

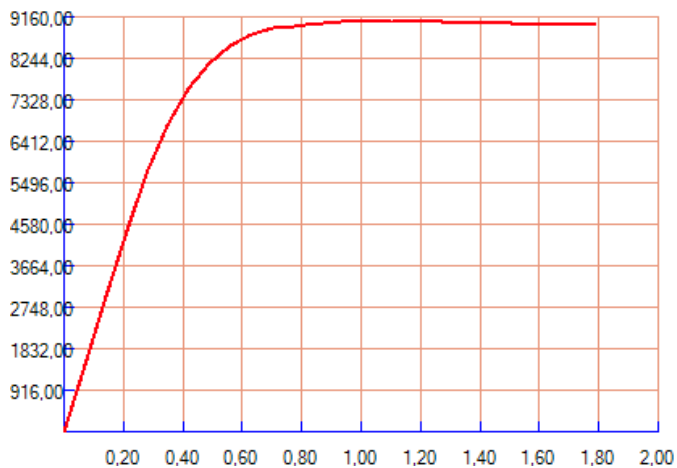
De forma similar al caso anterior y manteniendo las magnitudes fijadas para el resto de materiales considerados en el cálculo (tabla T. 06.14), se varia la resistencia a compresión de la sillería analizando su influencia en el modelo propuesto de 2 módulos, cuyos resultados son asimilables al resto del edificio.

Tomando como base el conjunto de valores del estudio de la resistencia a tracción, se incorpora como nuevo parámetro la variación de la resistencia a compresión. No obstante, se desprecia el valor propuesto para el modelo T-1, puesto que los resultados obtenidos se alejan del comportamiento estructural real del edificio.

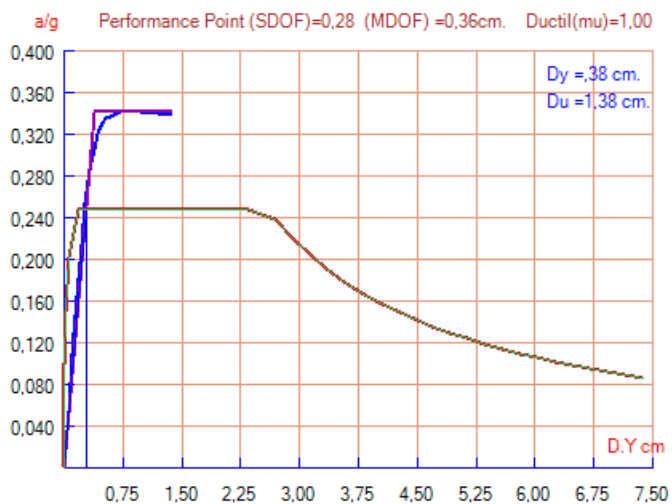
Modelo	Material	D (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	Ft (N/mm ²)	Gf ^t (Nmm/mm ²)
C-1	Sillería	2,2	7.500	6,00	0,2	0,30
C-2	Sillería	2,2	7.500	8,00	0,2	0,30
C-3	Sillería	2,2	7.500	6,00	0,3	0,30
C-4	Sillería	2,2	7.500	8,00	0,3	0,30

T.06.19: Caracterización de la Sillería. Estudio a compresión. Autor (2015).

VI.3.2.1 Modelo C-1

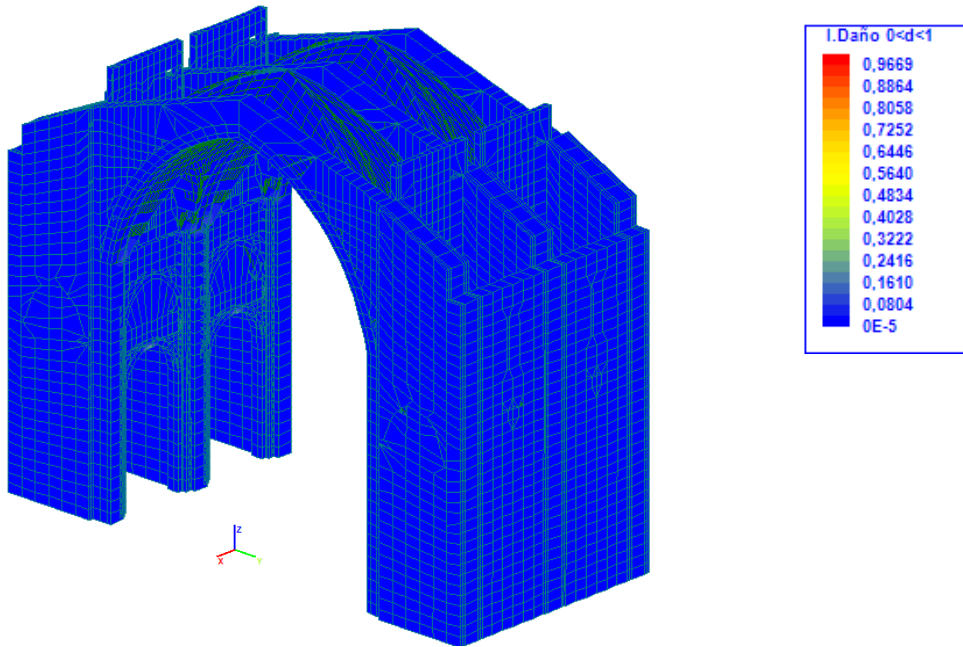


06.18. Curva de Capacidad del modelo C-1. Autor (2015).

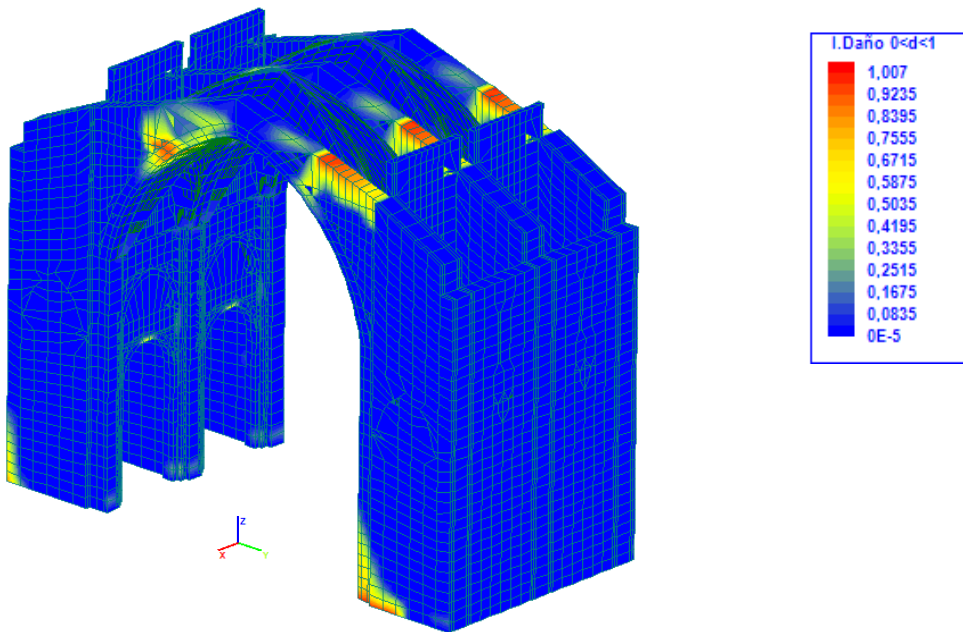


06.19. Performance point del modelo C-1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.20. Daño y deformada del modelo C-1 en el paso 10. Autor (2015).



06.21. Daño y deformada del modelo C-1 en el paso 18. Autor (2015).

Conclusiones del modelo C-1

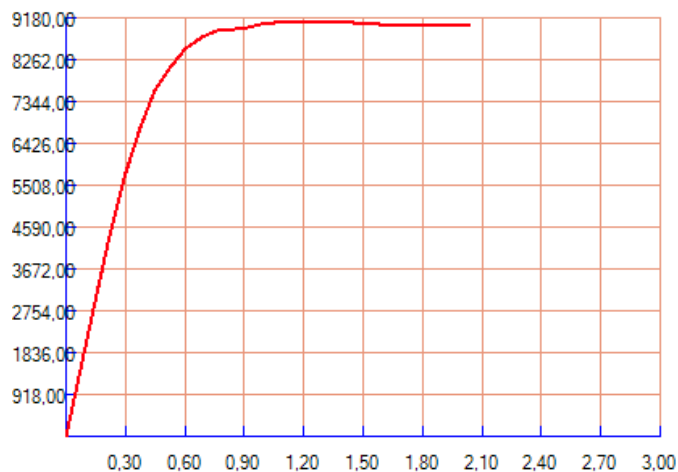
El modelo C-1 no muestra ningún área afectada tras la aplicación del total de las cargas gravitatorias. El índice de daño cercano a la unidad que presenta el cálculo, puede deberse a un defecto local de algún sólido del modelo provocado por la modelización cuya afección es irrelevante.

El daño completo se produce en el paso de carga 18 del caso 2, correspondiente al 54 % del total de la carga sísmica. Los resultados muestran que la variación de la resistencia a compresión no influye en gran medida en el comportamiento estructural del modelo del templo, si se comparan con los obtenidos anteriormente.

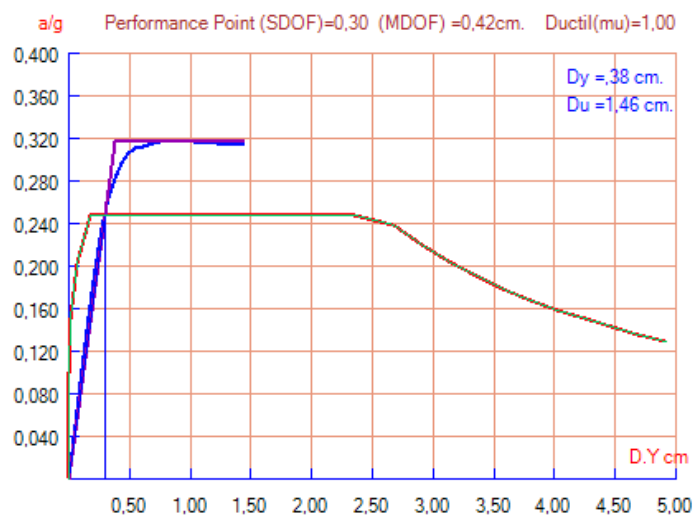
Por último, en cuanto al punto de demanda, éste se produce para una deformación de 0,28 cm.

Compresión	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
C-1	0,38	1,38	0,28	0,266	0,63	LEVE	12,28 %

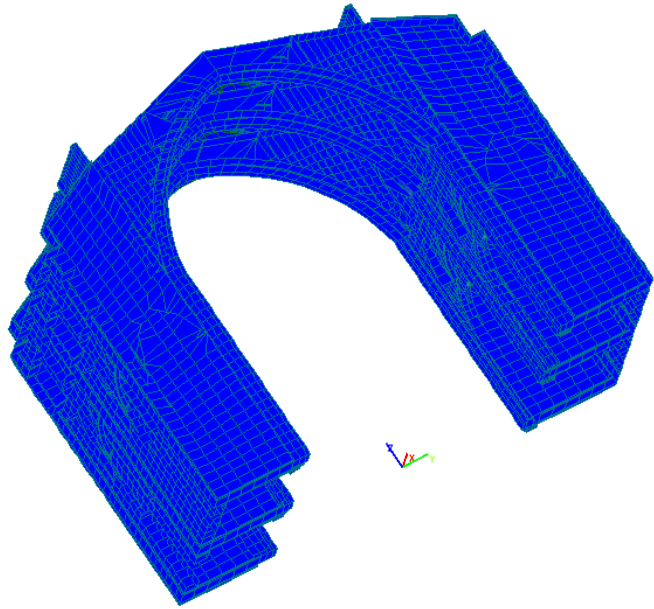
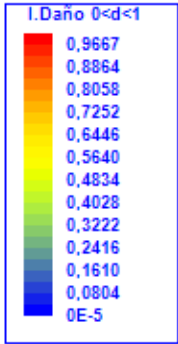
T.06.20: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-1. Autor (2015).



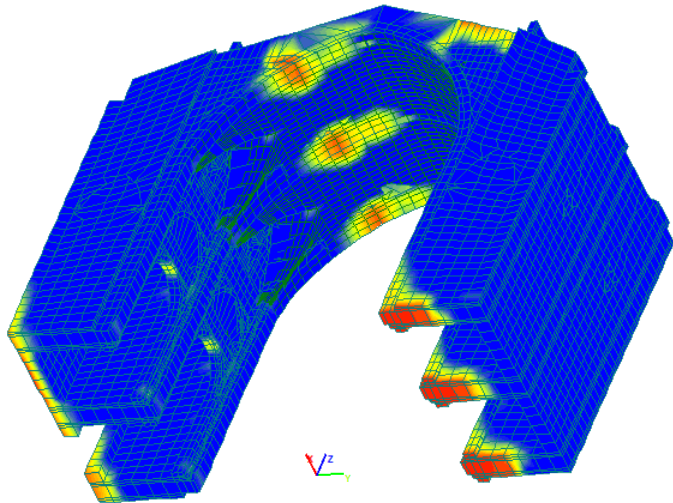
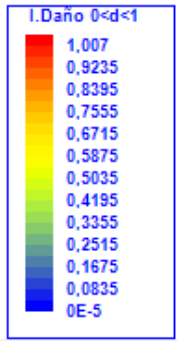
06.22. Curva de Capacidad del modelo C-2. Autor (2015).



06.23. Performance point del modelo C-2. Autor (2015).



06.24. Daño y deformada del modelo C-2 en el paso 10. Autor (2015).



06.25. Daño y deformada del modelo C-2 en el paso 18. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Conclusiones del modelo C-2

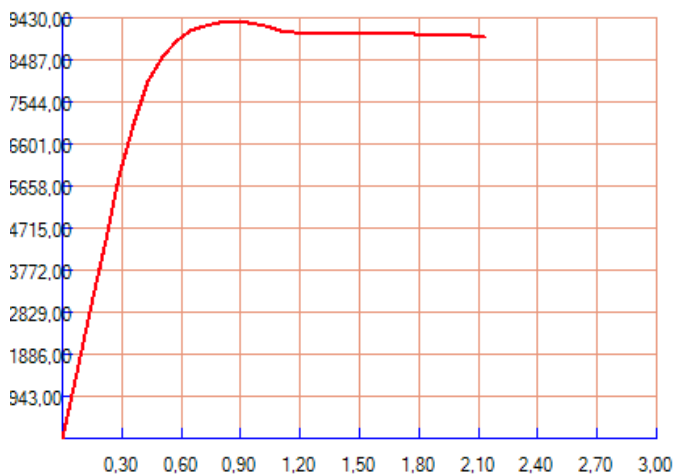
El modelo C-2 muestra unos resultados similares al C-1. No aparece ningún área afectada tras la aplicación del total de las cargas gravitatorias.

El daño completo se produce en el paso de carga 18 del caso 2, correspondiente al 54 % del total de la carga sísmica. El punto de demanda se produce para una deformación de 0,28 cm.

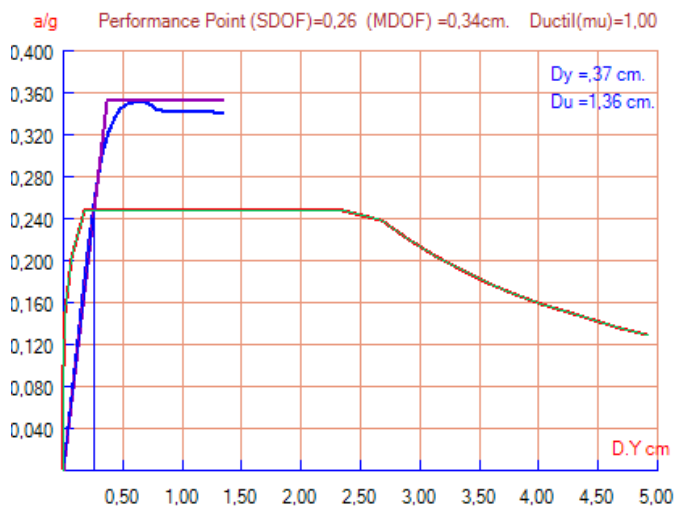
Compresión	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
C-2	0,38	1,46	0,28	0,27	0,65	LEVE	12,28 %

T.06.21: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-2. Autor (2015).

VI.3.2.3 Modelo C-3

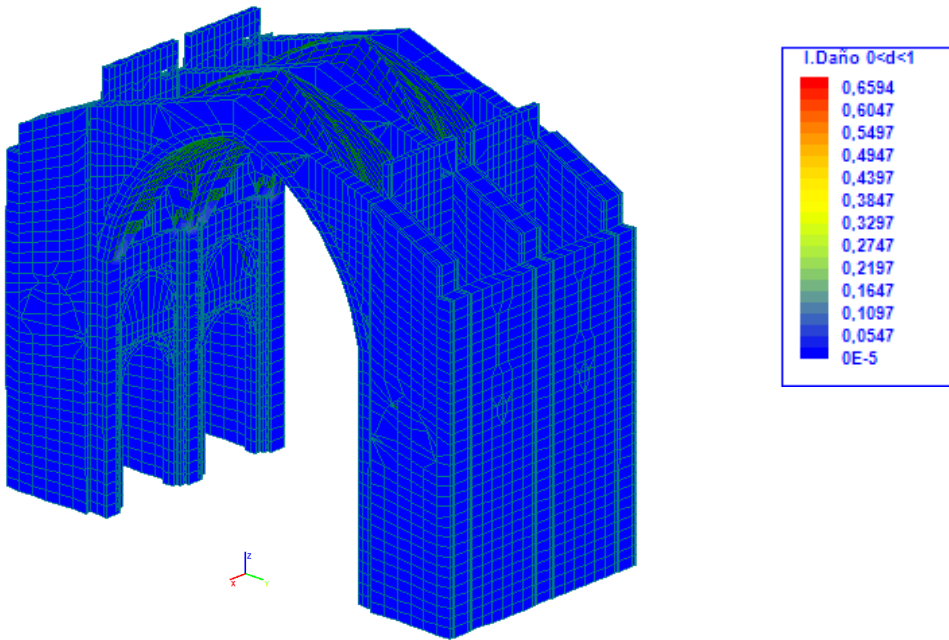


06.26. Curva de Capacidad del modelo C-3. Autor (2015).

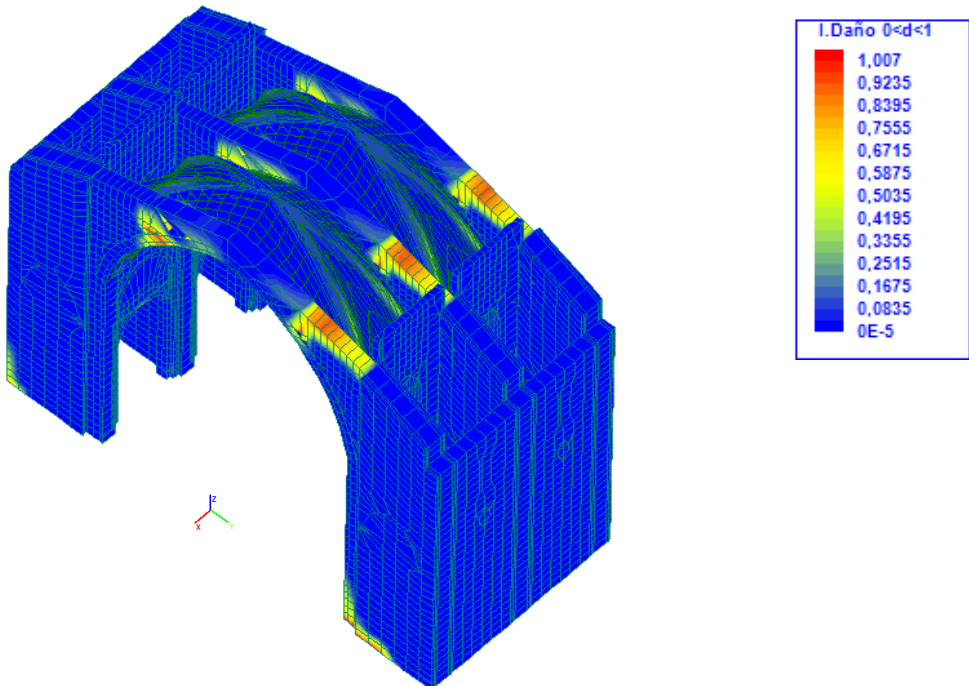


06.27. Performance point del modelo C-3. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.28. Daño y deformada del modelo C-3 en el paso 10. Autor (2015).



06.29. Daño y deformada del modelo C-3 en el paso 19. Autor (2015).

Conclusiones del modelo C-3

El modelo C-3 mejora los resultados con respecto a los dos modelos anteriores al comparar el índice de daño entre ellos según la gradación propuesta al inicio de este estudio. De nuevo, el modelo de cálculo no muestra ningún área afectada tras la aplicación del total de las cargas gravitatorias.

Por otro lado, la curva de capacidad muestra unos resultados similares al modelo C-2, con la salvedad de que aumenta la carga que es capaz de admitir y las deformaciones soportadas tras rebasar su carga máxima.

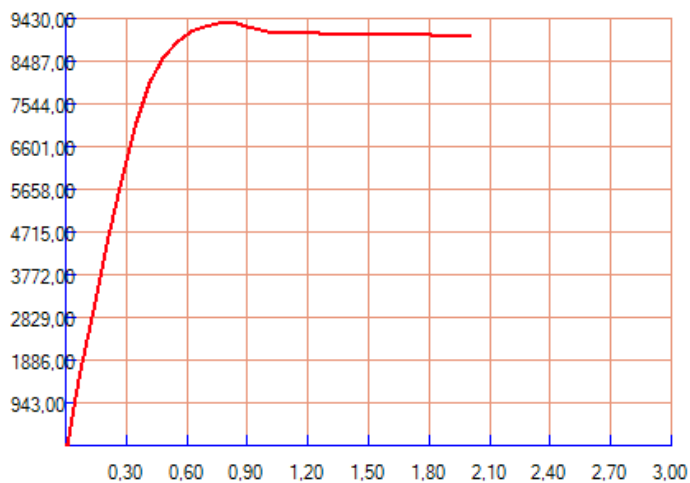
En cuanto al daño completo se produce en el paso de carga 19 del caso 2, correspondiente al 60 % del total de la carga sísmica. Y el punto de demanda se produce para una deformación de 0,26 cm.

Compresión	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
C-3	0,37	1,36	0,26	0,26	0,62	NULO	100 %

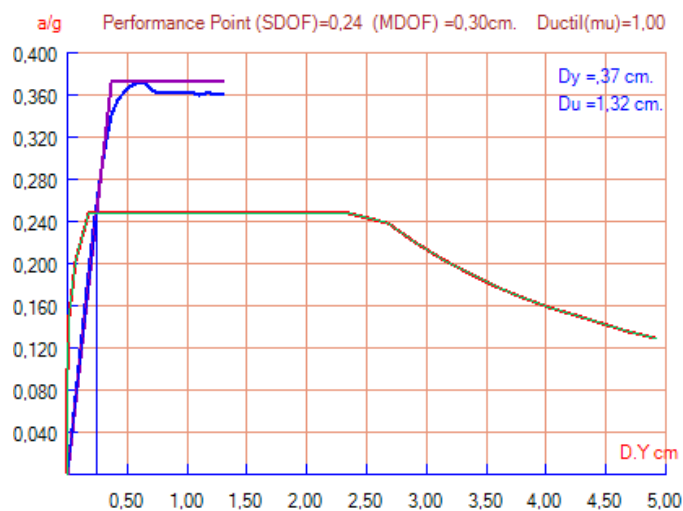
T.06.22: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-3. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

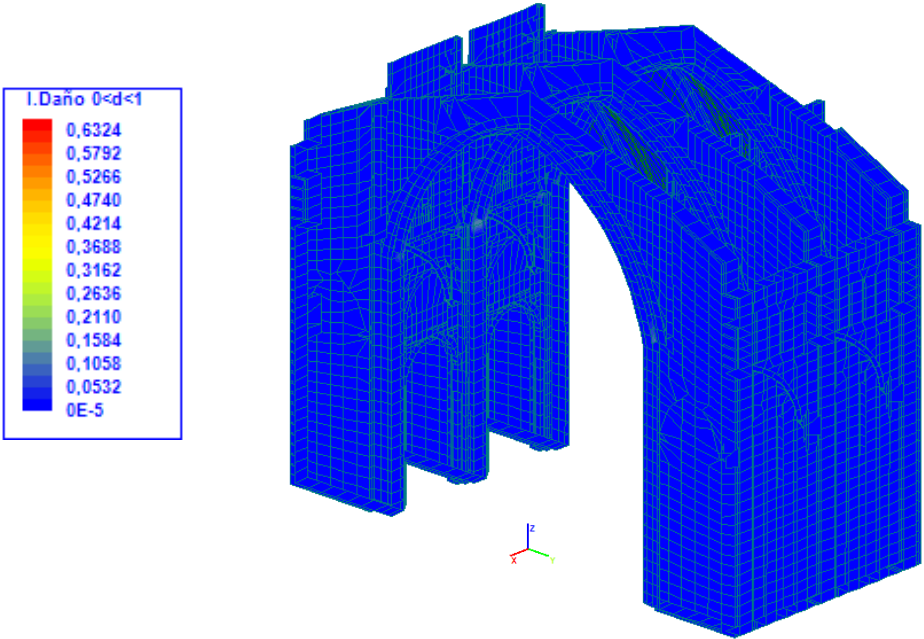
VI.3.2.4 Modelo C-4



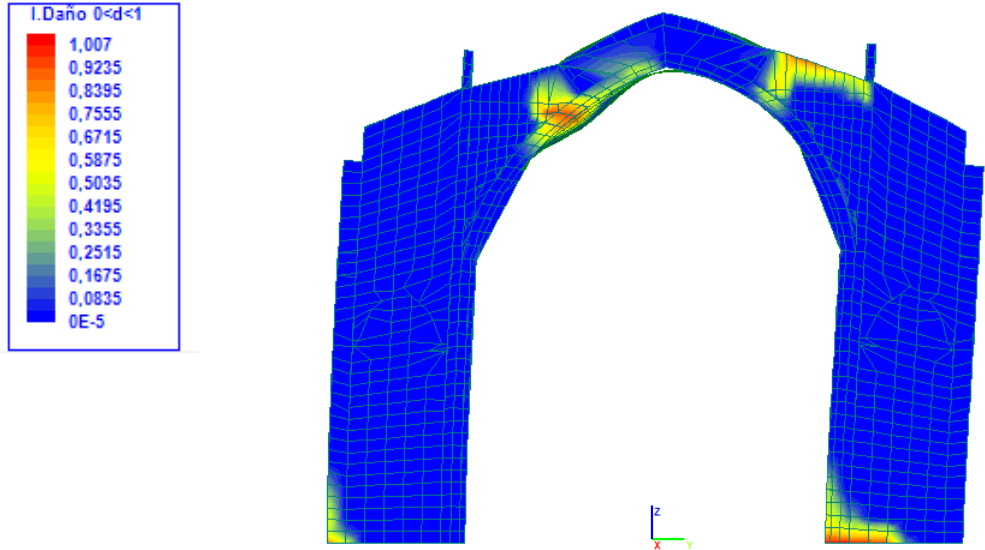
06.30. Curva de Capacidad del modelo C-4. Autor (2015).



06.31. Performance point del modelo C-4. Autor (2015).



06.32. Daño y deformada del modelo C-4 en el paso 10. Autor (2015).



06.33. Daño y deformada del modelo C4 en el paso 19. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Conclusiones del modelo C-4

El modelo C-4 muestra un resultado similar al modelo C-3. El daño completo se produce en el paso de carga 19 correspondiente al 60 % del total de la carga sísmica. El punto de demanda se produce para una deformación de 0,28 cm.

Compresión	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
C-4	0,37	1,32	0,24	0,26	0,61	NULO	92,31 %

T.06.23: Resultado del estudio a compresión. Nivel de daño Modelo C-4. Autor (2015).

VI.3.2.5 Resultados de la influencia de la compresión en la sillería

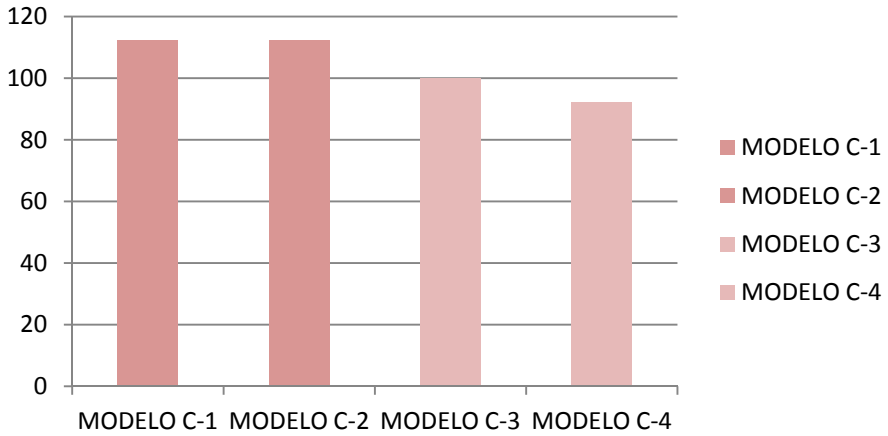
Al analizar la influencia que tiene la alteración de la resistencia compresión en relación a los estadillos de daño propuestos para este estudio (T.06.12), se observa como en la medida que aumenta, mejora sensiblemente el índice de daño.

En cambio, el aumento de la resistencia a compresión afecta sensiblemente a la capacidad de la estructura. Se puede observar en la figura 06.35 como los cuatro modelos presentan una curva de capacidad similar.

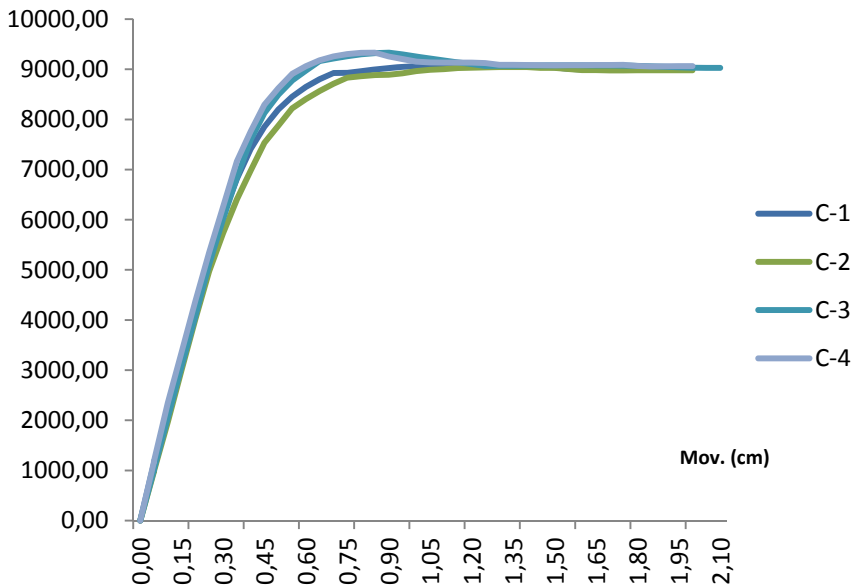
Tracción	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
C-1	0,38	1,38	0,28	0,266	0,63	LEVE	12,28 %
C-2	0,38	1,46	0,28	0,27	0,65	LEVE	12,28 %
C-3	0,37	1,36	0,26	0,26	0,62	NULO	100 %
C-4	0,37	1,32	0,24	0,26	0,61	NULO	92,31 %

T.06.24: Estudio a compresión. Nivel de daño de los modelos. Autor (2015).

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD



06.34. Comparativa del índice de vulnerabilidad. Estudio a compresión. Autor (2015).



06.35. Influencia de la compresión en la gráfica V-Desplazamiento. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

VI.3.3 Influencia del módulo de elasticidad en la sillería

Este apartado pretende analizar la influencia que tiene el módulo de elasticidad en el modelo de dos vanos propuesto y en consecuencia en el conjunto estructural. Por tanto, definidas las características mecánicas del resto de materiales que componen constructivamente el templo; ladrillo y rellenos (tabla 06.13), se plantean seis modelos de estudio.

De entre las variables mecánicas que definen estos modelos, se toman para el análisis los valores de la resistencia a tracción de la sillería propuestos en el apartado VI.3.1 y los de la resistencia a compresión del apartado VI.3.2. Al igual que en el caso anterior, se desprecia el valor de la resistencia a tracción propuesto para el modelo T-1 por alejarse del comportamiento estructural real del templo.

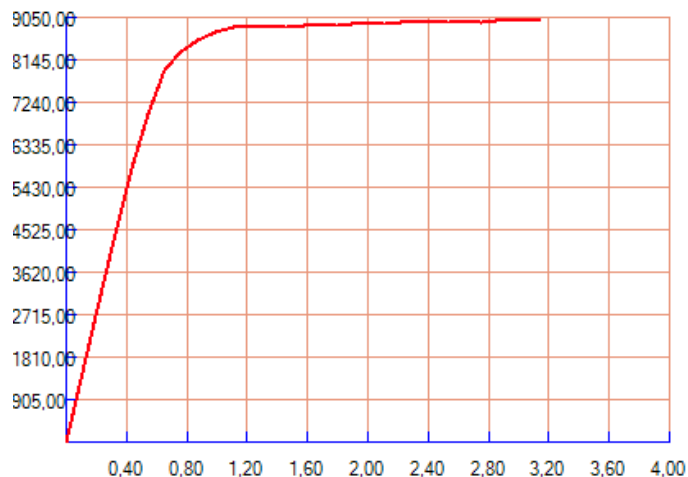
Tras concretar los valores de la resistencia a tracción y a compresión, se incorpora como último parámetro a analizar la variación del módulo de elasticidad.

Dado el parámetro a estudiar, se analizan los desplazamientos en el eje más débil, el "y", con el fin de comprobar la influencia de la variación de la rigidez en cada modelo.

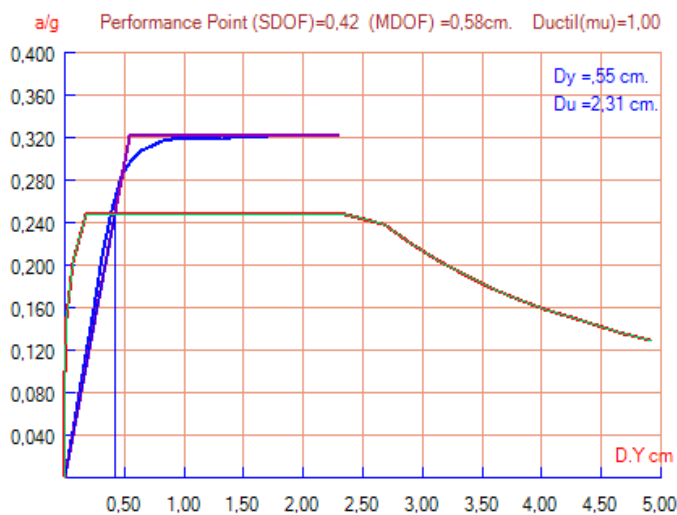
Modelo	Material	D (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	Ft (N/mm ²)	Gf [*] (Nmm/mm ²)
M1	Sillería	2,2	3.000	6,00	0,2	0,30
M-2	Sillería	2,2	5.000	6,00	0,2	0,30
M-3	Sillería	2,2	9.000	6,00	0,2	0,30
M-4	Sillería	2,2	3.000	6,00	0,3	0,30
M-5	Sillería	2,2	9.000	6,00	0,3	0,30
M-6	Sillería	2,2	5.000	8,00	0,3	0,30

T.06.25: Caracterización de la Sillería. Influencia del módulo de elasticidad. Autor (2015).

VI.3.3.1 Modelo M-1

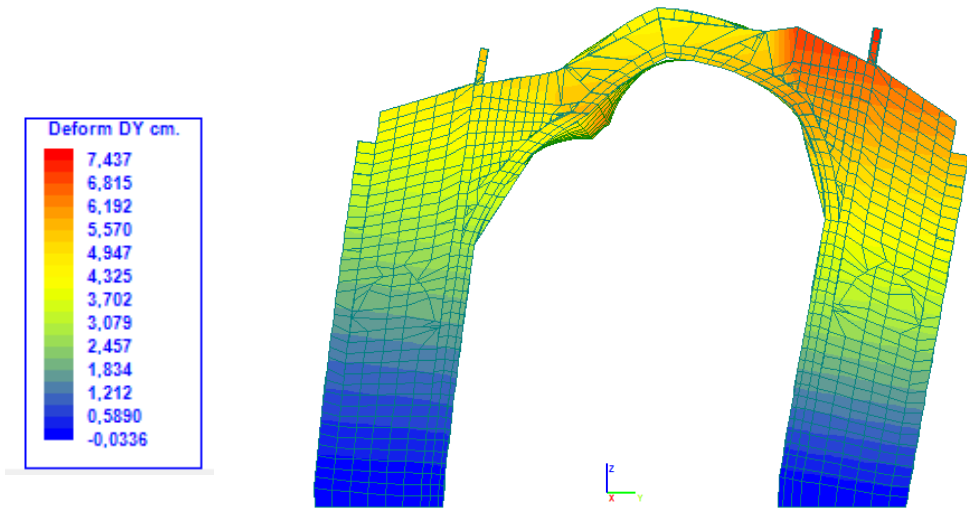


06.36. Curva de Capacidad del modelo M-1. Autor (2015).

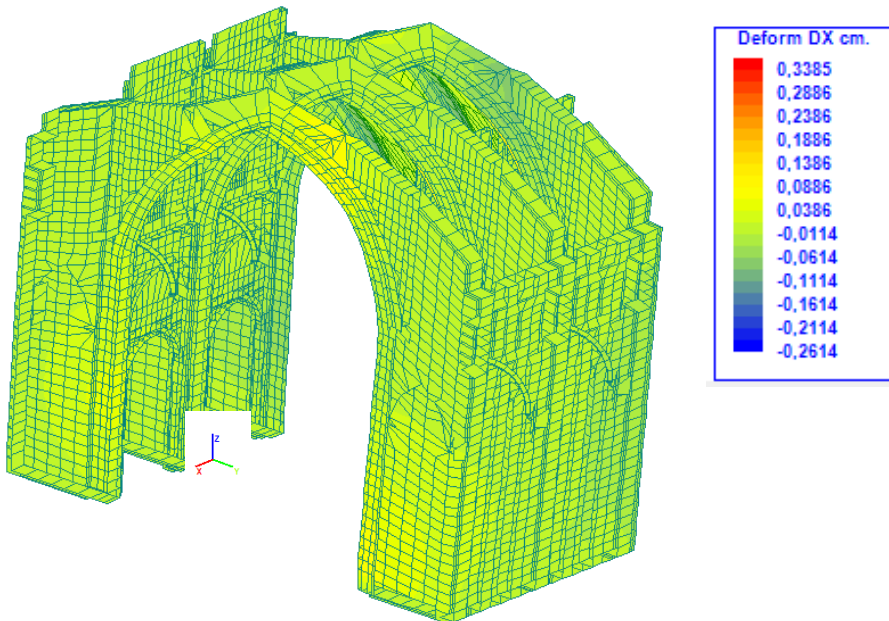


06.37. Performance point del modelo M-1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.38. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-1. Autor (2015).



06.39. Desplazamiento x en el paso 39 del modelo M-1. Autor (2015).

Conclusiones del modelo M-1

Los resultados obtenidos del análisis del modelo M-1 muestran un aumento del valor de los desplazamientos respecto a los estudios realizados anteriormente. El punto de demanda se produce para una deformación de 0,42 cm. Un valor que supone casi el doble de los obtenidos hasta ahora.

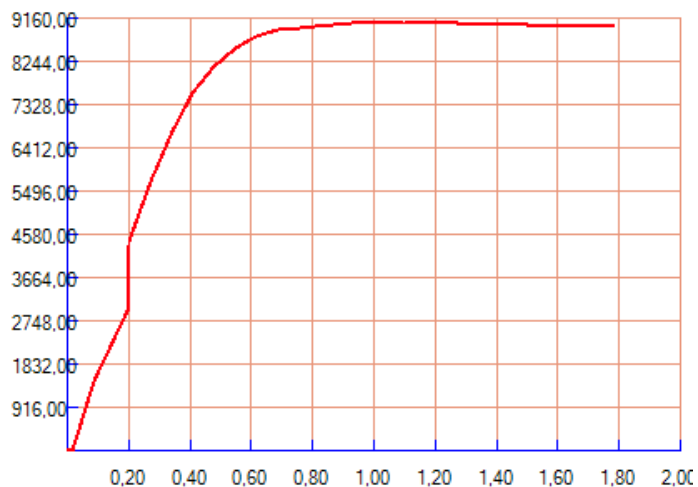
En cuanto al índice de daño, se puede observar que el daño completo se produce en el paso de carga 17 correspondiente al 49% del total de la carga sísmica aplicada y el 100% de la carga estática.

MÓDULO E	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
M-1	0,55	2,31	0,42	0,39	0,99	LEVE	18,75 %

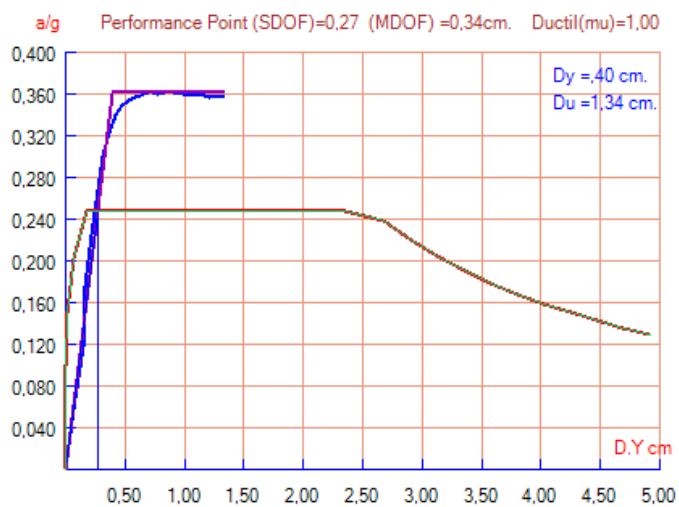
T.06.26: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

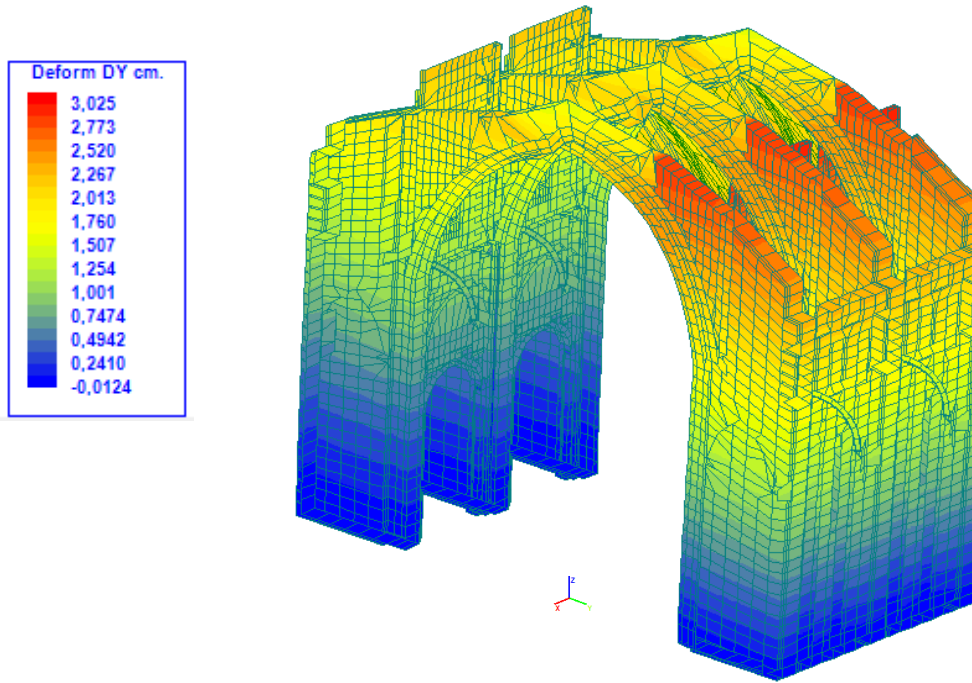
VI.3.3.2 Modelo M-2



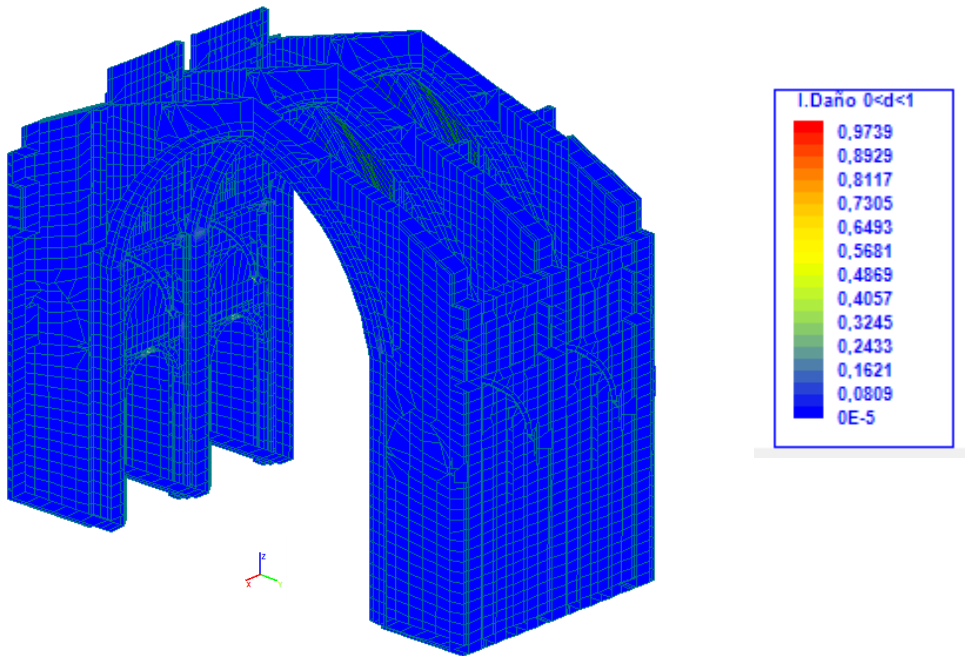
06.40. Curva de Capacidad del modelo M-2. Autor (2015).



06.41. Performance point del modelo M-2. Autor (2015).



06.42. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-2. Autor (2015).



06.43. Daño y deformada del modelo M-2 en el paso 10. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Conclusiones del modelo M-2

El análisis del modelo M-2 muestra una disminución del valor de los desplazamientos en el eje "y", alcanzando unos valores similares a los obtenidos en estudios anteriores. El punto de demanda se produce para una deformación de 0,27 cm.

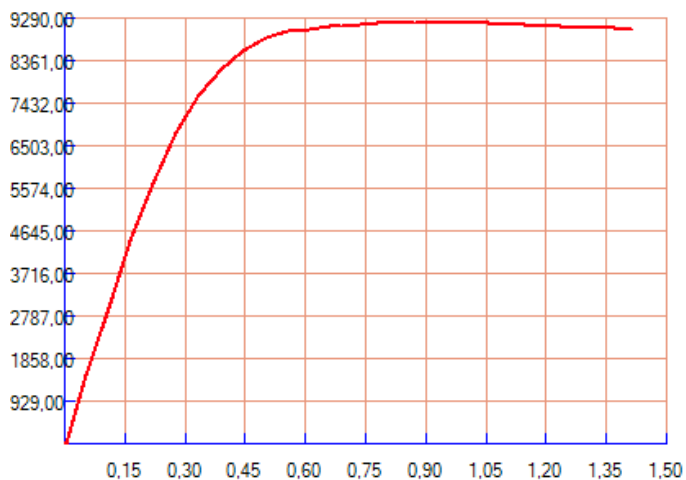
La imagen 06.43 no muestra ningún área afectada de forma generalizada tras la aplicación del total de las cargas estáticas. El índice de daño cercano a la unidad que presenta el cálculo es consecuencia de una concentración de tensiones localizada y su afección es irrelevante.

Por último, en cuanto al índice de daño, el completo se produce en el paso de carga 18 correspondiente a la aplicación del 54 % de la carga sísmica y el total de las acciones estáticas.

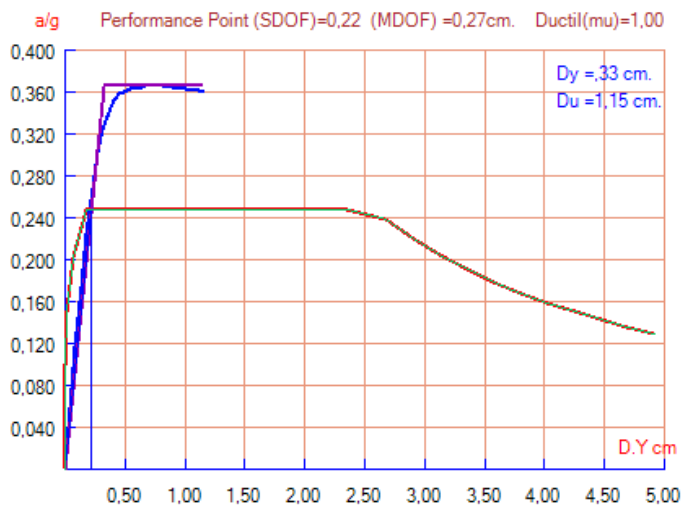
MÓDULO E	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
M-2	0,40	1,34	0,27	0,28	0,64	NULO	96,43 %

T.06.27: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-2. Autor (2015).

VI.3.3.3 Modelo M-3

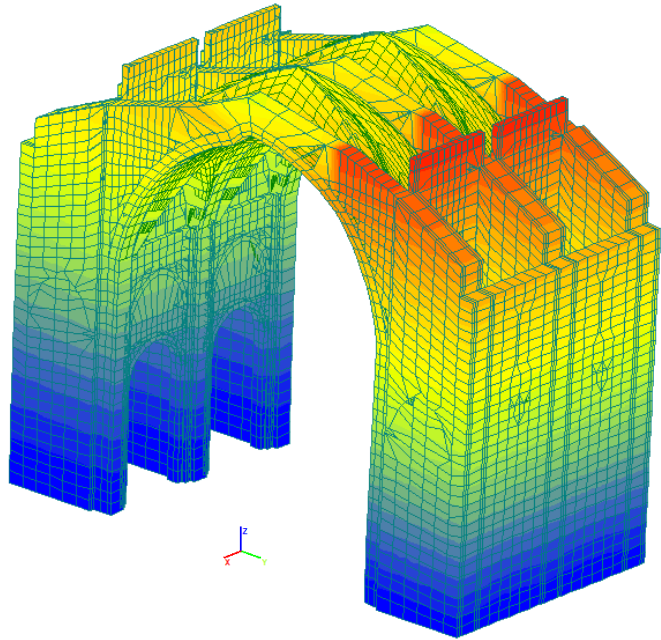
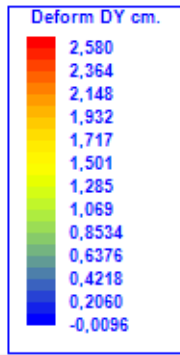


06.44. Curva de Capacidad del modelo M-3. Autor (2015).

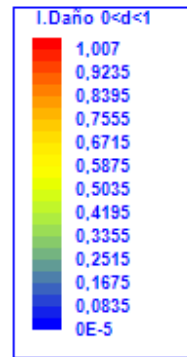
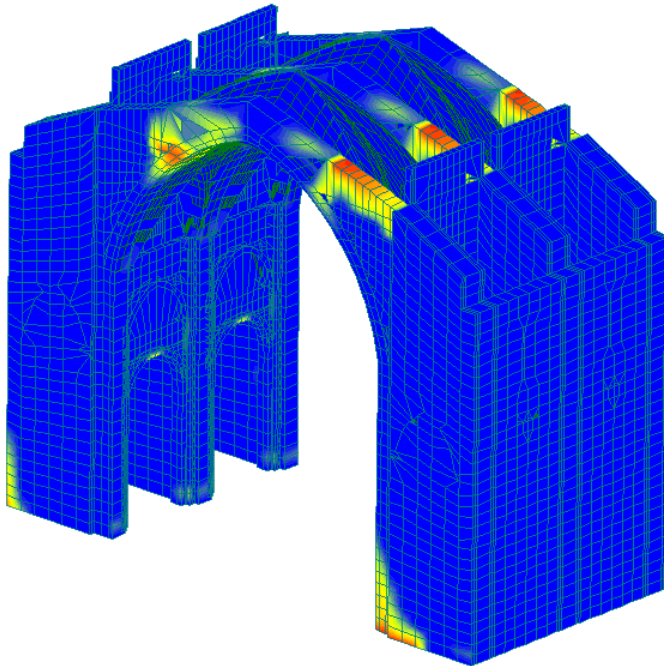


06.45. Performance point del modelo M-3. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.46. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-3. Autor (2015).



06.47. Daño y deformada del modelo M-3 en el paso 18. Autor (2015).

Conclusiones del modelo M-3

Los resultados que se obtienen de este estudio mejoran ligeramente con respecto al anterior. El aumento del módulo de elasticidad reduce sensiblemente las deformaciones en el eje y.

En cuanto a la curva de capacidad se puede apreciar un comportamiento distinto. La curva presenta un tramo elástico y dos tramos diferenciados dentro de su fase plástica. El primero de ellos muestra la carga máxima que es capaz de soportar el modelo. Rebasado este límite, la curva muestra un segundo tramo en el que disminuye la capacidad de carga, aunque aún es capaz de soportar ciertas de deformaciones.

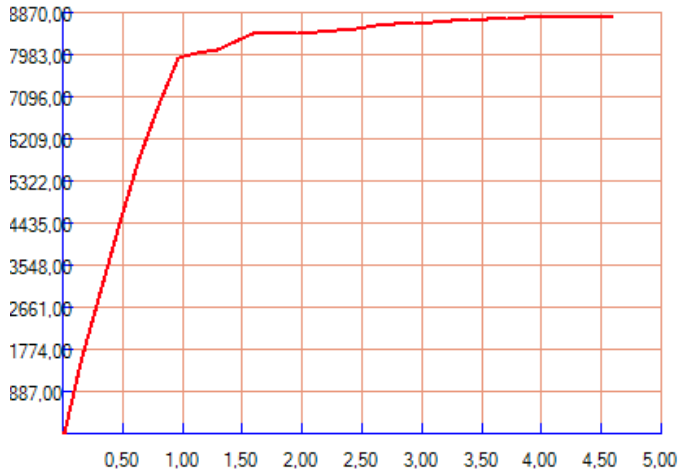
El modelo de daño no presenta ningún área afectada de forma generalizada tras la aplicación de las cargas estáticas. El punto de desempeño se produce para una deformación de 0,22 cm y el índice de daño se obtiene en el paso de carga 18 correspondiente al 55% de la carga sísmica y el total de las acciones estáticas.

MÓDULO E	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
M-3	0,33	1,55	0,22	0,23	0,64	NULO	95,65 %

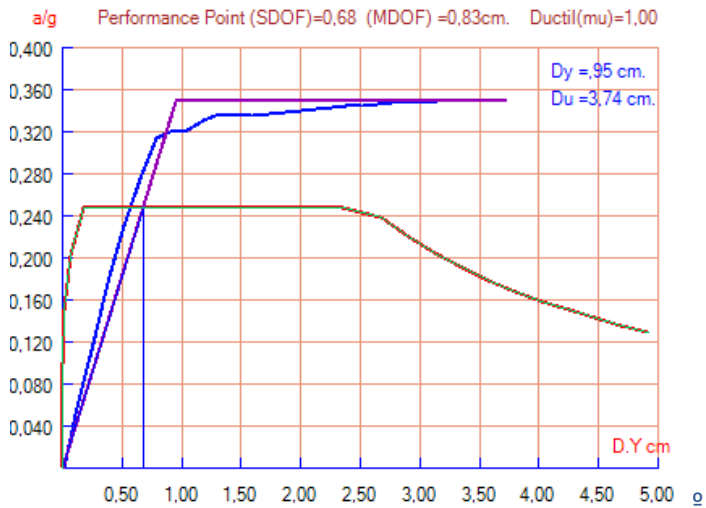
T.06.28: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-3. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

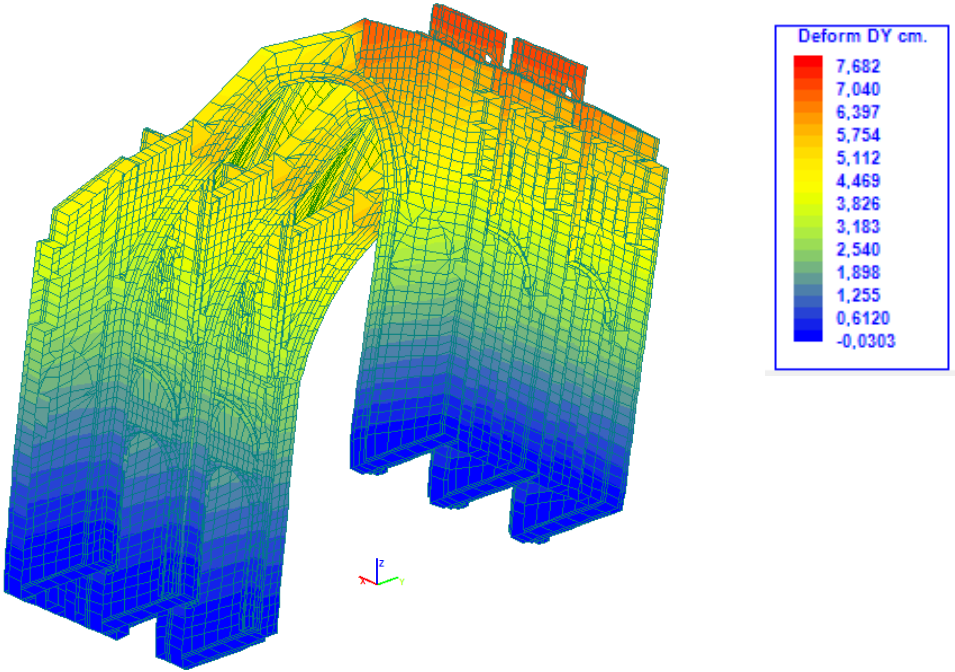
VI.3.3.4 Modelo M-4



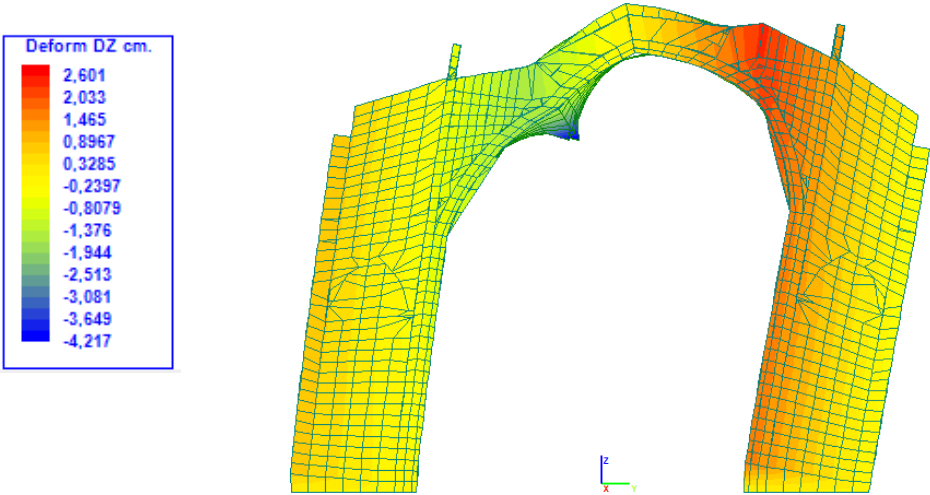
06.48. Curva de Capacidad del modelo M-4. Autor (2015).



06.49. Performance point del modelo M-4. Autor (2015).



06.50. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-4. Autor (2015).



06.51. Desplazamiento z en el paso 39 del modelo M-4. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Conclusiones del modelo M-4

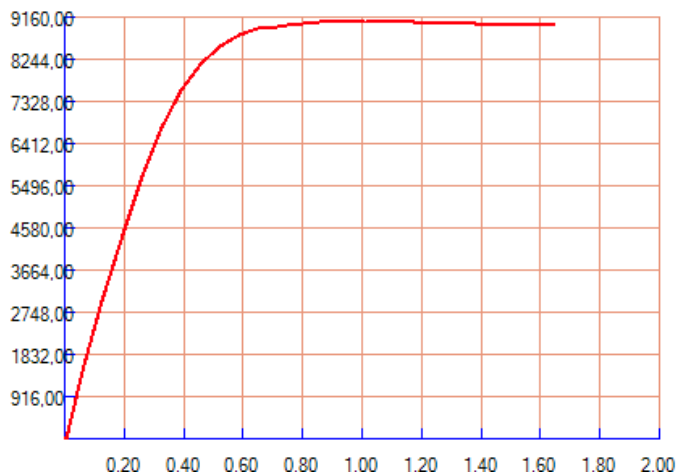
Los resultados obtenidos del modelo M-4 muestran claramente la influencia del módulo de elasticidad en el comportamiento estructural del modelo. Si bien, una reducción del módulo aumenta la resistencia a compresión y a tracción, provoca un aumento considerable de los desplazamientos.

El punto de desempeño se produce para una deformación de 0,68 cm y el índice de daño se obtiene en el paso de carga 18 correspondiente a la aplicación del 54 % de la carga sísmica con el total de las acciones estáticas.

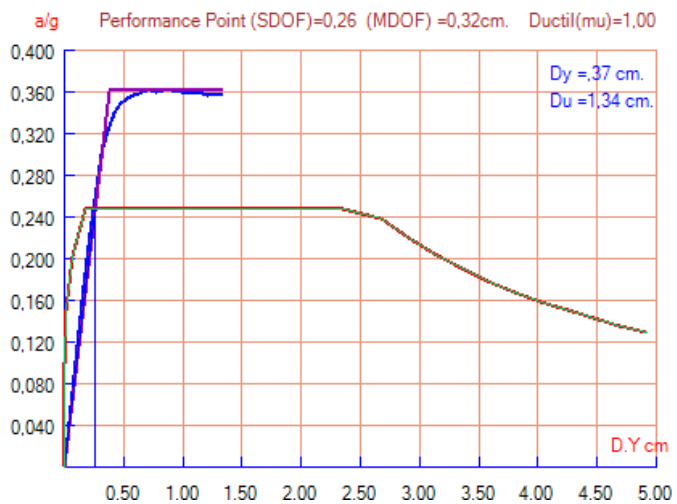
MÓDULO E	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
M-4	0,95	3,74	0,68	0,67	1,65	LEVE	3,57 %

T.06.29: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-4. Autor (2015).

VI.3.3.5 Modelo M-5

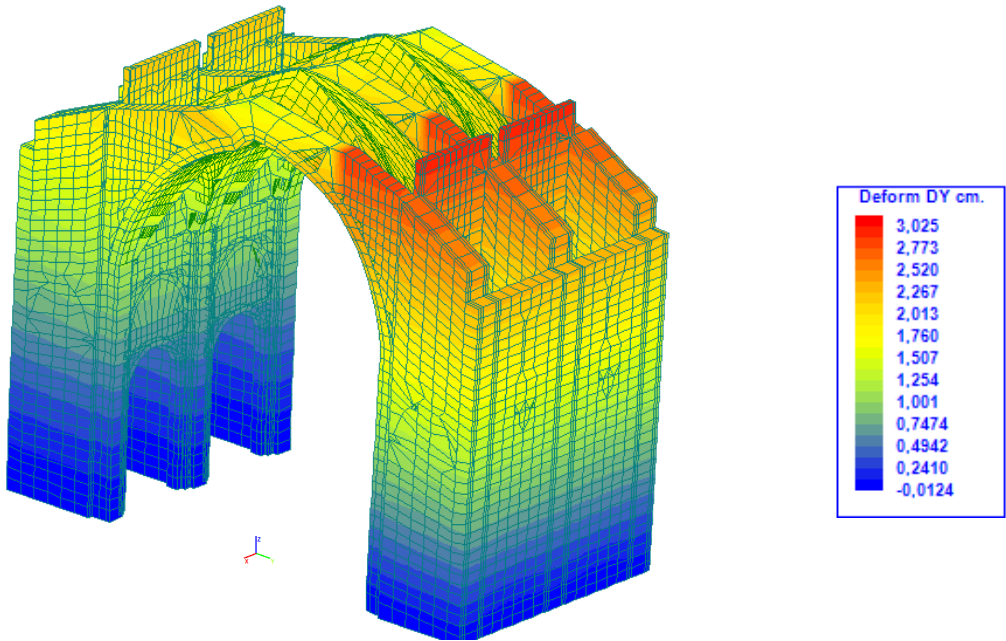


06.52. Curva de Capacidad del modelo M-5. Autor (2015).

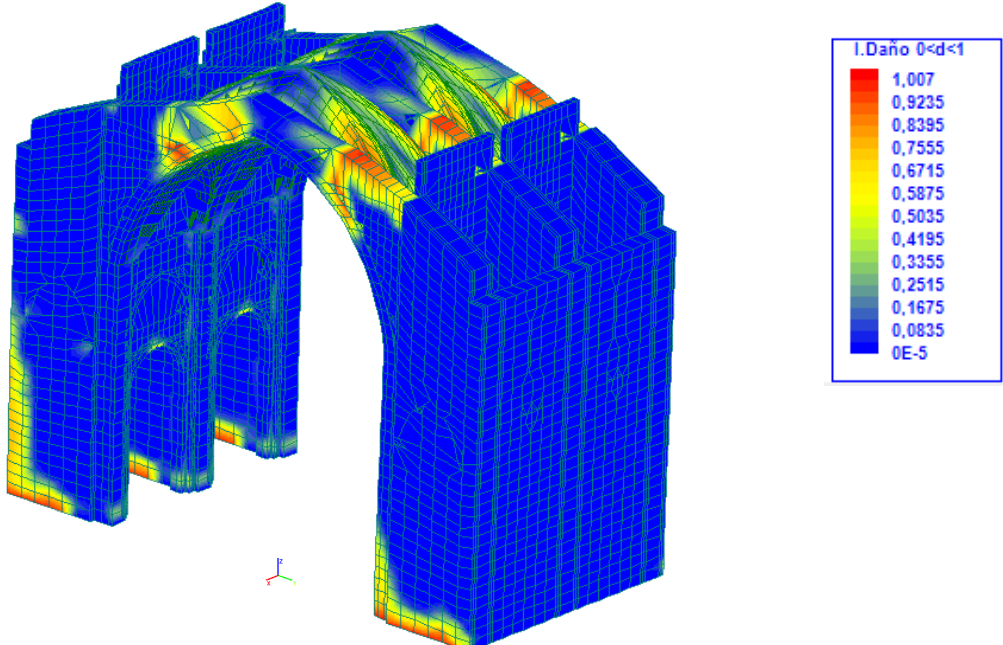


06.53. Performance point del modelo M-5. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.54. Desplazamiento v en el paso 39 del modelo M-5. Autor (2015).



06.55. Daño y deformada del modelo M-5 en el paso 30. Autor (2015).

Conclusiones del modelo M-5

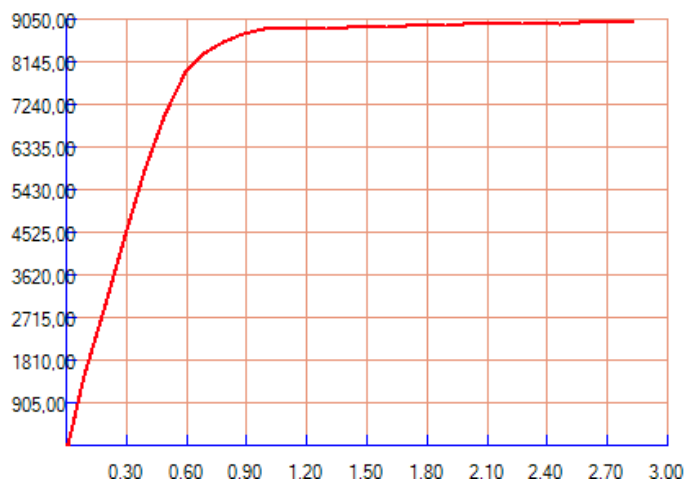
El aumento del módulo de elasticidad, así como de la resistencia a compresión y tracción mejora el comportamiento del modelo. A diferencia del caso anterior, el modelo mejora su capacidad frente a esfuerzos dinámicos.

Si se analiza la curva de capacidad, se observa que se define una fase lineal y una no lineal, esta última en dos tramos. Dentro de la fase elástica, el primer tramo representa la carga máxima que es capaz de soportar la estructura. A partir de ese punto se reduce la carga, pero aun así la curva presenta un tramo antes de llegar a su capacidad máxima capaz de absorber los empujes incrementales de la fuerza sísmica.

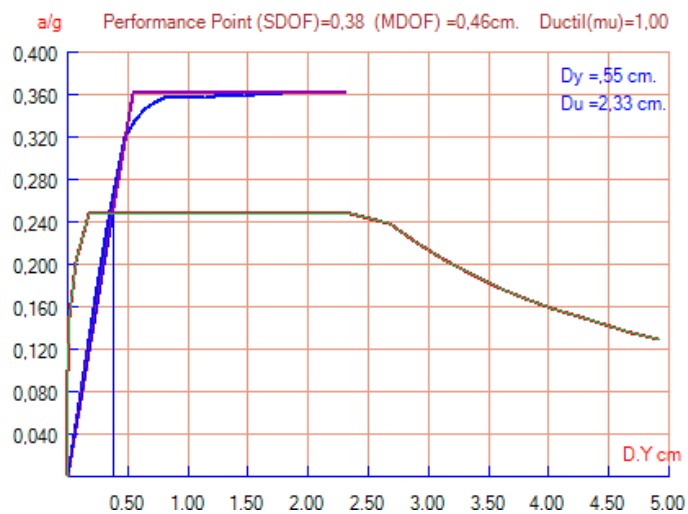
El punto de desempeño se produce para una deformación de 0,26 cm y el índice de daño se produce en el paso de carga 18 correspondiente a la aplicación del 54 % de la carga sísmica con el 100% de las acciones estáticas.

MÓDULO E	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
M-5	0,37	1,34	0,26	0,26	0,61	LEVE	0 %

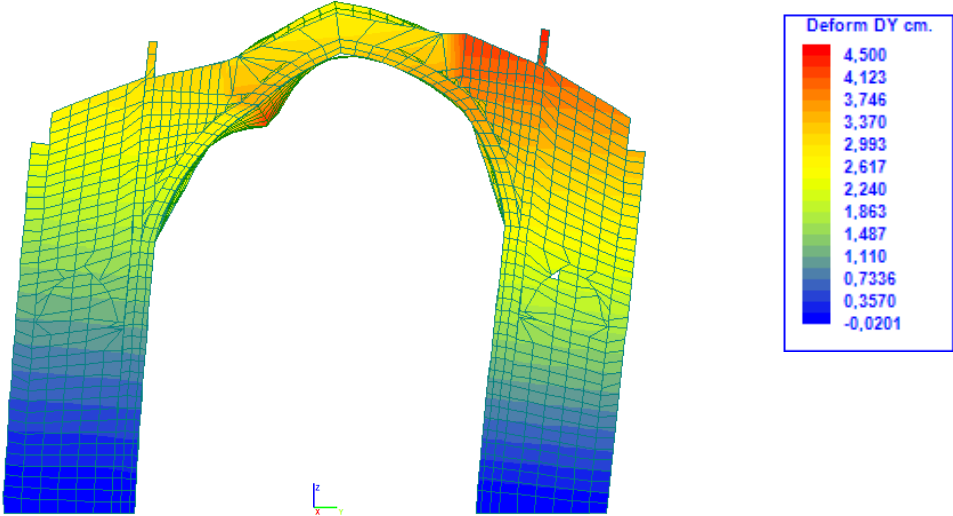
T.06.30: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-5. Autor (2015).



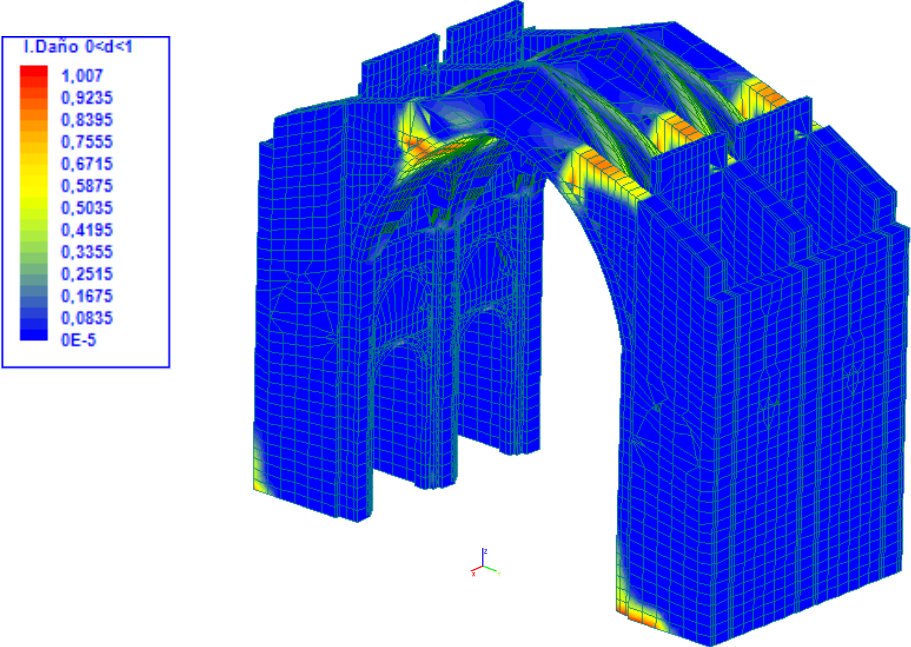
06.56. Curva de Capacidad del modelo M-6. Autor (2015).



06.57. Performance point del modelo M-6. Autor (2015).



06.58. Desplazamiento y en el paso 39 del modelo M-6. Autor (2015).



06.59. Daño y deformada del modelo M-6 en el paso 19. Autor (2015).

Conclusiones del modelo M-6

Los resultados obtenidos de este estudio no varían en gran medida del M-5 anterior. La disminución del módulo de elasticidad, el aumento de la resistencia a compresión y manteniendo la resistencia a tracción, conlleva un sensible aumento las deformaciones en el eje y.

El punto de desempeño se produce para una deformación de 0,38 cm y el índice de daño se obtiene en el paso de carga 19 correspondiente a la aplicación del 57% de la carga sísmica y el 100% de las acciones estáticas.

MÓDULO E	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
M-6	0,55	2,33	0,38	0,39	1,00	NULO	97,44 %

T.06.31: Resultado de la influencia del módulo de elasticidad. Nivel de daño Modelo M-6. Autor (2015).

VI.3.2.7 Resultados de la influencia del módulo de elasticidad.

De entre los resultados que se extraen de los diferentes estudios anteriores el más importante es la incidencia que tiene la variación del módulo de elasticidad en las deformaciones del edificio.

Si se analizan los distintos modelos de forma individualizada, se observa como en la medida en que se aumenta el módulo de elasticidad las deformaciones en el eje más débil, el eje "y", se reducen notablemente. Estas últimas, mucho más conservadoras, reflejan los valores de las deformaciones reales de la iglesia de los Santos Juanes según los resultados obtenidos del escaneado, comparados con los definidos por Estellés en su proyecto de intervención.

Sin embargo, el aumento del módulo no tiene una respuesta lineal. Si bien el cambio del módulo E de un valor de 3.000 N/mm² a 5.000 N/mm² mejora notablemente las deformaciones reduciéndolas a la mitad, el paso de un valor de 5.000 N/mm² a 9.000 N/mm² no supone una variación significativa.

Por otro lado, si se examina la incidencia del módulo E junto con el resto de parámetros que se han estudiado en apartados anteriores, las resistencias a compresión y tracción respectivamente, se observa como los modelos con menor módulo de elasticidad (M-1 y M-4) presentan unas deformaciones similares a pesar del aumento de la resistencia a tracción.

En cuanto a la influencia que tiene el módulo de elasticidad dentro de la gradación propuesta para este estudio en relación al índice de daño, se concluye que su variación contribuye sensiblemente en su comportamiento. Al comparar los modelos C-3 y M-4, ambos con la misma resistencia a compresión y a tracción, pero distinto módulo de elasticidad, se advierte un ligero aumento del índice de daño en el modelo C-3 que tiene un valor superior del módulo de elasticidad. De forma similar ocurre con los modelos M-1, M-2 y M-3 al compararlos con el modelo C-1; todos ellos con la misma resistencia a compresión y tracción y distinto módulo de elasticidad.

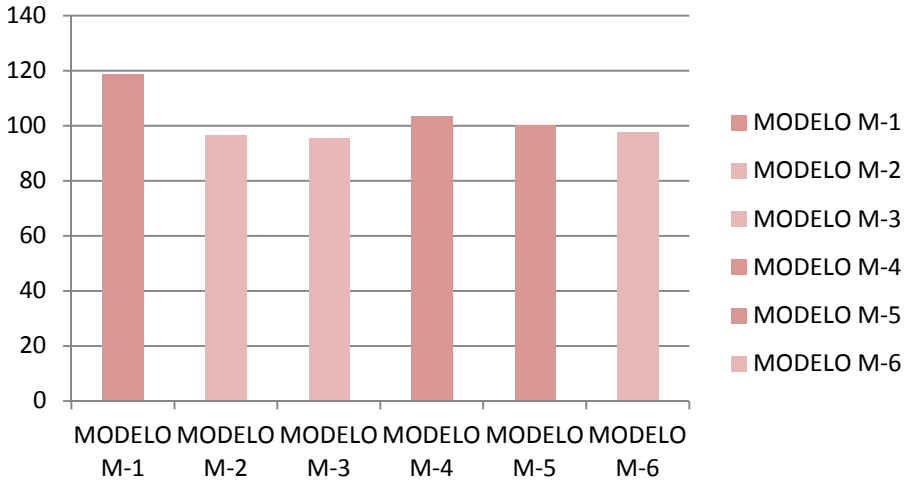
Cabe destacar la influencia que tiene el módulo de elasticidad en el control de las deformaciones del edificio y su baja incidencia en cuanto a la variación del índice de daño.

MÓDULO E	Dy (cm)	Du (cm)	PD (cm)	Sd1 (MPa)	Sd3 (MPa)	Daño	%
M-1	0,55	2,31	0,42	0,39	0,99	LEVE	18,75 %
M-2	0,40	1,34	0,27	0,28	0,64	NULO	96,43 %
M-3	0,33	1,55	0,22	0,23	0,64	NULO	95,65 %
M-4	0,95	3,74	0,68	0,67	1,65	LEVE	3,57 %
M-5	0,37	1,34	0,26	0,26	0,61	LEVE	0 %
M-6	0,55	2,33	0,38	0,39	1,00	NULO	97,44 %

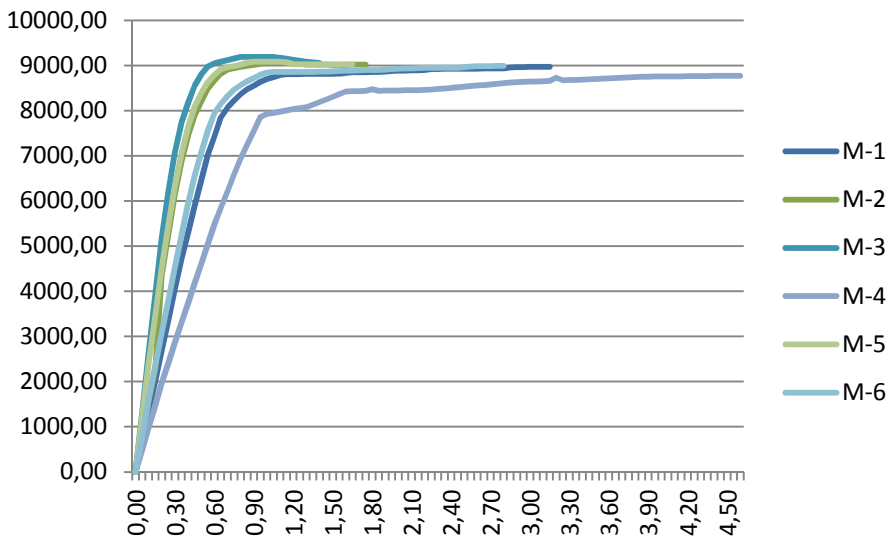
T.06.32: Estudio incidencia módulo elasticidad. Nivel de daño de los modelos. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD



06.60. Comparativa del índice de vulnerabilidad. Estudio incidencia módulo elasticidad. Autor (2015).



06.61. Influencia del módulo de elasticidad en la gráfica V-Desplazamiento. Autor (2015).

Por último y a vista de los resultados obtenidos en estos estudios, se realiza una tabla resumen que refleja la caracterización mecánica de la sillería

propuesta para el análisis estructural. Es importante reseñar que los parámetros mecánicos que se toman para definirla, se centran en la comparativa de los resultados obtenidos de los diferentes estudios con la realidad del templo, basándose en los propuestos por los diferentes autores y dentro del rango de la seguridad.

Material	D (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	Ft (N/mm ²)	Gf (Nmm/mm ²)
Sillería	2,2	7.500	12,00	0,35	0,30

T.06.33: Valores de la sillería tomados para el cálculo de los Santos Juanes. Autor (2015).

VI.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE LOS SANTOS JUANES

Una vez caracterizada la sillería en el modelo propuesto, en este apartado se estudia el comportamiento estructural del templo analizando la incidencia que tienen los diafragmas en el comportamiento del conjunto. Para ello se analizan modelos con y sin dichos diafragmas, realizando una comparativa entre ellos.

En el estudio, de forma similar al anterior, se utiliza el software ANGLE (Alonso Durá 2015). El análisis se centra en el comportamiento estructural del prototipo modelizado de 2 módulos frente a cargas gravitatorias y acciones sísmicas actuando sobre la nave principal del templo.

En base a los resultados obtenidos del estudio anterior y la caracterización de los materiales propuesta por los diferentes autores, se toman los siguientes valores para los materiales definidos en el modelo de cálculo:

Material	D (t/m ³)	E (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	Ft (N/mm ²)	Gf ⁺ (Nmm/mm ²)
Relleno Sillería	2,0	2.500	8,00	0,25	0,20
Ladrillo	1,8	3.500	3,50	0,15	0,10
Relleno de Bóvedas	1,5	1.000	3,00	0,20	0,15
Sillería	2,2	7.500	12,00	0,35	0,30

T.06.34: Valores tomados para el cálculo de los Santos Juanes. Autor (2015).

El modelo de estudio está formado por dos módulos representativos del templo. Sobre ellos se estudia de forma concreta el comportamiento del sistema estructural empleado en la iglesia, agilizando el costo proceso que supone calcular el modelo completo.

Como se ha comentado en capítulos anteriores, la mayor parte de los templos enmarcados dentro del gótico mediterráneo, permitían el transepto entre sus capillas laterales y el recorrido perimetral del templo en la cubierta. Ejemplo de ello es la catedral de Valencia, de Sevilla, etc. Sin embargo, esto no es

posible en la iglesia de los Santos Juanes. Por ello, y en vista a la masividad que presenta el edificio, se plantea la necesidad de analizar un nuevo prototipo. Un modelo basado en el primitivo, pero reduciendo el volumen de los contrafuertes en un porcentaje del 38%. Esta nueva configuración pretende estudiar el comportamiento que hubiese tenido el templo si se hubiese declinado por una construcción más ligera, acorde a los ejemplos de su tiempo.

A modo de resumen, los cuatro modelos de cálculo planteados son:

Modelo 1: 2 Módulos completos con diafragma

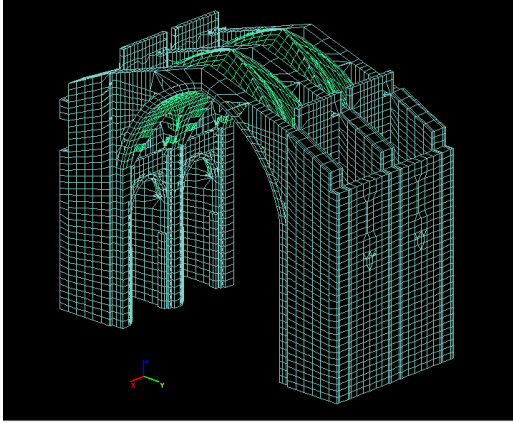
Modelo 2: 2 Módulos completos sin diafragma

Modelo 3: 2 Módulos con reducción del 38% del Volumen del contrafuerte con diafragma

Modelo 4: 2 Módulos con reducción del 38% del Volumen de contrafuerte sin diafragma

VI. Análisis Estructural

Modelo 1. 2 Módulos completos con diafragma



Nodos_25125

Sólidos_14238

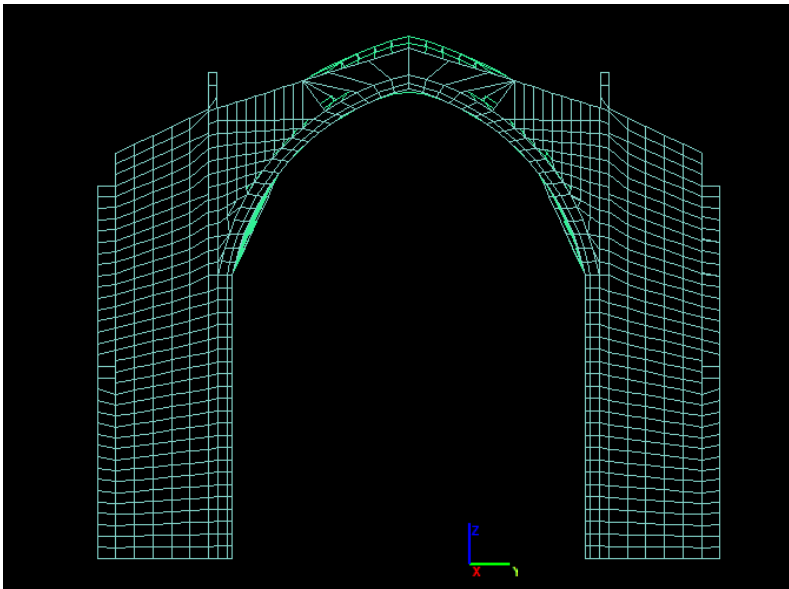
Tetraedros_928

Hexaedros_12683

Láminas_4108

Nº de Ecuaciones_87528

06.62. Vista del conjunto del modelo 1. Autor (2015).



06.63. Alzado del modelo 1. Autor (2015).

Características dinámicas_ Se han considerado 10 modos de vibración

MODO 1

_Frecuencia angular=

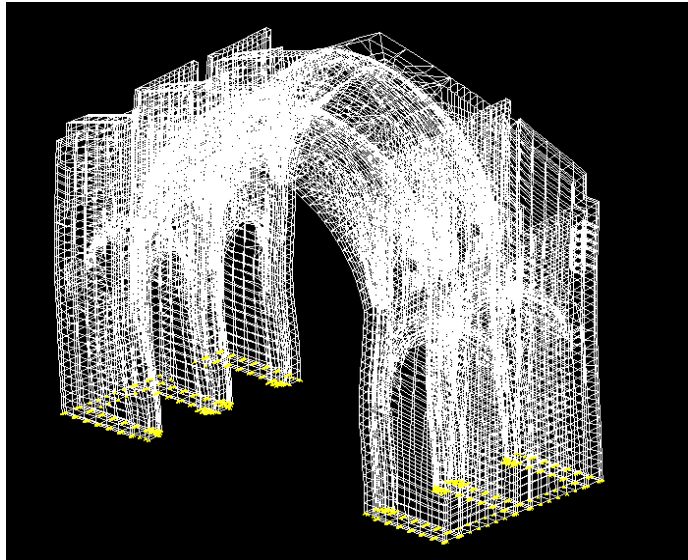
28.7390190402422

_Frecuencia (cps) =

4.573957

_Periodo (seg)=

0.2186291



06.64. Deformaciones modo 1_modelo 1. Autor (2015).

MODO 2

_Frecuencia angular=

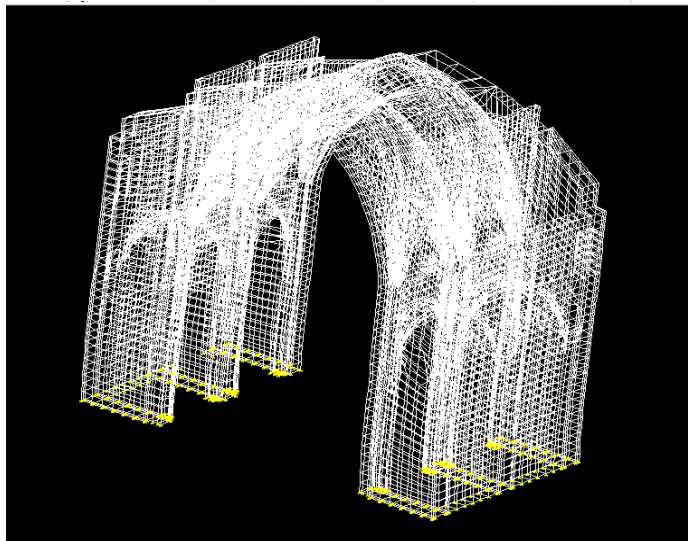
29.7256955966712

_Frecuencia (cps) =

44.730991

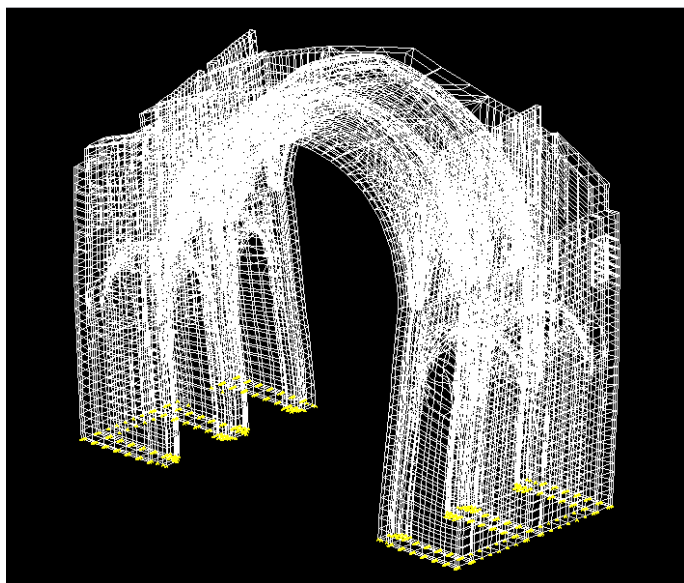
_Periodo (seg)=

0.2113722



06.65. Deformaciones modo 2_modelo 1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



MODO 3

_Frecuencia angular=

44.7371728606712

_Frecuencia (cps) =

7.120142

_Periodo (seg)=

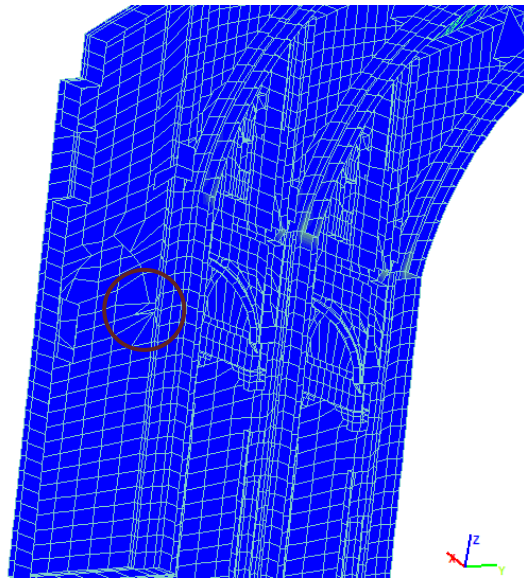
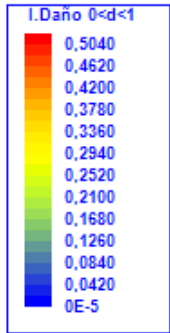
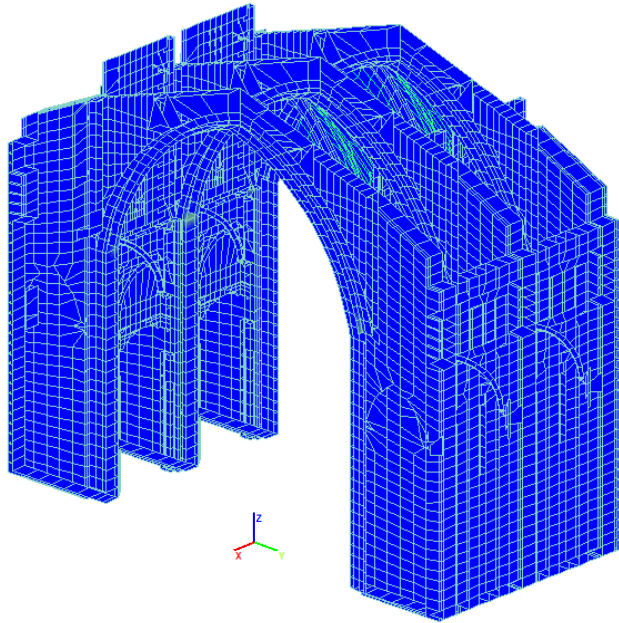
0.1404466

06.66. Deformaciones modo 3_modelo 2. Autor (2015).

Modo	Periodo (seg)	Mex (%)	Mey (%)	Mez (%)	Mtx (%)	Mty (%)	Mtz (%)
1	0.2186291	1.18	66.68	0.00	1.18	66.68	0.00
2	0.2113722	62.04	1.29	0.00	63.22	67.97	0.00
3	0.1404466	0.05	0.02	0.00	63.27	67.99	0.00
4	0.1099739	0.00	0.00	0.00	63.28	67.99	0.00
5	0.103579	0.00	0.01	0.50	63.28	67.99	0.51
6	0.09688303	16.13	0.00	0.00	79.41	67.99	0.51
7	0.07842745	0.71	0.00	0.00	80.12	67.99	0.51
8	0.07711684	0.01	0.00	0.01	80.13	67.99	0.51
9	0.07706017	0.02	0.00	0.01	80.15	67.99	0.53
10	0.07518945	0.00	0.01	0.01	80.15	68.00	0.54

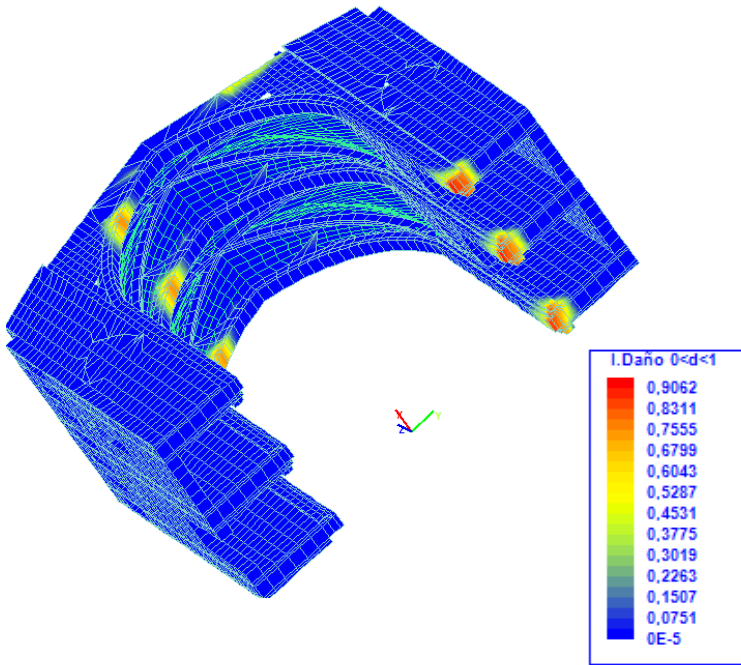
T.06.35: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 1. Autor (2015).

Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. En las imágenes se observa que el índice de daño no alcanza el valor de 1 de rotura. Además, se observa que aún no se está viendo comprometido ningún elemento a excepción del arranque de los arcos fajones, aunque de forma muy leve, con lo que las cargas gravitatorias no afectan en gran medida.



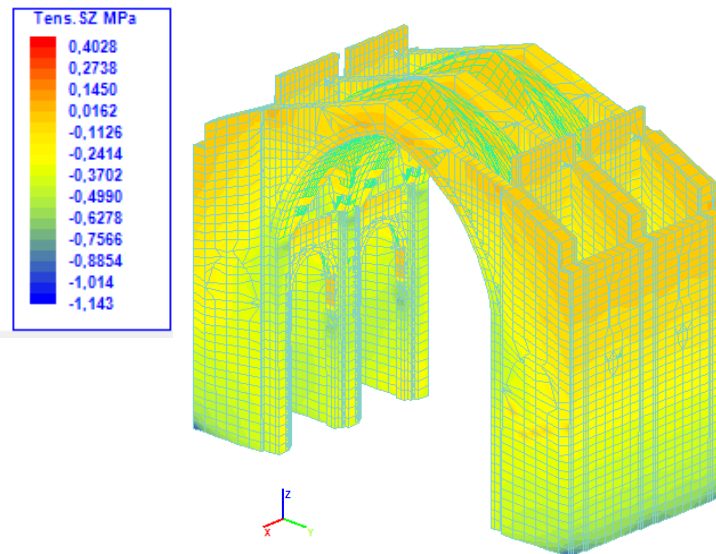
06.67. Modelo de índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de cargas gravitatorias. Modelo 1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



Se aprecian los primeros índices de daño, aún sin alcanzar el valor de colapso. Estos valores se concentran en la parte inferior de los arcos fajones, en la base de las columnas y en la parte superior de los diafragmas.

06.68. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 15 para el total de las cargas gravitatorias más 22% de carga de sismo en la dirección Y. Autor (2015).



Tal y como se observa las tensiones máximas de compresión se localizan en la parte inferior sin alcanzar el valor cumbre de 12 MPa a compresión.

Sx: 0.35/-0.64

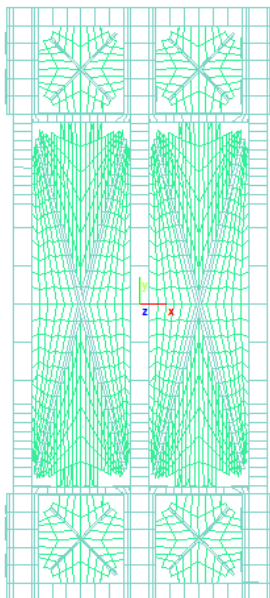
Sy: 0.14/-0.46

Sz: 0.40/-1.14

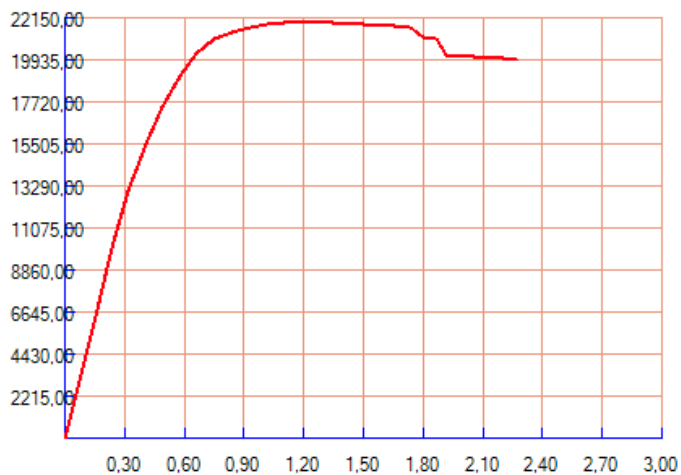
06.69. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias. Autor (2015).

En la figura se indica el punto considerado correspondiente al de mayor cota Z del tramo central.

Nudo considerado_21747

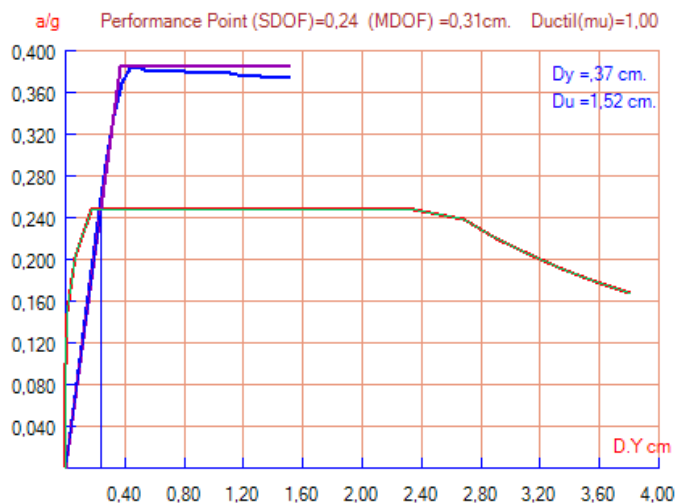


06.70. Vista en planta del modelo. Autor (2015).



06.71. Curva de capacidad del modelo 1. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.72. Espectro de capacidad. Autor (2015).

La gráfica 06.72 compara la capacidad de la estructura con la demanda provocada por el movimiento del terreno a consecuencia de un sismo, habiendo considerado un terremoto con un periodo de retorno de 950 años. De los resultados obtenidos se deduce que la máxima deformación es de 0,31 cm correspondiente con el Performance Point de sistema con un grado de libertad. Se trata del punto de intersección entre el espectro de capacidad y demanda, que en este caso se encuentra en la parte elástica lejos del colapso.

Conclusiones del Modelo 1

A modo de resumen del estudio realizado en el modelo 1 de cálculo en el que se considera el modelo original del templo, se concluye que se trata de una estructura de gran rigidez.

Si se observa la figura 06.72 se deduce que la capacidad de la estructura es superior a la demanda de requerida por el sismo.

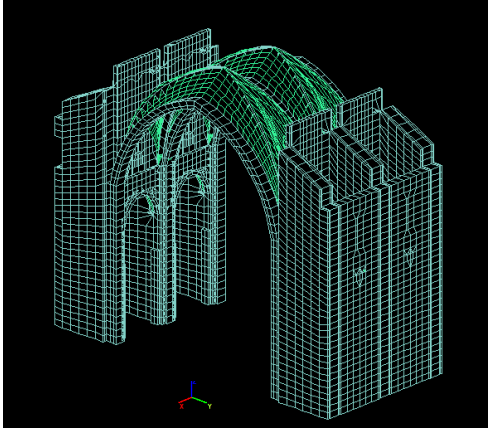
En cuanto al índice de daño para cargas gravitatorias, el modelo no se ve prácticamente afectado. Las tensiones negativas, como es obvio, se concentran

en la base, mostrando unos valores máximos inferiores a la resistencia a compresión adoptada para el cálculo (12 MPa).

Por otro lado, del análisis Pushover se define su comportamiento frente a un sismo con un periodo de retorno de 950 años en el sentido "Y" del modelo, obteniendo valores de desplazamiento del orden de 0,31 cm. Estos resultados indican que la estructura no ha sufrido daños y si se produjesen serían despreciables.

Consecuentemente, los datos obtenidos concuerdan con el estudio y análisis realizado del templo, tanto en esta investigación como el que realizó Estellés en los años 80. La estructura del templo no presenta ningún daño en su estructura principal, al menos de forma relevante. Por ello, se determina que los distintos seísmos que afectaron a la ciudad de Valencia a lo largo de la historia, no han tenido una influencia a considerar sobre la estructura principal que resiste los Santos Juanes.

Modelo 2. 2 Módulos completos sin diafragma



Nodos_23777

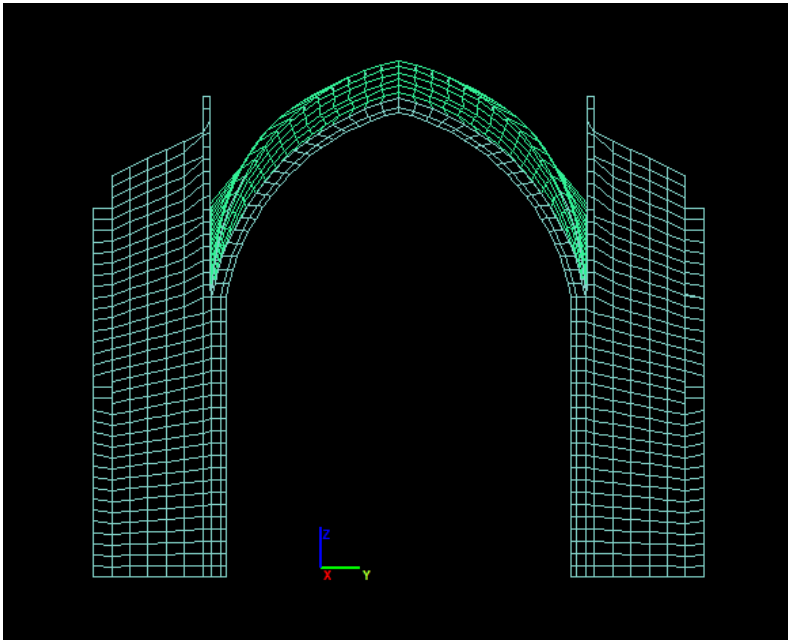
Sólidos_14238

Tetraedros_997

Hexaedros_11830

Láminas_4108

06.73. Vista del conjunto del modelo 2. Autor (2015).



06.74. Alzado del modelo 2. Autor (2015).

Características dinámicas_ Se han considerado 10 modos de vibración

MODO 1

_Frecuencia angular=

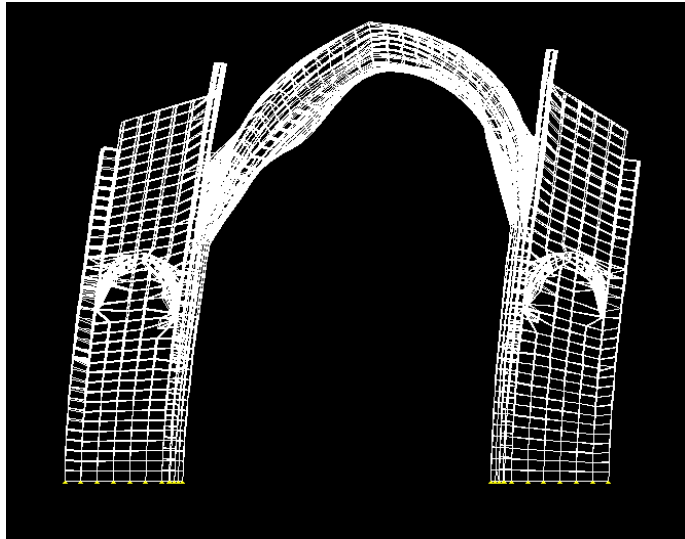
28.7104292560092

_Frecuencia (cps) =

4.569407

_Periodo (seg)=

0.2188468



06.75. Deformaciones modo 1_modelo2. Autor (2015).

MODO 2

_Frecuencia angular=

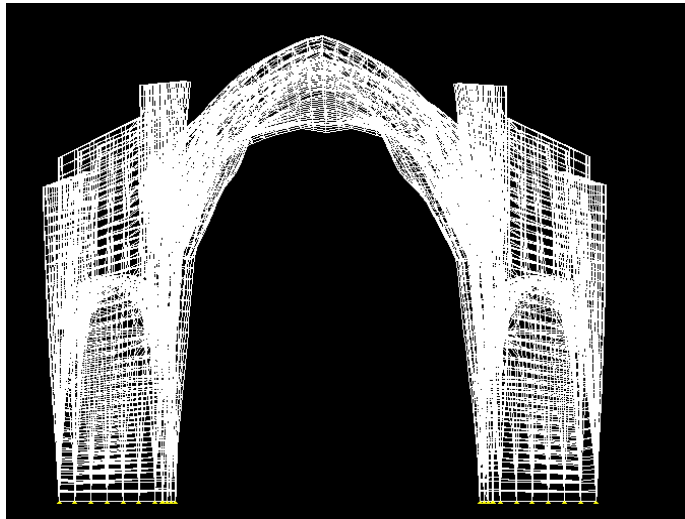
31.8201967697427

_Frecuencia (cps) =

5.064342

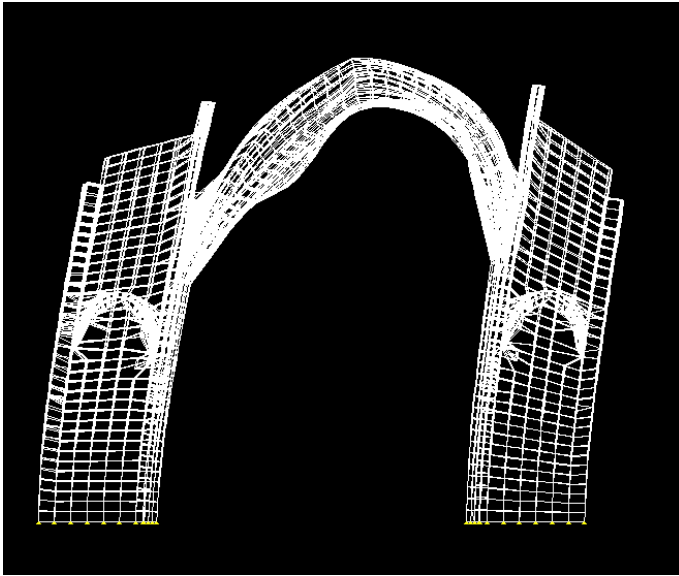
_Periodo (seg)=

0.197459



06.76. Deformaciones modo 2_modelo 2. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



MODO 3

_Frecuencia angular=
33.4552663662228

_Frecuencia (cps) =
5.324571

_Periodo (seg)=
0.1878086

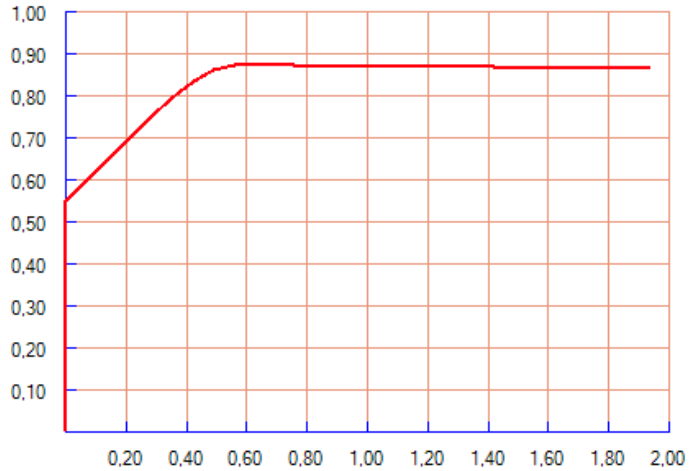
06.77. Deformaciones modo 3_modelo 2. Autor (2015).

Modo	Periodo (seg)	Mex (%)	Mey (%)	Mez (%)	Mtx (%)	Mty (%)	Mtz (%)
1	0.2188468	0.29	62.90	0.00	0.29	62.90	0.00
2	0.197459	54.41	0.54	0.00	54.70	63.45	0.00
3	0.1878086	1.70	0.48	0.01	56.40	63.92	0.01
4	0.1543827	0.03	0.03	0.00	56.43	63.96	0.02
5	0.115181	8.55	0.00	0.00	64.98	63.96	0.02
6	0.106861	10.74	0.01	0.00	75.72	63.97	0.02
7	0.1042753	0.12	2.46	0.00	75.84	66.43	0.02
8	0.1016585	1.22	0.00	0.00	77.06	66.44	0.02
9	0.08316338	0.15	0.00	0.00	77.21	66.44	0.02
10	0.07884818	0.00	0.00	0.03	77.21	66.44	0.05

T.06.36: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 2. Autor (2015).

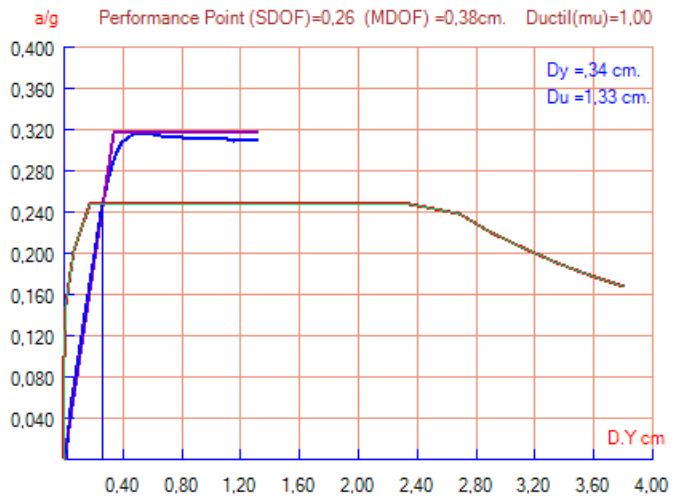
La Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia: Análisis Constructivo y Estructural

El gráfico muestra que las deformaciones en "Y" presentan un comportamiento lineal en el primer tramo, produciendo deformaciones cuando se aplica la carga horizontal del sismo.



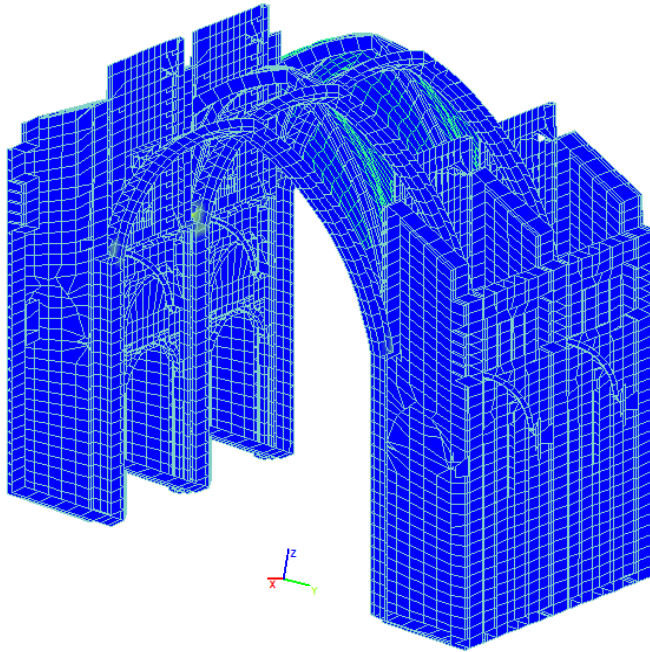
06.78. Diagrama inverso (Dy) del modelo 2. Autor (2015).

Es interesante destacar la similitud de resultados de este prototipo con el anterior. Pues la rigidez de la estructura global es tal, que el hecho de eliminar los diafragmas en el cálculo no supone una merma en el comportamiento de la estructura frente a acciones sísmicas.

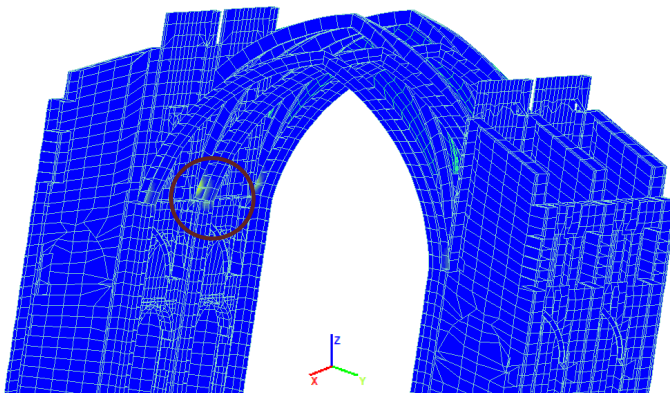
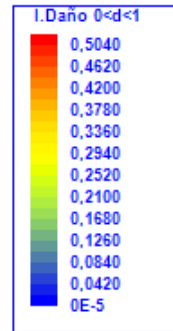


06.79. Espectro de capacidad. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

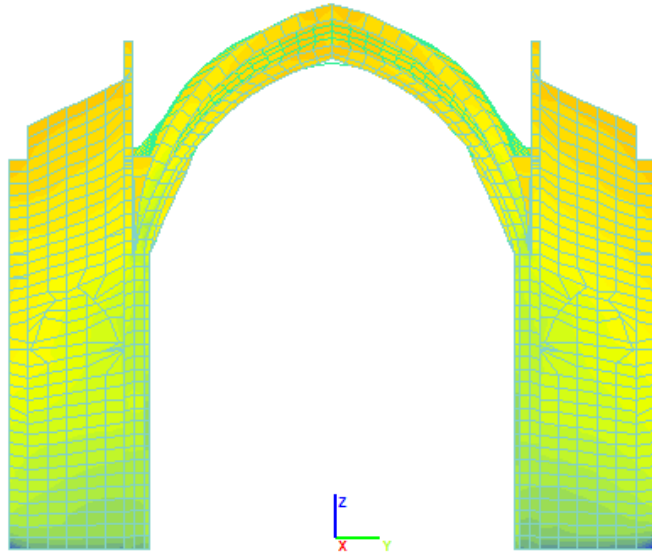
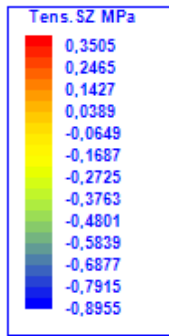


Se observa que al igual que en el modelo anterior, la estructura no se ve afectada en gran medida. Cabe destacar que coincide el valor del índice de daño en ambos modelos lo que indica que la inexistencia de los diafragmas no tiene incidencia alguna.



06.80. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. Autor (2015).

El modelo muestra las tensiones máximas de compresión en la base con un valor de -0.90, inferior al tomado para el cálculo como máximo. Se aprecia como es obvio, una disminución de tensiones, especialmente en el eje "Z" como consecuencia de la disminución del peso que provocaban los diafragmas.



_Sx: 0.41/-0.42

_Sy: 0.12/-0.38

_Sz: 0.35/-0.90

06.81. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias. Autor (2015).

Conclusiones del Modelo 2

Los resultados obtenidos del modelo 2 en el que se eliminan los diafragmas, no presentan un empeoramiento del comportamiento con respecto al anterior. Esto es debido a la excesiva dimensión que tienen los contrafuertes. Se trata de elementos de 1,20 x 6,00 m en planta, sin apenas perforaciones, que provocan un efecto másico en el conjunto.

En cuanto al índice de daño para cargas gravitatorias, como es obvio, disminuye las tensiones con respecto al modelo 1, debido principalmente a la reducción de carga. Al igual que en el caso anterior, las compresiones se sitúan en la base del modelo pero siendo inferiores al máximo adoptado para el cálculo (12 Mpa)

Respecto al análisis estático no lineal, se obtienen unos valores sensiblemente mayores que en el modelo M1, la deformación entre ambos apenas difiere de 7 mm entre ambos. De forma homóloga, el punto de desempeño se encuentra en la fase elástica, lo que indica que la estructura está muy lejos del colapso y que el sismo no tiene apenas afección en ella.

Modelo 3. 2 Módulos con reducción del 38% del Volumen del contrafuerte con diafragma

Nodos_22925

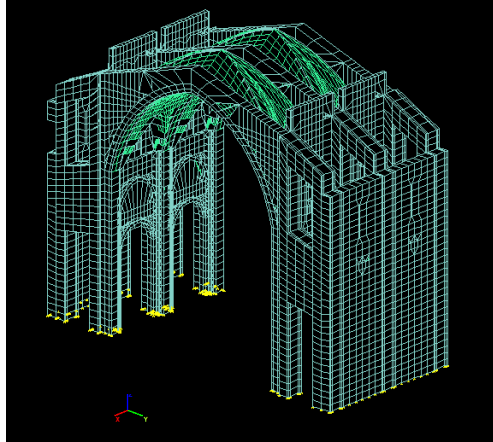
Sólidos_11728

Tetraedros_997

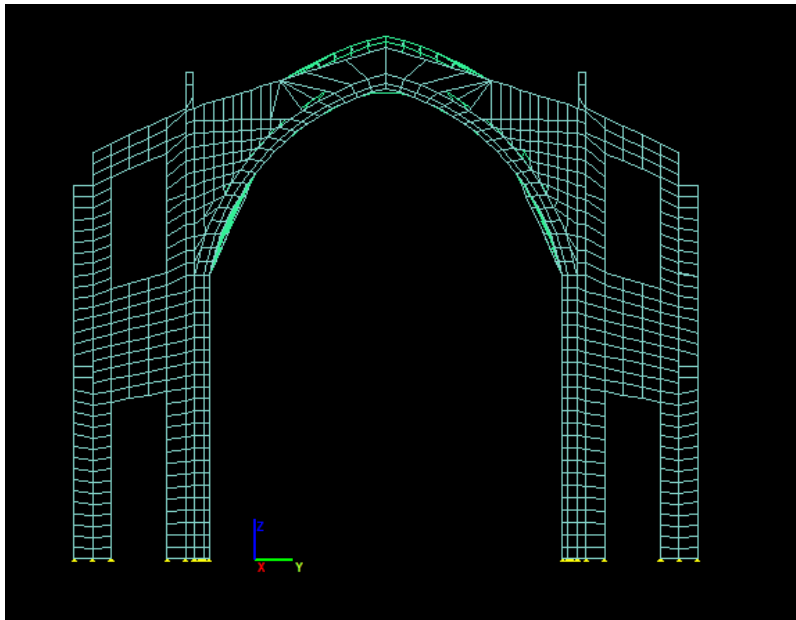
Hexaedros_10120

Láminas_4108

Nº de Ecuaciones_81108



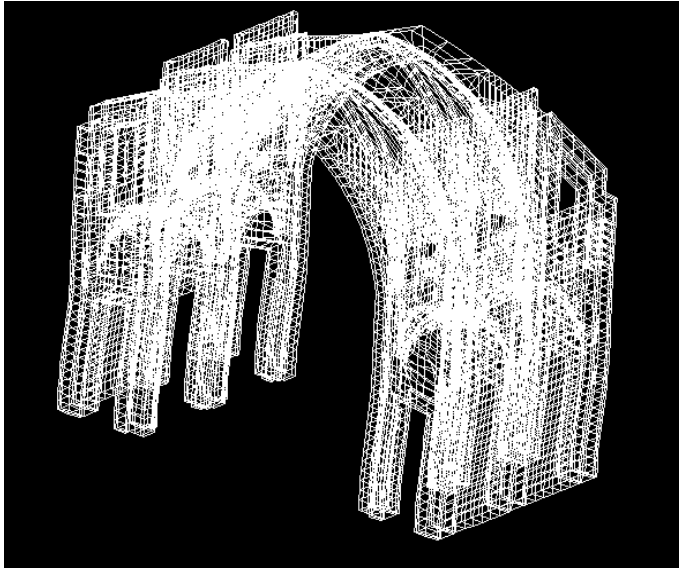
06.82. Vista del conjunto del modelo 3. Autor (2015).



06.83. Alzado del modelo 3. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Características dinámicas_ Se han considerado 10 modos de vibración



MODO 1

_Frecuencia angular=

21.2864061660316

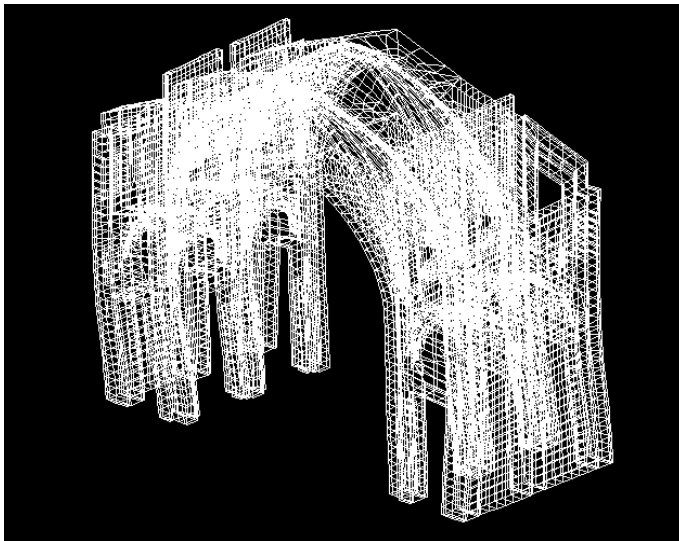
_Frecuencia (cps) =

3.387837

_Periodo (seg)=

0.2951736

06.84. Deformaciones modo 1_modelo3. Autor (2015).



MODO 2

_Frecuencia angular=

25.2421383046288

_Frecuencia (cps) =

4.017411

_Periodo (seg)=

0.2489165

06.85. Deformaciones modo 2_modelo 3. Autor (2015).

MODO 3

_Frecuencia angular=

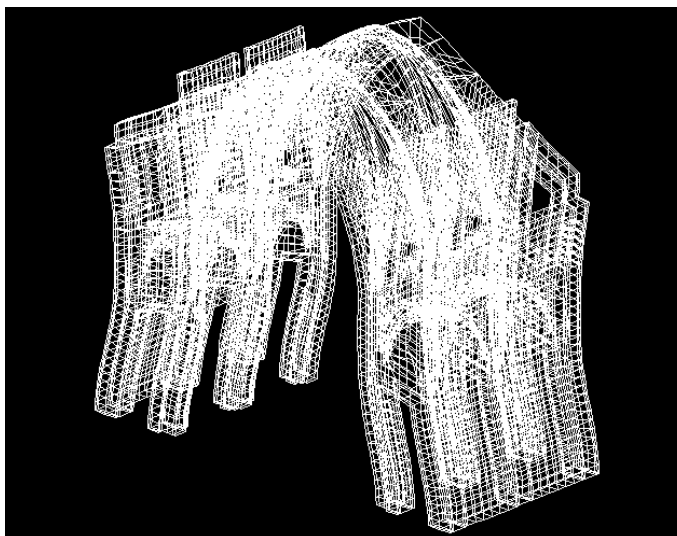
39.8222528059644

_Frecuencia (cps) =

6.337908

_Periodo (seg)=

0.1577808

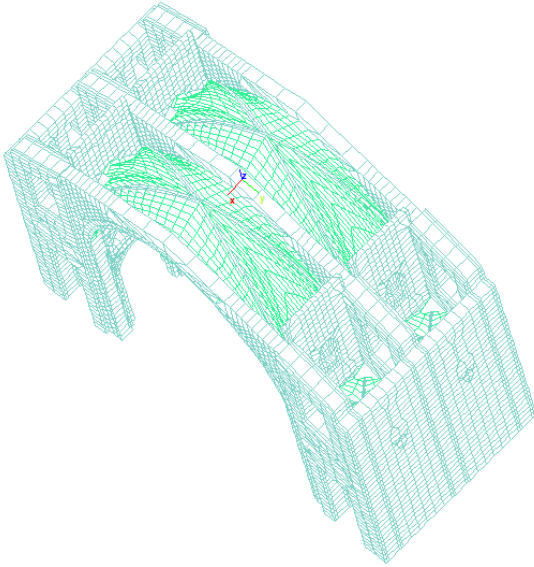


06.86. Deformaciones modo 3_modelo 3. Autor (2015).

Modo	Periodo (seg)	Mex (%)	Mey (%)	Mez (%)	Mtx (%)	Mty (%)	Mtz (%)
1	0.2951736	0.03	84.24	0.00	0.03	84.24	0.00
2	0.2489165	56.33	0.05	0.00	56.41	84.29	0.00
3	0.1577808	0.00	0.00	1.25	56.41	84.29	1.25
4	0.1491711	0.07	0.01	0.01	56.48	84.31	1.26
5	0.1210667	0.34	0.00	0.00	56.82	84.31	1.26
6	0.1164491	19.90	0.00	0.00	76.73	84.31	1.26
7	0.09274472	0.00	6.35	0.00	76.73	90.66	1.26
8	0.08740947	5.42	0.00	0.00	82.15	90.66	1.27
9	0.08214422	0.50	0.00	0.00	82.65	90.66	1.27
10	0.0772017	0.00	0.00	0.01	82.65	90.66	1.28

T.06.37: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 3. Autor (2015).

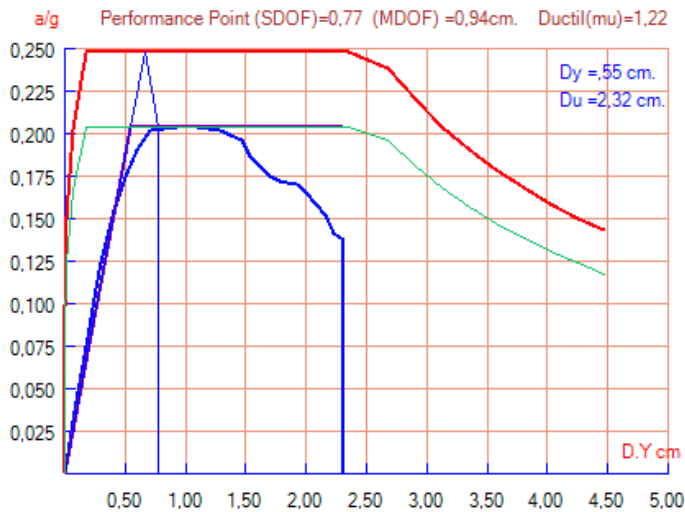
VI. Análisis Estructural



En la figura se indica el punto correspondiente al de mayor cota Z del tramo central.

Nudo considerado_21731

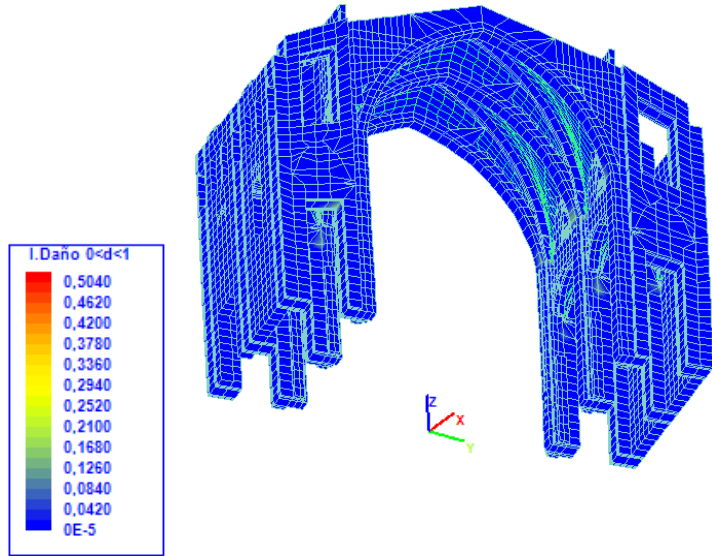
06.87. Vista en 3d del modelo 3. Autor (2015).



Análisis estático no lineal (pushover), considerando un terremoto con un tiempo de retorno de 950 años. El espectro de capacidad muestra un valor mucho mayor que el anterior. La máxima deformación obtenida en "Y" es de 0,94 cm correspondiente con el Performance point situado en la zona inelástica. En el análisis se produce el colapso.

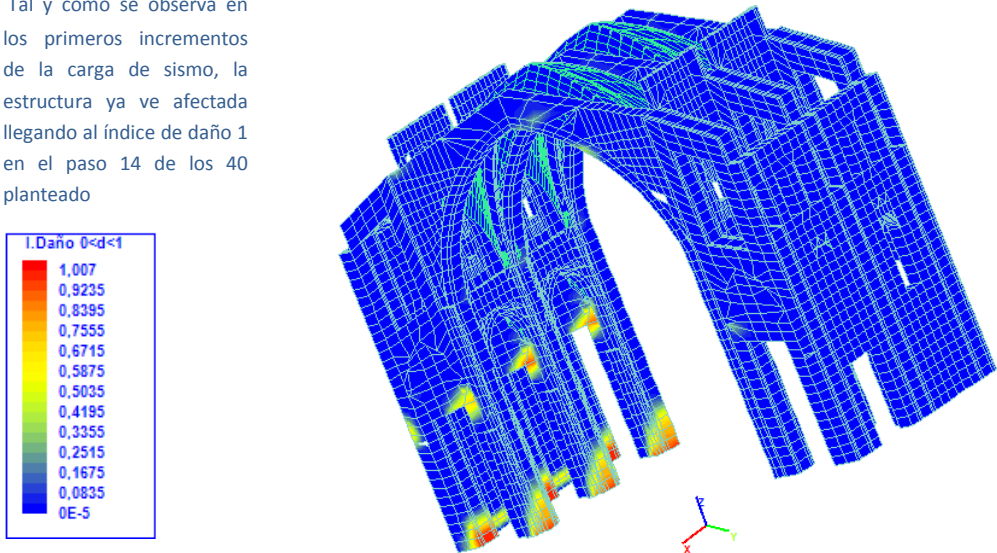
06.88. Espectro de capacidad del modelo 3. Autor (2015).

Los resultados no presentan grandes cambios con respecto a los modelos anteriores. Aunque la configuración global ha cambiado la transmisión de esfuerzos gravitatorios sigue siendo similar. No aparece daño para este paso y si lo hubiese sería leve.



06.89. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. Autor (2015).

Tal y como se observa en los primeros incrementos de la carga de sismo, la estructura ya ve afectada llegando al índice de daño 1 en el paso 14 de los 40 planteado



06.90. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 15 para el total de las cargas gravitatorias y 22 % de la carga sísmica en la dirección Y. Autor (2015).

Conclusiones del Modelo 3

La nueva configuración que muestra el modelo 3 presenta un comportamiento totalmente distinto al anterior. Esto es debido a la reducción del volumen de los contrafuertes que provoca un aumento de la vulnerabilidad sísmica global.

Sin embargo, si nos fijamos en el índice de daño para cargas gravitatorias, no hay una variación remarcable con respecto a los modelos anteriores. Aunque la configuración del nuevo modelo se presente menos másica, no se desdibuja la forma original del modelo y en consecuencia la transmisión de esfuerzos gravitatorios es similar.

Por el contrario, del análisis estático no lineal (pushover) se extraen unos resultados interesantes. El punto de desempeño ha aumentado hasta un valor de 0,77 y las deformaciones se sitúan en 0,94 cm. Esto muestra que la estructura sí se vería afectada frente a sollicitaciones dinámicas, aunque con un daño leve-severo; y que los contrafuertes previstos en origen, rigidizan la estructura de la iglesia hasta tal extremo, que resultan excesivos.

Modelo 4. 2 Módulos con reducción del 38% del Volumen del contrafuerte sin diafragma

Nodos_19895

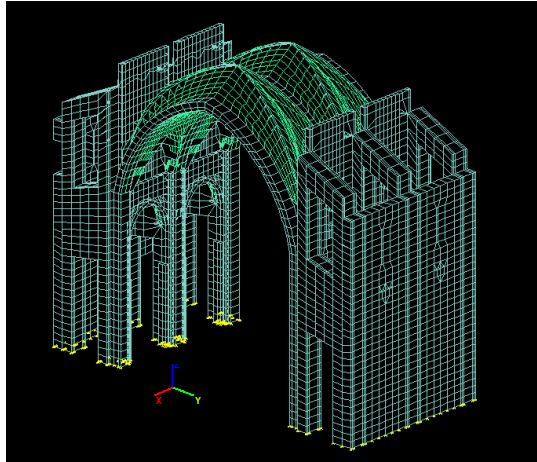
Sólidos_9740

Tetraedros_997

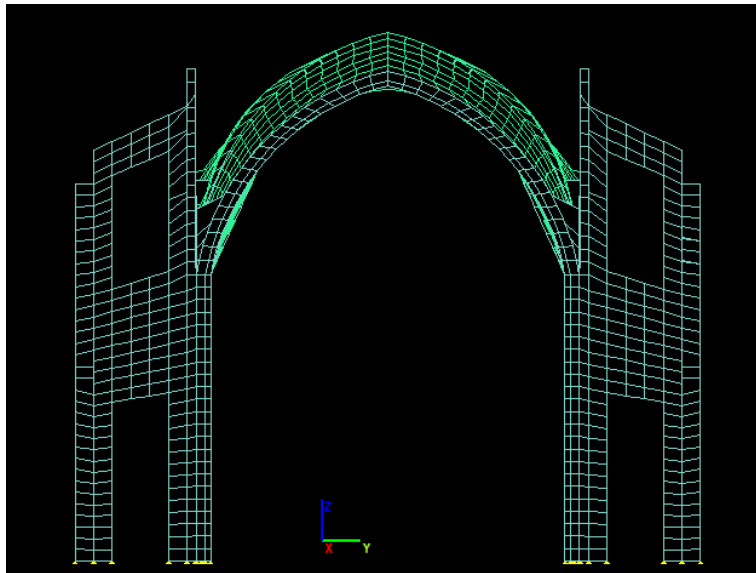
Hexaedros_8931

Láminas_4108

Nº de Ecuaciones_81108



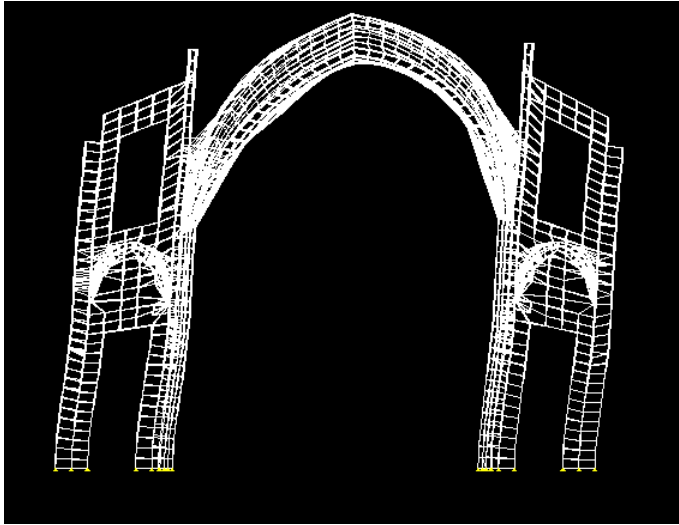
06.91. Vista del conjunto del modelo 4 . Autor (2015).



06.92. Alzado del modelo 4. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Características dinámicas_ Se han considerado 10 modos de vibración



MODO 1

_Frecuencia angular=

17.3220937458006

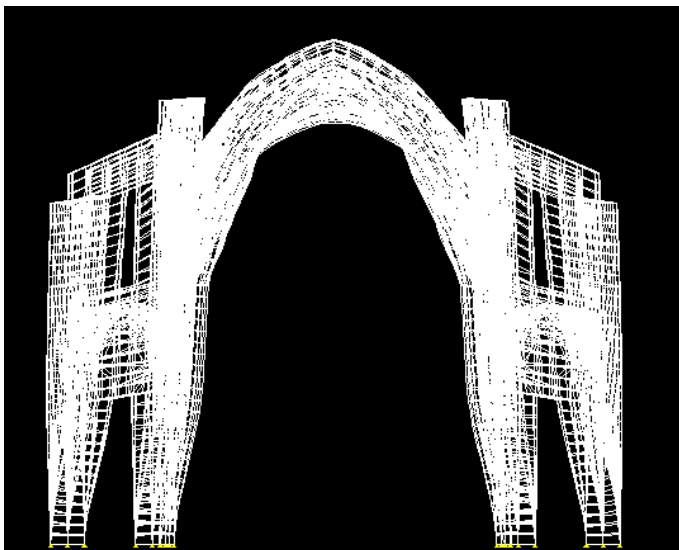
_Frecuencia (cps) =

2.756897

_Periodo (seg)=

0.3627267

06.93. Deformaciones modo 1_modelo 4. Autor (2015).



MODO 2

_Frecuencia angular=

20.4172500900468

_Frecuencia (cps) =

3.249506

_Periodo (seg)=

0.307739

06.94. Deformaciones modo 2_modelo 4. Autor (2015).

MODO 3

_Frecuencia angular=

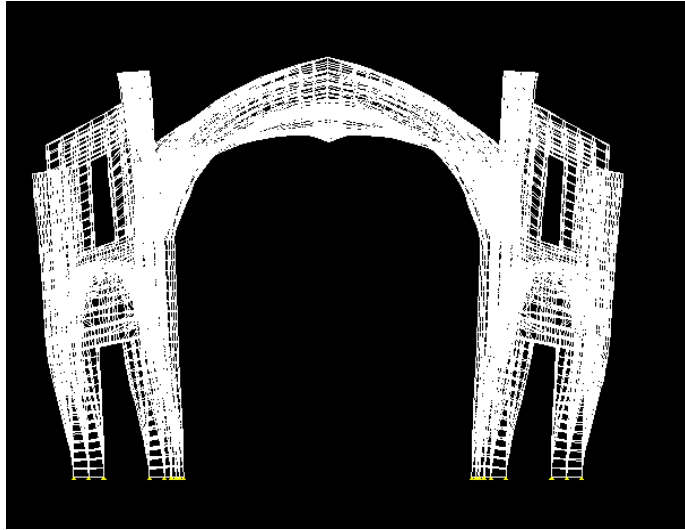
21.4370510402884

_Frecuencia (cps) =

3.411813

_Periodo (seg)=

0.293093

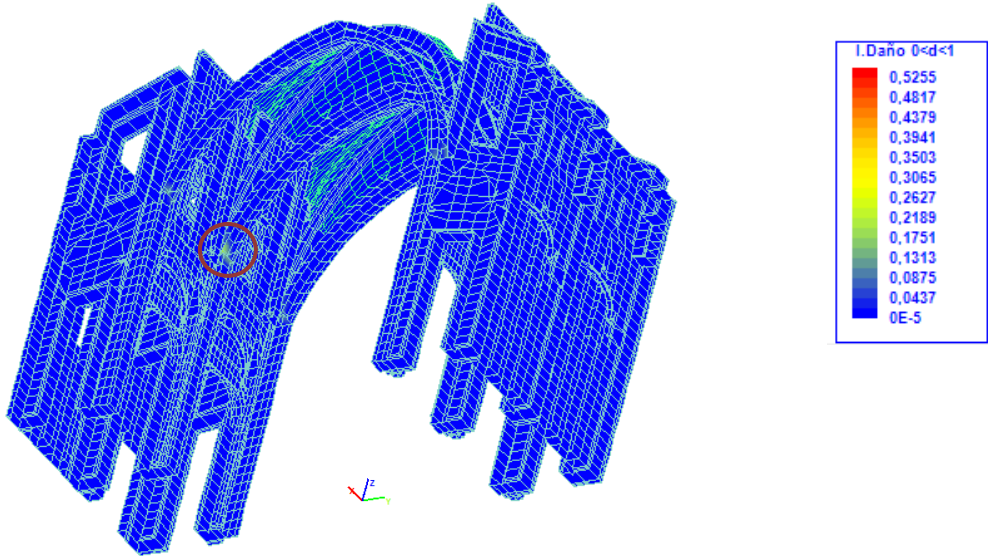


06.95. Deformaciones modo 3_modelo 4. Autor (2015).

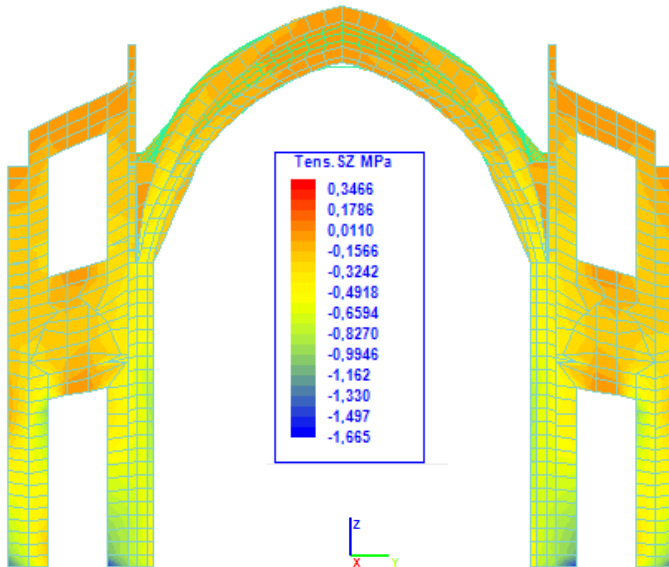
Modo	Periodo (seg)	Mex (%)	Mey (%)	Mez (%)	Mtx (%)	Mty (%)	Mtz (%)
1	0.3627267	0.07	81.25	0.00	0.07	81.25	0.00
2	0.307739	15.06	0.07	0.00	15.13	81.32	0.00
3	0.2930993	68.46	0.17	0.00	83.58	81.48	0.00
4	0.265256	0.60	0.02	0.35	84.18	81.50	0.35
5	0.2457809	2.41	0.01	0.00	86.59	81.51	0.35
6	0.1572597	0.00	0.00	0.00	86.59	81.51	0.35
7	0.1504671	0.00	0.44	0.00	86.59	81.95	0.35
8	0.1477274	0.00	0.09	0.01	86.59	82.03	0.36
9	0.1233243	0.00	8.47	0.00	86.59	90.50	0.36
10	0.1173788	0.07	0.00	0.76	86.66	90.50	1.12

T.06.38: Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 4. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.96. Modelo que muestra el índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. Autor (2015).



Muestra unas tensiones mayores que los casos anteriores, especialmente en Z. La reducción de la base de apoyo hace que se concentren las tensiones a compresión en un área menor de reparto.

$_Sx$: 0.40/-0.55

$_Sy$: 0.42/-0.55

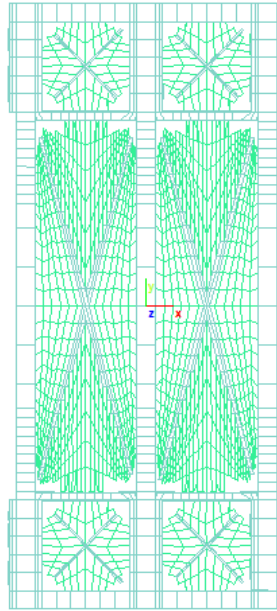
$_Sz$: 0.35/-1.67

06.97. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias para el cálculo (12 MPa). Autor (2015).

La Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia: Análisis Constructivo y Estructural

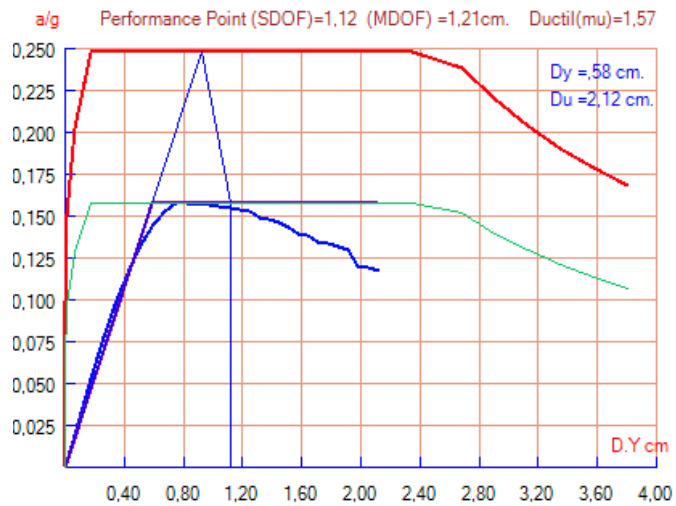
En la figura se indica el punto correspondiente al de mayor cota Z del tramo central.

Nudo considerado_18720



06.98. Vista en planta del modelo. Autor (2015).

En el análisis pushover, en el que se ha considerado un sismo con un tiempo de retorno de 950 años, la máxima deformación obtenida en Y es de 1,21 correspondiente con el punto de desempeño 1,12. Este punto indica un nivel de daño completo según la tabla de clasificación de umbrales de daño.



06.99. Espectro de capacidad del modelo 4. Autor (2015).

Conclusiones del Modelo 4

Los resultados obtenidos del modelo 4 reduciendo en un 38% el volumen del contrafuerte y eliminando los diafragmas, revelan que en este caso la inexistencia de estos últimos elementos, típicos de las construcciones góticas mediterráneas, sí afectan a la vulnerabilidad sísmica del conjunto. A diferencia del análisis anterior, en este caso el modelo sufre un nivel de daño completo.

En cuanto al índice de daño para cargas gravitatorias, no muestra una diferencia reseñable con respecto a los anteriores. De nuevo la transmisión de esfuerzos solicitados hasta la base es similar.

El análisis pushover extrae unos resultados concluyentes. El punto de desempeño se encuentra en el valor de 1,12 y la deformación obtenida es la máxima hasta el momento de 1,21 cm. Esto corrobora la hipótesis planteada inicialmente con respecto a la configuración másica del templo. La estructura original compuesta por pesados contrafuertes es suficiente para soportar las cargas sísmicas que pudieron solicitar al templo en cualquiera de los terremotos que acontecieron la ciudad de Valencia. Prueba de ello, es que no se denoten fisuras de especial interés en la estructura principal de la iglesia.

El papel de los diafragmas en la estructura originaria, supone una disposición constructiva adicional sin interés para el soporte de los esfuerzos horizontales dinámicos, entrando únicamente en acción con la disminución de rigidez de los contrafuertes que la sustentan.

VII.5. ANÁLISIS SÍSMICO DEL MODELO GLOBAL

De forma similar al punto anterior se procede a analizar dinámicamente el modelo completo de la Iglesia de los Santos Juanes. Este modelo permite considerar el efecto dinámico en la nave central, las capillas laterales, fachadas, así como en la cabecera.

Se propone realizar una modelización con la configuración actual del templo, acorde al estudio constructivo realizado previamente. Para ello se emplea el entorno de CAD, con el que se genera un modelo recuperable en el programa de cálculo de elementos finitos usado para su evaluación ANGLE (Alonso Durá 2015).

El modelo se basa en la configuración original del templo, incluyendo la bóveda barroca con el fin de evaluar su influencia en el comportamiento global. Se trata de una bóveda encastrada en los arcos fajones, compuesta por dos hojas de ladrillo macizo y de remate ovalado en la clave.

Cabe destacar que no se toma en consideración la capilla de la comunión, puesto que su análisis no es objeto de esta tesis. La pretensión se centra en evaluar el comportamiento estructural del edificio gótico originario.

Por último y dada la incertidumbre alrededor de la "O" de San Juan, se propone el análisis de un modelo eliminando el falso tabicado que actualmente delimita el hueco de grandes dimensiones en la fachada de la plaza del cementerio de San Juan, por una tracería gótica simulando la que podría haber sido la original propia de aquella época.

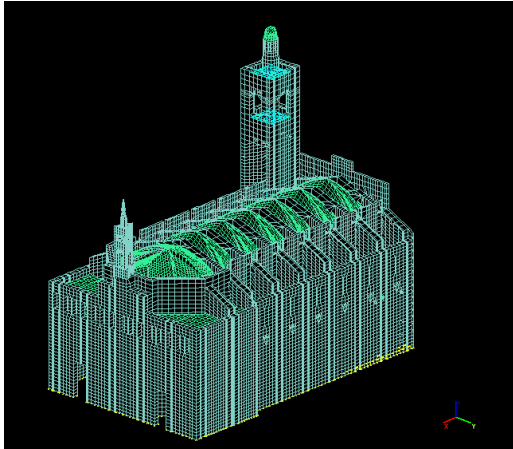
A modo resumen se estudian dos modelos:

Modelo 5. Modelo completo

Modelo 6. Modelo completo con tracería.

VI. Análisis Estructural

Modelo 5. Modelo completo



Nodos_91348

Sólidos_49372

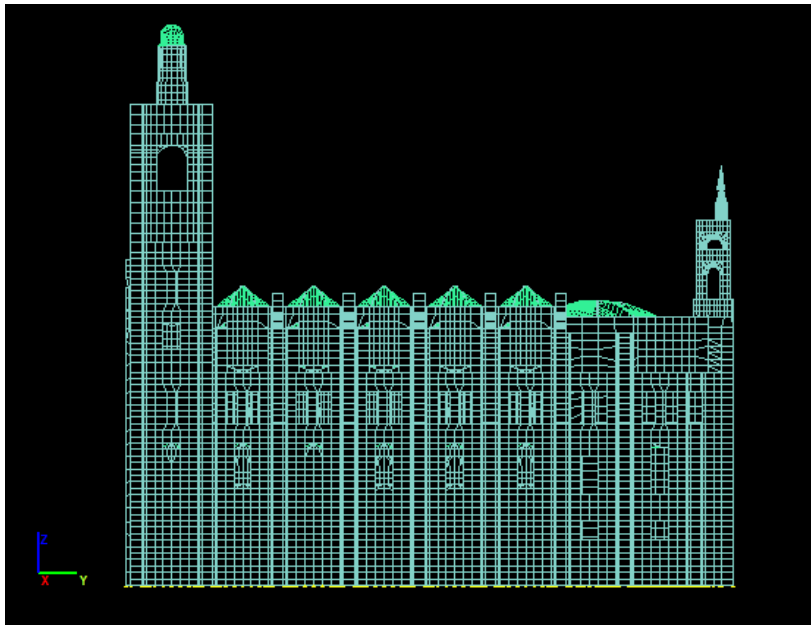
Tetraedros_2893

Hexaedros_44310

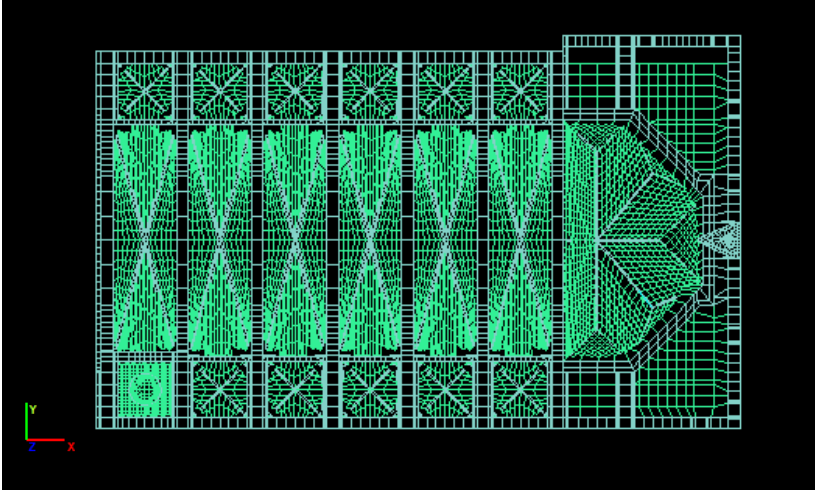
Láminas_15602

Nº de Ecuaciones_319857

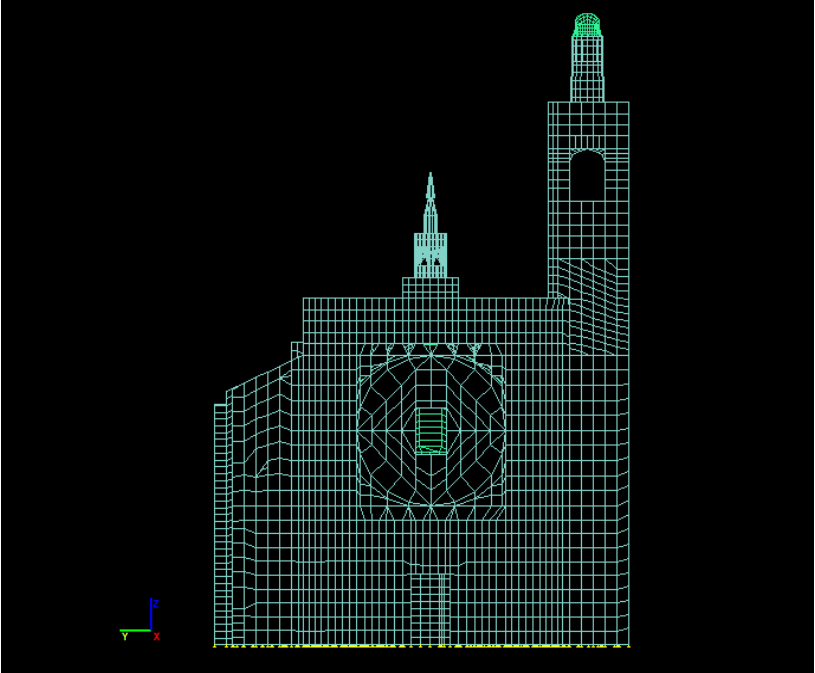
06.100. Vista del conjunto del modelo 5. Autor (2015).



06.101. Alzado del modelo 5. Autor (2015).



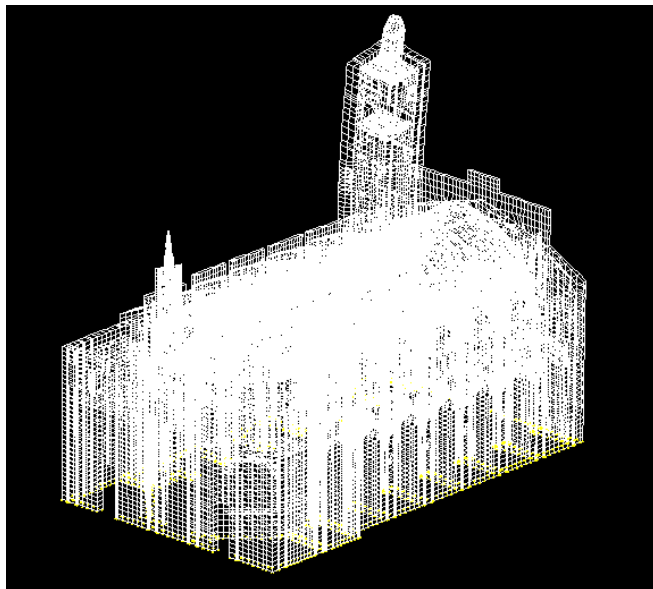
06.102. Planta del modelo 5. Autor (2015).



06.103. Alzado plaza cementerio San Juan modelo 5. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Características dinámicas_ Se han considerado 10 modos de vibración



MODO 1

_Frecuencia angular=

20.5278771288503

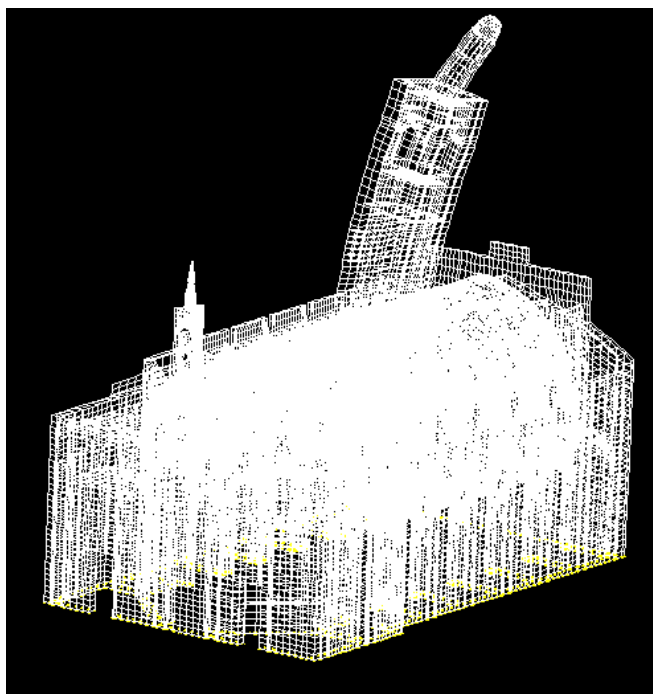
_Frecuencia (cps) =

3.267113

_Periodo (seg)=

0.3060806

06.104. Deformaciones modo 1_modelo 5. Autor (2015).



MODO 2

_Frecuencia angular=

23.0165810704787

_Frecuencia (cps) =

3.663203

_Periodo (seg)=

0.2729852

06.105. Deformaciones modo 2_modelo 5. Autor (2015).

MODO 3

_Frecuencia angular=

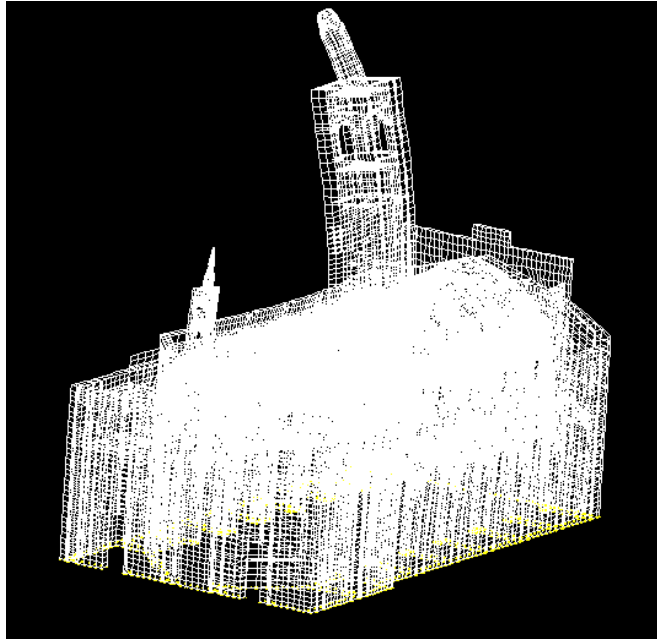
32.372368861523

_Frecuencia (cps) =

5.152223

_Periodo (seg)=

0.194091

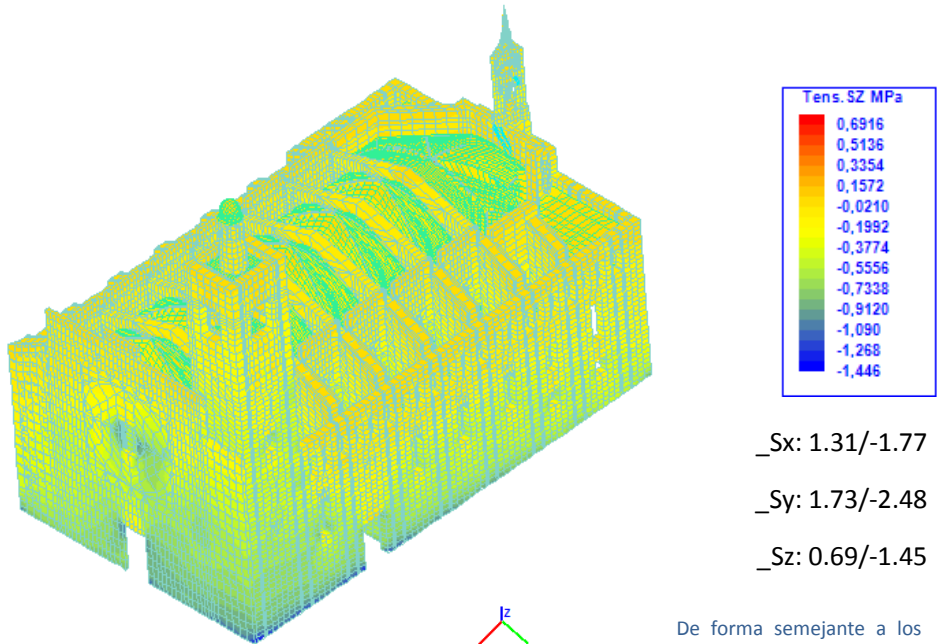


06.106. Deformaciones modo 3_modelo 5. Autor (2015).

Modo	Periodo (seg)	Mex (%)	Mey (%)	Mez (%)	Mtx (%)	Mty (%)	Mtz (%)
1	0.3060806	2.83	11.35	0.00	2.83	11.35	0.00
2	0.2729852	9.29	3.98	0.00	12.12	15.34	0.00
3	0.194091	0.50	45.52	0.00	12.62	60.86	0.00
4	.1819254	0.02	0.03	0.01	12.64	60.89	0.01
5	0.16699371	38.08	0.43	0.02	50.72	61.31	0.03
6	0.1585383	0.01	0.30	0.00	50.73	61.62	0.03
7	0.1502272	18.69	0.16	0.00	69.42	61.78	0.04
8	0.1464606	0.29	0.33	0.00	69.71	62.11	0.04
9	0.1415489	0.03	0.00	0.00	69.74	62.11	0.04
10	0.1329891	0.04	0.00	0.03	69.78	62.11	0.08

T.06.39. Tabla resumen de los modos de vibración, masas efectivas movilizadas por cada modo y valores totales acumulados en el modelo 5. Autor (2015).

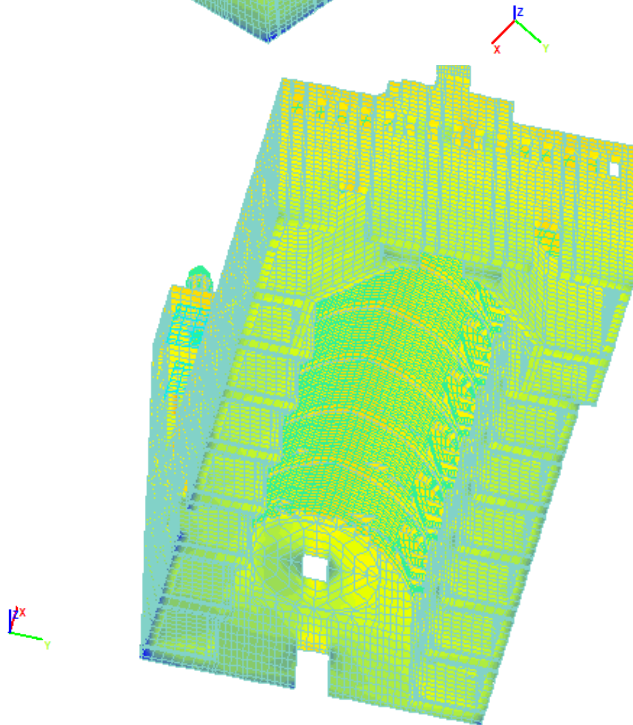
VI. Análisis Estructural



_Sx: 1.31/-1.77

_Sy: 1.73/-2.48

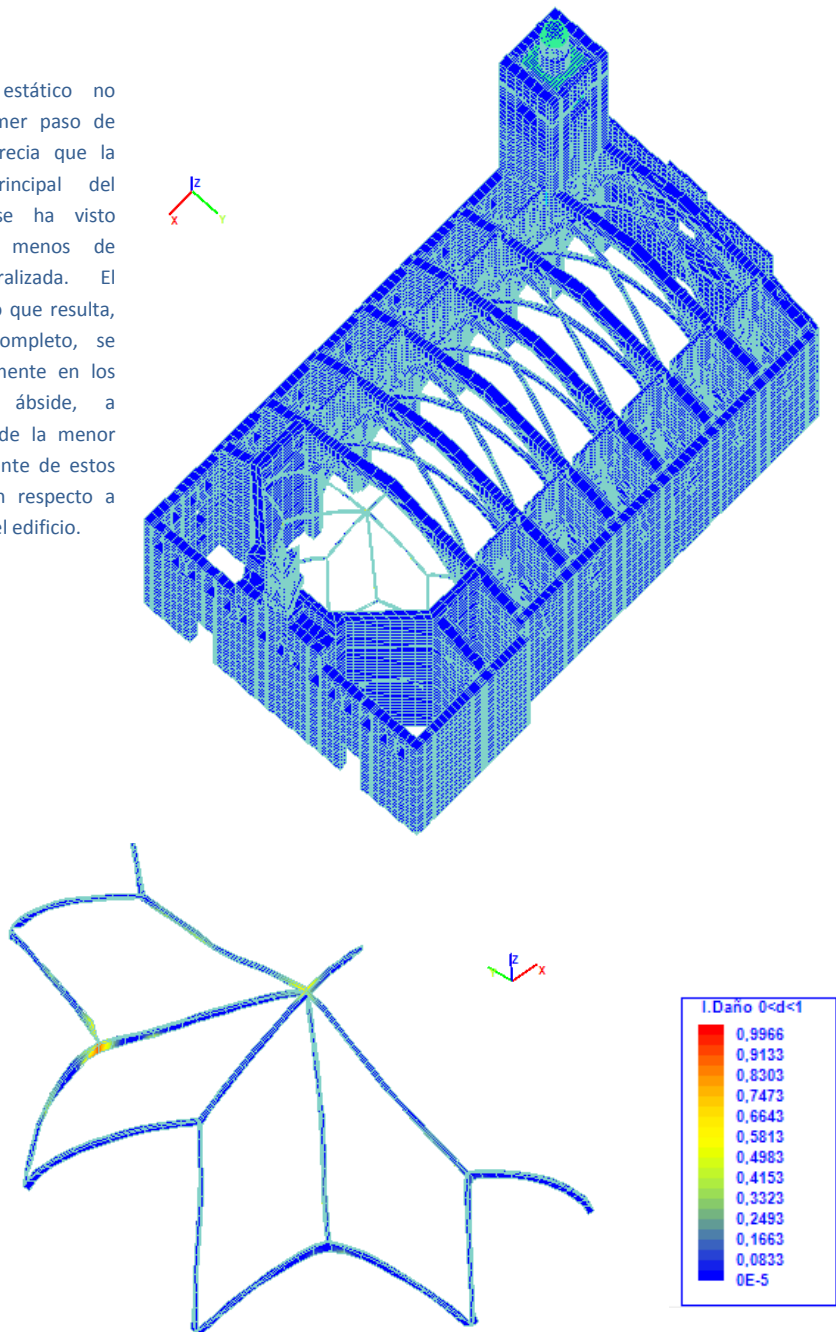
_Sz: 0.69/-1.45



De forma semejante a los modelos anteriores, se observa la correcta transmisión de esfuerzos verticales hasta la base del modelo, concentrando las máximas tensiones a compresión en la cota cero. No obstante, dado el incremento de peso que supone el campanario, se aprecian como es obvio unas tensiones mayores en esa área en comparación con el resto del edificio

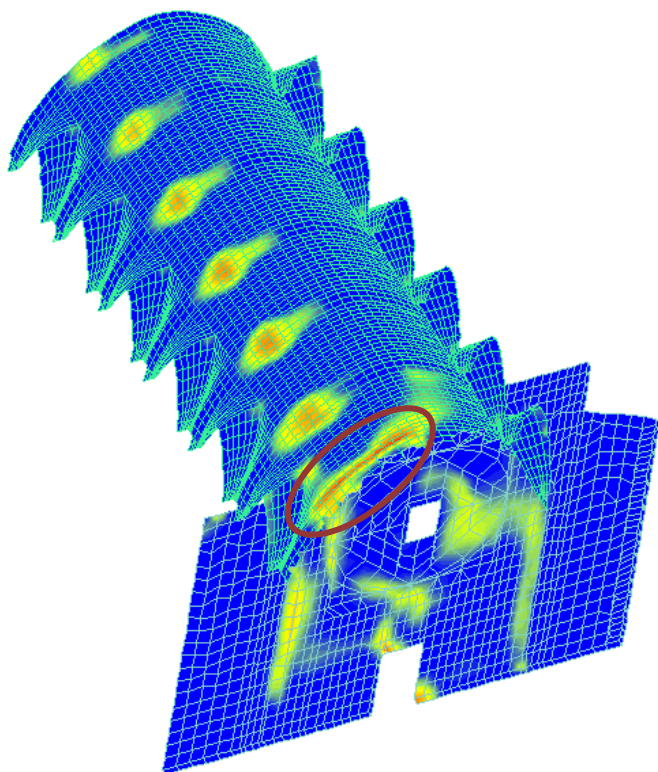
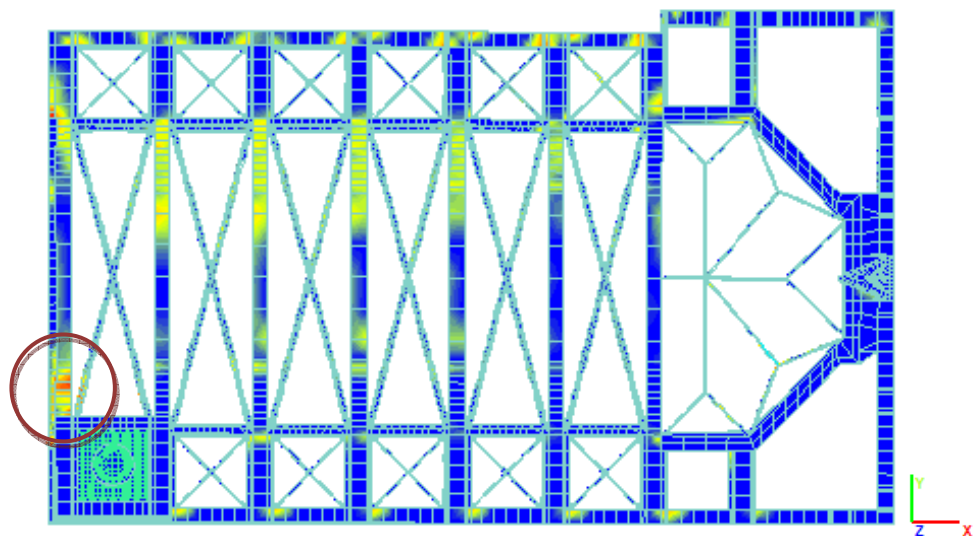
06.107. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatorias. Modelo 5. Autor (2015).

Del análisis estático no lineal del primer paso de cargas, se aprecia que la estructura principal del templo no se ha visto afectada, al menos de forma generalizada. El índice de daño que resulta, cercano al completo, se sitúa puntualmente en los nervios del ábside, a consecuencia de la menor sección resistente de estos elementos con respecto a los del resto del edificio.

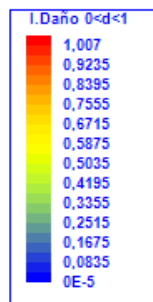


06.108. Índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. Modelo 5. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



Muestra el índice de daño correspondiente al paso 18 para el total de las cargas gravitatorias y el 32% de las cargas sísmicas en la dirección Y.



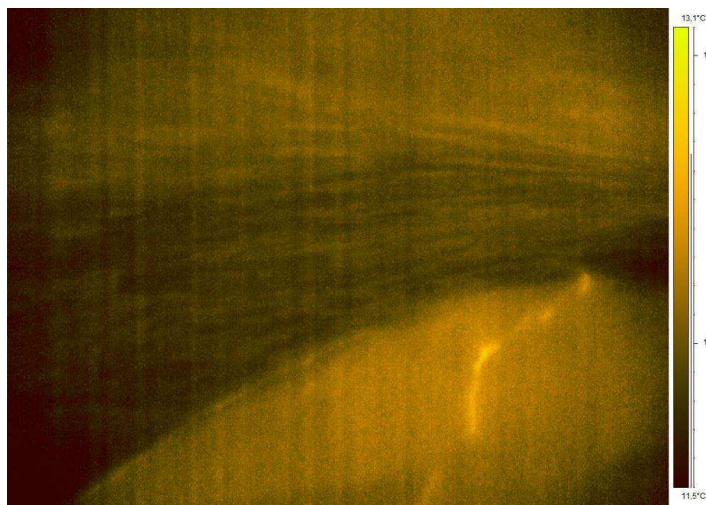
06.109. Planta y vista en 3D de la bóveda y fachada plaza cementerio San Juan. Modelo 5. Autor (2015).

En la imagen se aprecia la dimensión de la grieta y la dimensión del desconchado del revestimiento en comparación la persona que hay delante



06.110. Grieta de la fachada de la plaza del cementerio de San Juan, cercana al encuentro con la bóveda barroca. Modelo 5¹⁴⁰.

En la figura se puede ver la definición de la grieta mediante la cámara térmica. Observando la tabla de valores de la derecha, se comprueba que la grieta penetra la totalidad del cerramiento, pues los valores interiores de la fachada (calientes) contrastan con la pérdida de calor que se produce por la debilidad.

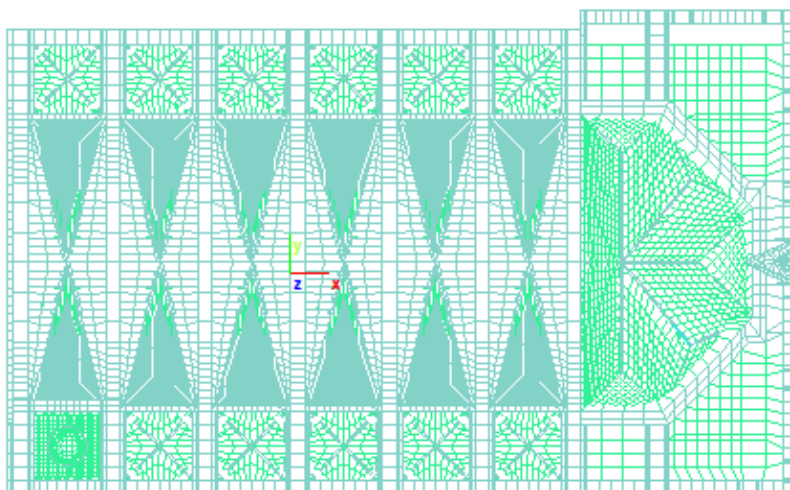


06.111. Imagen de la grieta con la cámara termográfica. Autor (2015)¹⁴¹.

¹⁴⁰ Imagen de Santiago Tormo Esteve (2015).

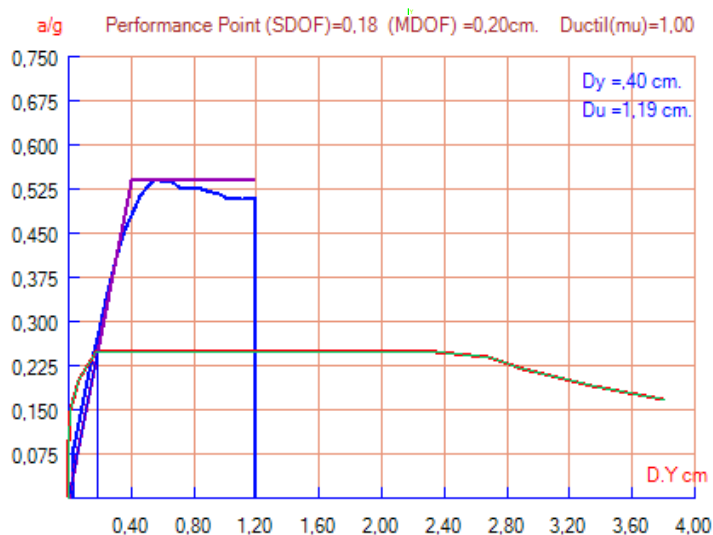
¹⁴¹ Imagen de Rafael Royo Pastor (2015).

VI. Análisis Estructural



Nudo considerado_48917

06.112. Vista en planta del modelo. En la figura se indica el punto considerado correspondiente al de mayor cota Z del tramo central. Modelo 5. Autor (2015).

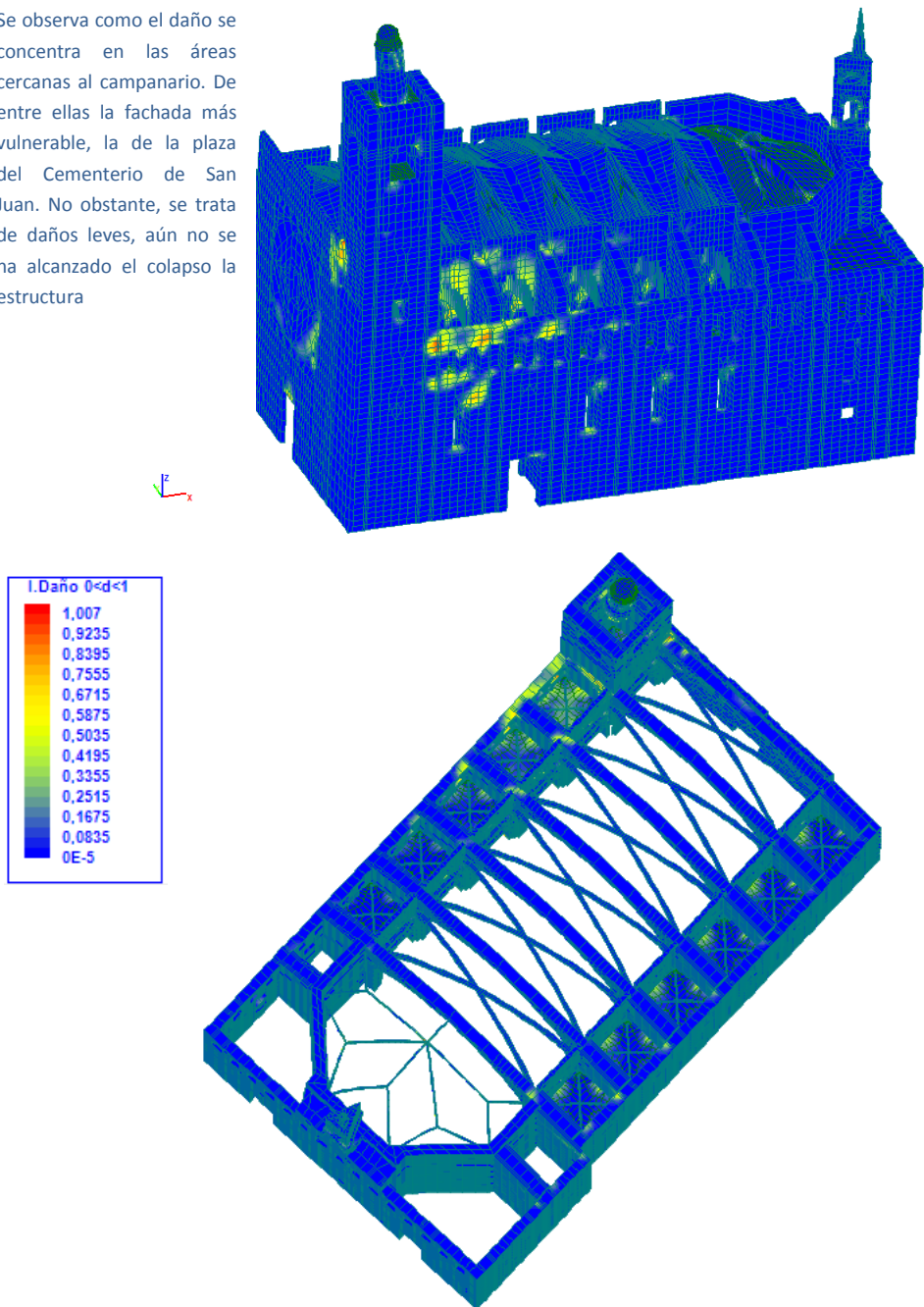


De los resultados obtenidos del análisis, considerando un sismo aplicado en la dirección Y con un periodo de retorno de 950 años, se obtiene que la máxima deformación en Y es de 0,20 cm y el performance point de 0,18. Véase que los valores obtenidos del cálculo total son comparables con el modelo 1. En ambos casos se muestra una estructura con un comportamiento rígido a consecuencia de la música capacidad resistente de los contrafuertes. En el análisis se produce el colapso.

06.113. Espectro de capacidad del modelo 5. Autor (2015).

La Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia: Análisis Constructivo y Estructural

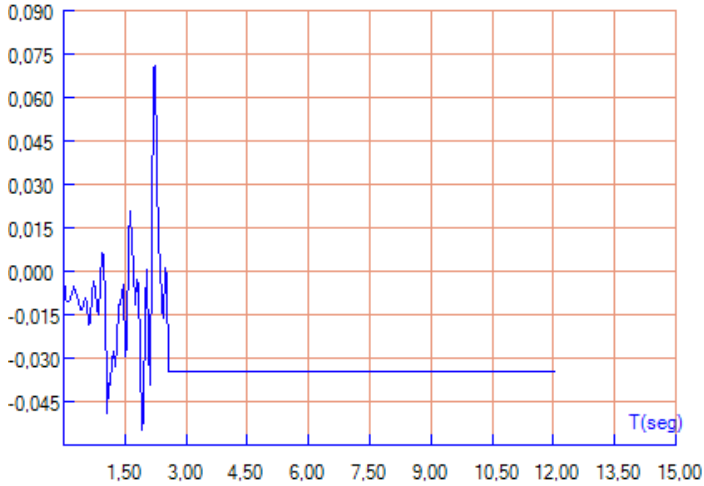
Se observa como el daño se concentra en las áreas cercanas al campanario. De entre ellas la fachada más vulnerable, la de la plaza del Cementerio de San Juan. No obstante, se trata de daños leves, aún no se ha alcanzado el colapso la estructura



06.114. Índice de daño correspondiente al segundo 2,2. Modelo 5. Autor (2015).

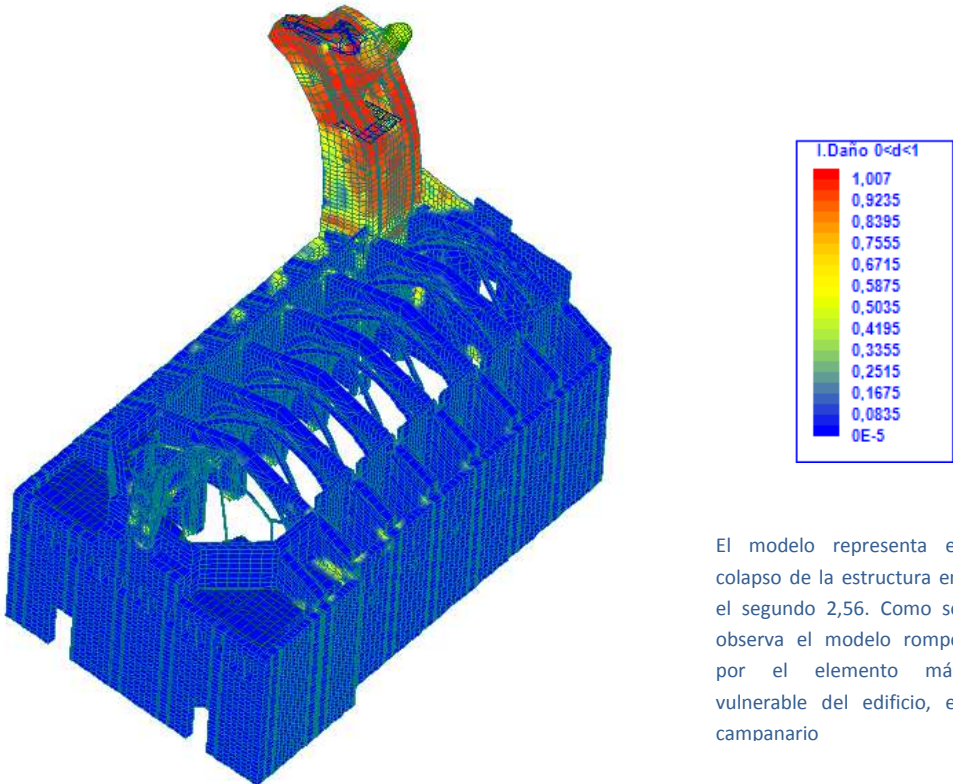
VI. Análisis Estructural

Nudo 48971 Deform max=0,071 cmt. en 2,2 seg. Deform min=-0,055 cmt.en 1,9 seg



La gráfica representa la deformación Y máxima para el mismo punto anterior (48917), obteniendo un desplazamiento de 7,1 cm en el segundo 2,2 y la deformación mínima de 5,5 en el segundo 1,9.

06.115. Deformación Y máxima (análisis dinámico en el tiempo). Modelo 5. Autor (2015).



El modelo representa el colapso de la estructura en el segundo 2,56. Como se observa el modelo rompe por el elemento más vulnerable del edificio, el campanario

06.116. Índice de daño correspondiente al segundo 2,56. Modelo 5. Autor (2015).

Conclusiones del Modelo 5

Como conclusión del estudio realizado en el modelo 5 de cálculo, en el que se considera el modelo original del templo incluyendo la bóveda barroca, se observa, como ya se apuntaba en el modelo 1, que se trata de una estructura de gran rigidez. De nuevo el espectro muestra que la capacidad de la estructura es superior a la curva de la demanda.

El índice de daño para cargas gravitatorias no afecta al modelo de forma generalizada, aunque se obtienen unos valores extremos en puntos localizados, como los nervios que cubren el ábside, cuyas dimensiones son menores que los del resto del edificio. Esta concentración de tensiones puede ser debida a la propia modelización de los elementos que conforman el modelo, más concretamente a los nexos de unión entre ellos.

En cuanto a los isovalores del modelo a cargas gravitatorias, muestran la correcta transmisión de esfuerzos a la base del edificio, lugar donde se concentran las cargas de compresión máximas. Sin embargo, se aprecian mayores tensiones de compresión en la parte baja del campanario, como es obvio, debido al aumento de masa que supone esa zona con respecto al resto.

Del análisis Pushover, que define el comportamiento del modelo frente a un esfuerzo sísmico con un periodo de retorno de 950 años en el sentido "Y" del modelo, se extraen unos valores de desplazamiento del orden de 0,20 en la zona elástica. Estos resultados indican que la estructura no ha sufrido daños y si los ha sufrido son insignificantes.

En contrapunto, si se analizan las figuras que muestran los modos de vibración, se diferencian tres elementos perfectamente, el campanario, el edificio y la torre del reloj de la fachada de la plaza del Mercado. Este último, sin efecto relevante sobre el edificio, sí tuvo que ser reforzado en su parte trasera sobre las cubiertas, mediante unos perfiles metálicos en diagonal al muro interior del ábside, tal y como se ha podido comprobar y se define en el proyecto de intervención de dicha fachada.

La figura 06.109, muestra la primera área dañada que aparece en el análisis no lineal, correspondiente al paso de carga 18 (cargas gravitatorias

VI. Análisis Estructural

totalmente aplicadas y aplicación del 32% de carga sísmica), correspondiente a la zona de la fachada de la plaza del Cementerio de San Juan.

Es importante reseñar la correspondencia de estos resultados con la realidad. Como se observa en las imágenes 06.110 y 06.111, existe actualmente una grieta de dimensiones considerables si la comparamos con la figura humana que aparece en la primera de ellas. Gracias a la aportación de la cámara térmica, se sabe que esta grieta no es superficial si no que penetra la totalidad de la fachada.

Estas últimas conclusiones corroboran los datos obtenidos por Estellés en referencia a las debilidades que presenta el templo. Expone que el edificio se encuentra en perfecto estado de conservación, que su estructura principal no ha sufrido daños y que los únicos descensos considerables aparecen en la fachada de la "O", cercanas al campanario. También expone que estos desplazamientos son debidos al aumento de carga que supuso el campanario sobre el edificio, construido muchos años después (Estellés Ceba 1986).

Al analizar los resultados del análisis dinámico en el tiempo, se deduce de nuevo la fragilidad que presenta el campanario con respecto al resto del edificio. La esbeltez del cuerpo de campanas apoyado sobre la estructura antigua del templo, provoca como ya se predice en los estudios previos, daños en el área circundante y principalmente en la fachada de la "O" de San Juan. El edificio rompe por la torre de las campanas como se puede observar en la figura 06.116 en el segundo 2,56 para un terremoto con un periodo de retorno 950 años.

Por todo ello, el equipo técnico encargado de la intervención del templo ha colocado testigos en la fachada de la plaza del Cementerio de San Juan, fabricados con yeso, con la finalidad de controlar la apertura de éstas y otras grietas más que existen en ella.

Modelo 6. Modelo completo con tracería.

Nodos_96866

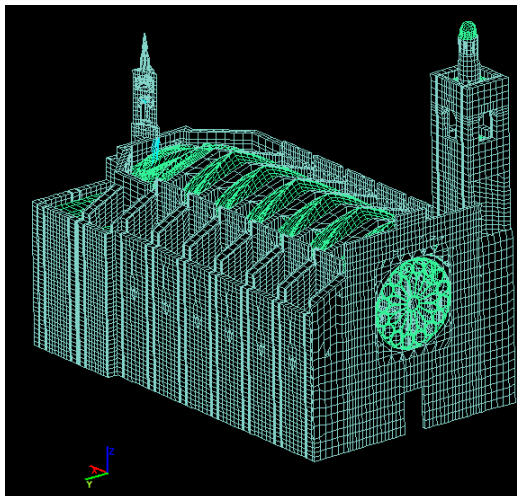
Sólidos_49298

Tetraedros_2893

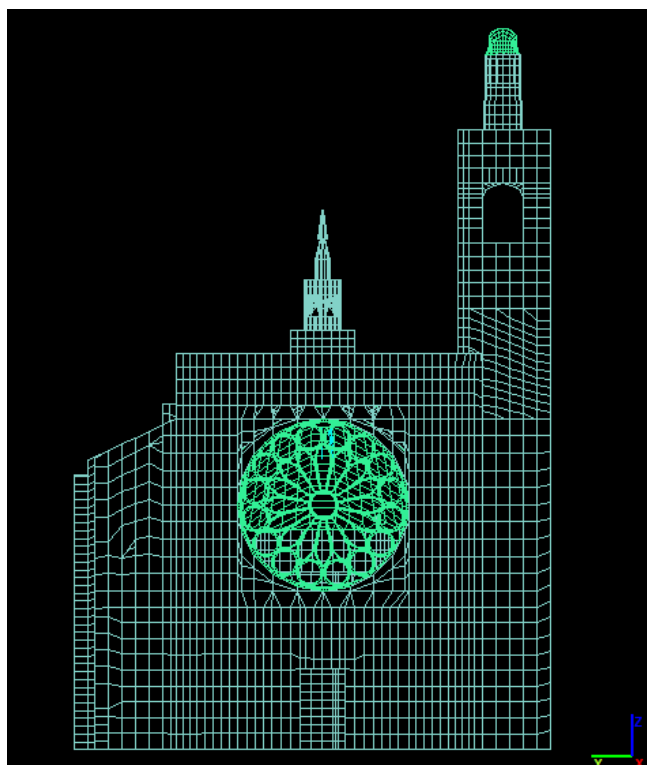
Hexaedros_44262

Láminas_19711

Nº de Ecuaciones_353385



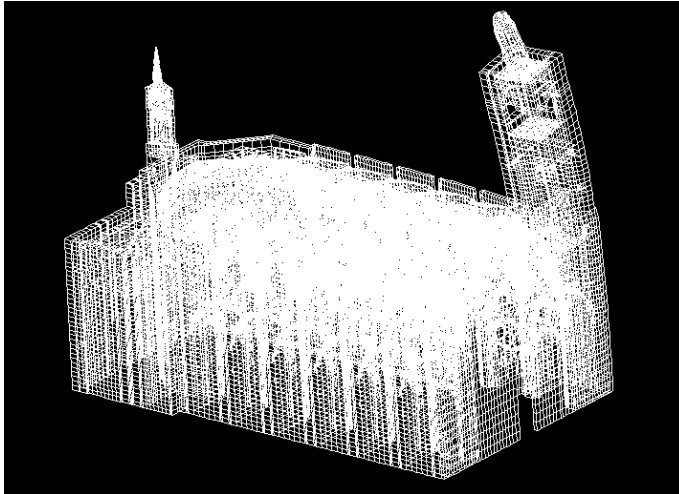
06.117. Vista del conjunto del modelo 6. Autor (2015).



07.118. Alzado del modelo 6. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural

Características dinámicas_ Se han considerado 10 modos de vibración



MODO 2

_Frecuencia angular=

19.3951939787989

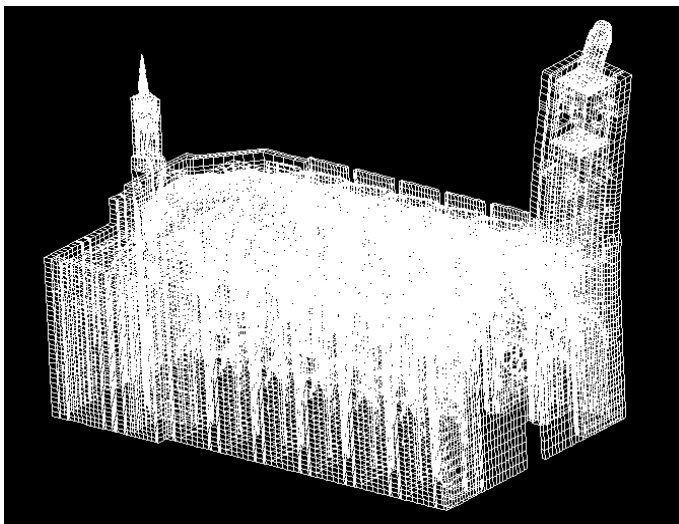
_Frecuencia (cps) =

3.086841

_Periodo (seg)=

0.3239558

06.119. Deformaciones modo 2_modelo 6. Autor (2015).



MODO 3

_Frecuencia angular=

22.0964529778807

_Frecuencia (cps) =

3.51676

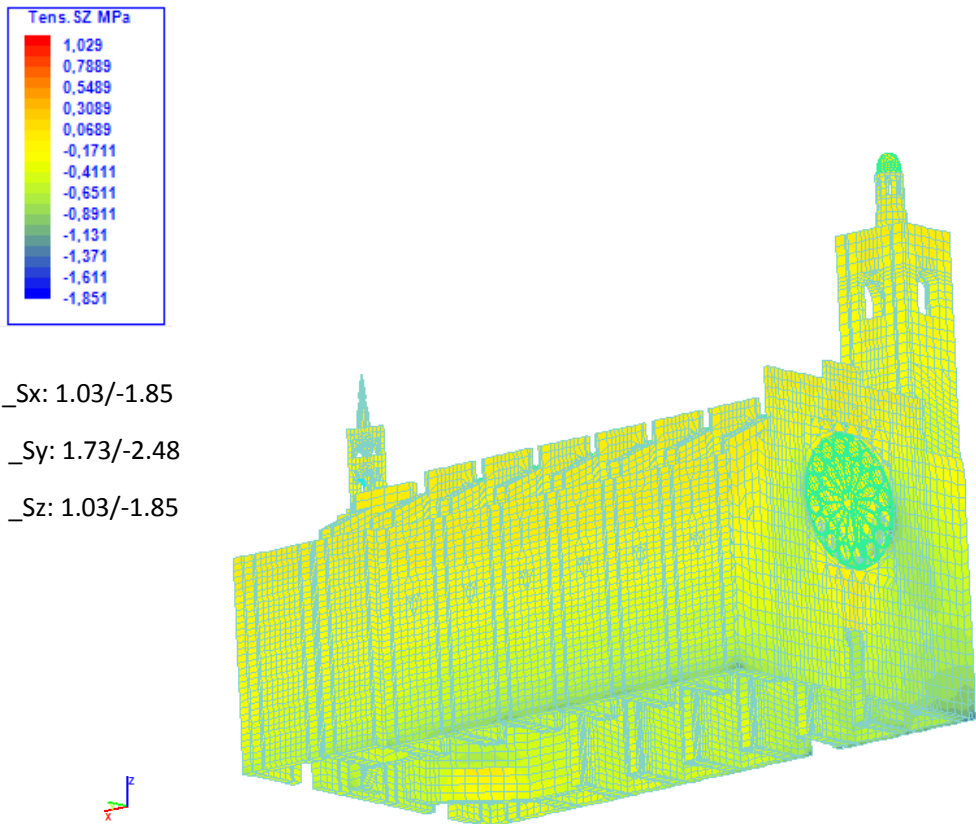
_Periodo (seg)=

0.2843527

06.120. Deformaciones modo 3_modelo 5. Autor (2015).

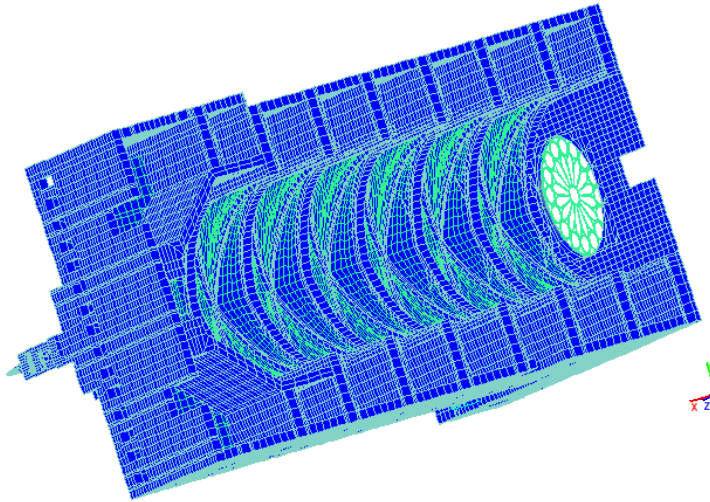
A la vista de los modos de vibración anteriores, se observa que la mecánica es similar al anterior. Se distinguen tres cuerpos con movimientos diferenciados, aunque aparece un nuevo elemento sensible que se dispara en el primer modo. Se trata del rosetón, cuya tracería tan débil con respecto al resto del edificio, provoca una deformación considerable.

En la figura 06.120 se muestra que la distribución de tensiones del modelo es similar al caso anterior, aunque sí se observa un aumento considerable en la tensión positiva, a tracción. Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos límites para el material.

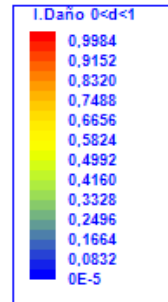


06.121. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatoria. Modelo 6. Autor (2015).

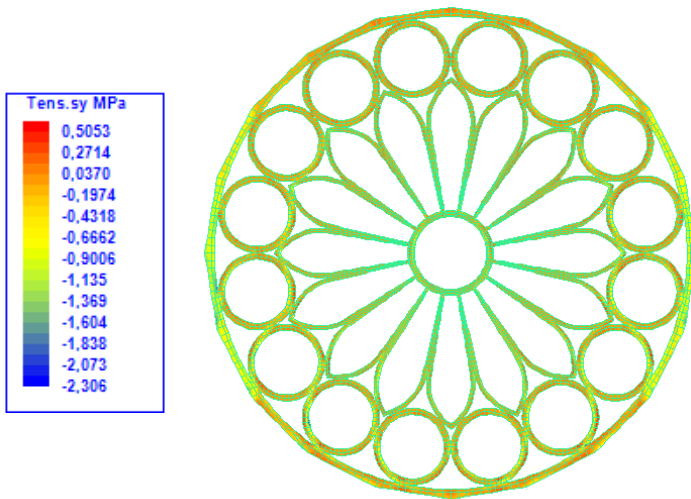
VI. Análisis Estructural



Al igual que en el caso anterior, en este modelo se aprecia que el edificio no se ve afectado en el análisis no lineal frente a gravitatorias. De nuevo el valor del índice de daño se refiere a elementos



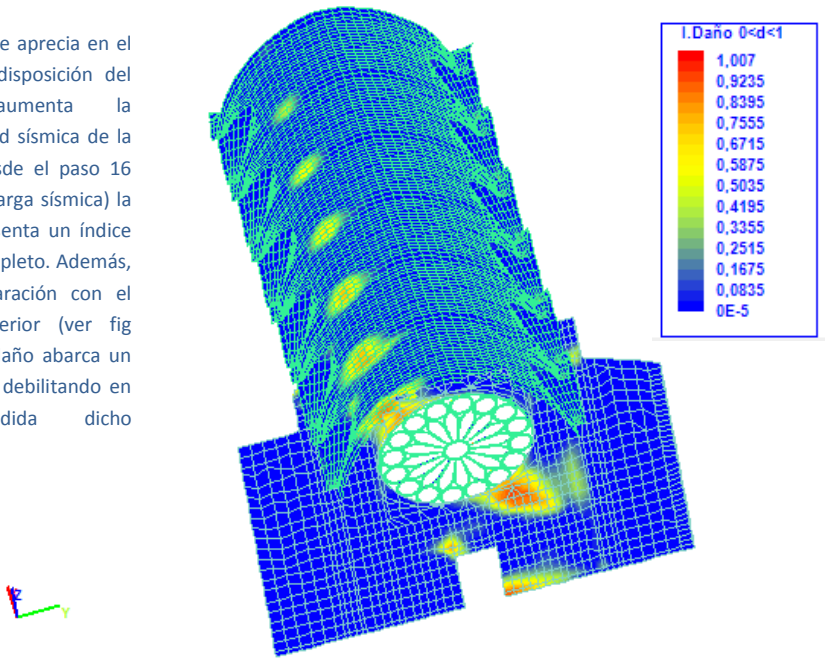
06.122. Índice de daño correspondiente al paso 11 para el total de las cargas gravitatorias. Modelo 6. Autor (2015).



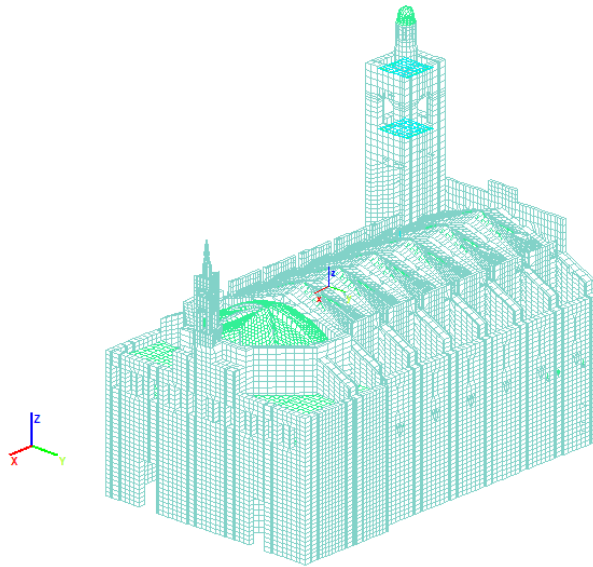
En la figura se muestra que las tensiones en el rosetón en el paso 11 de carga con el 100% de las cargas gravitatorias, no rebasan los valores máximos para el material.

06.123. Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Y frente a cargas gravitatorias. Modelo 6. Autor (2015).

Tal y como se aprecia en el modelo, la disposición del rosetón aumenta la vulnerabilidad sísmica de la fachada. Desde el paso 16 (26% de la carga sísmica) la fachada presenta un índice de daño completo. Además, y en comparación con el modelo anterior (ver fig 06.108), el daño abarca un área mayor, debilitando en gran medida dicho cerramiento.



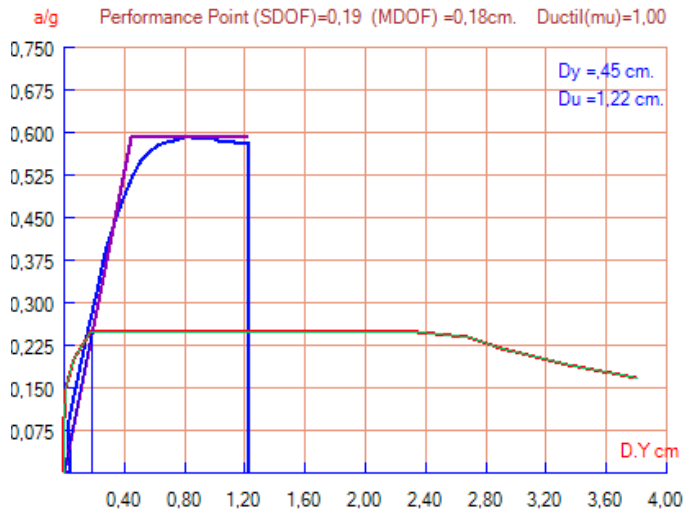
06.124. Vista en 3D de la bóveda y fachada plaza cementerio San Juan. Modelo 6. Autor (2015).



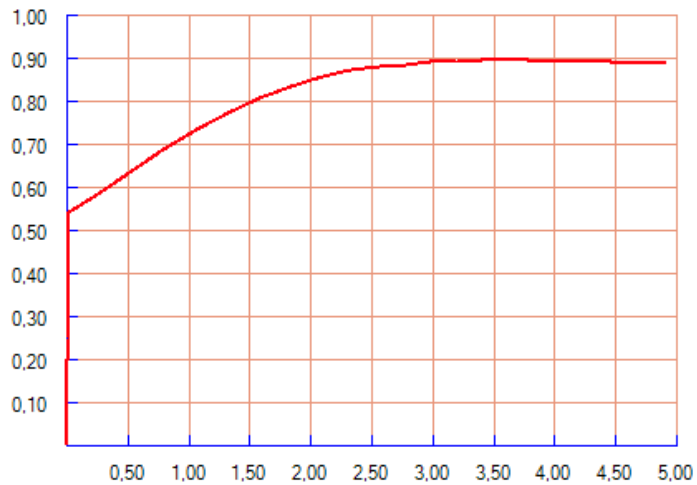
Nudo considerado_50767

06.125.: Vista 3D del modelo 6. En la figura se indica el punto considerado correspondiente al de mayor cota Z del tramo central. Autor (2015).

VI. Análisis Estructural



06.126. Espectro de capacidad del modelo 6. Autor (2015).

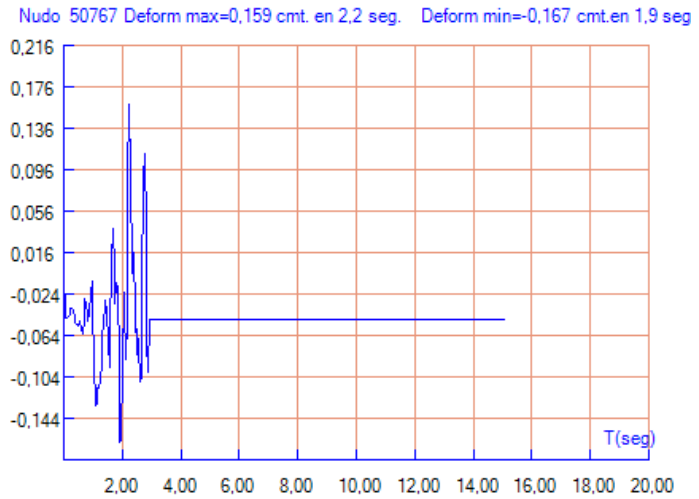


06.127. Diagrama inverso (D_y) del modelo 6. Autor (2015).

En la gráfica se representan los pasos de cargas aplicados, el primer tramo corresponde con las cargas gravitatorias. Como se puede ver las deformaciones en la dirección Y se producen cuando se aplica las cargas horizontales de sismo.

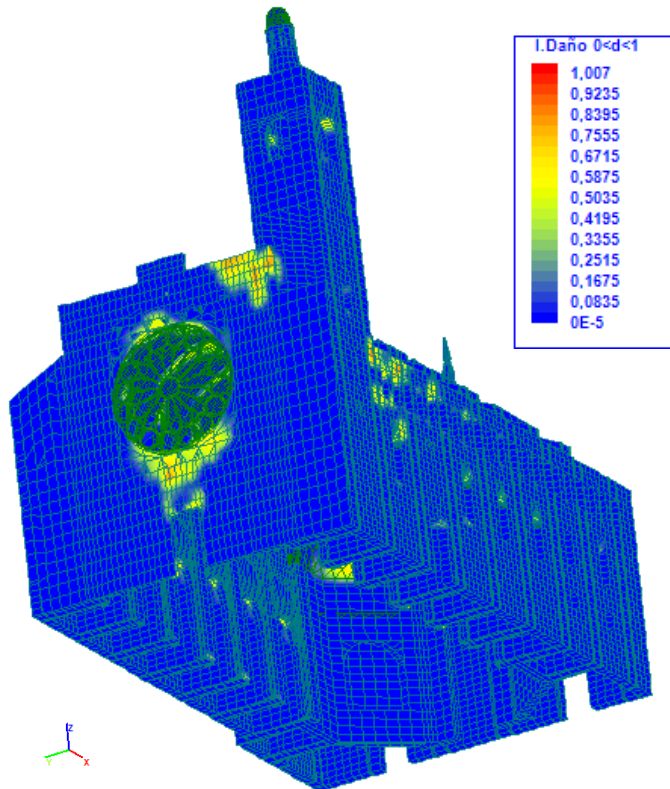
La Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia: Análisis Constructivo y Estructural

La gráfica representa la deformación Y máxima para el mismo punto anterior (50767), obteniendo un desplazamiento de 15,9 cm en el segundo 2,2.



06.128. Deformación Y máxima (análisis dinámico en el tiempo) Modelo 6. Autor (2015).

El modelo muestra la fachada de la "O" de San Juan, la más vulnerable del edificio. La disposición del rosetón en esta fachada aumenta las deformaciones con respecto al modelo 5 incrementando las áreas dañias.



06.129. Índice de daño correspondiente al segundo 2,2. Modelo 6. Autor (2015).

Conclusiones del Modelo 6

Del estudio realizado para el modelo 6 de cálculo en el que se sustituye con respecto al M5 el tabicado de la "O" por un rosetón gótico, se deduce que dicha sustitución no disminuye la excesiva rigidez con la que se comporta de forma general el edificio.

En cuanto al índice de daño para cargas gravitatorias, el modelo no se ve prácticamente afectado. Los valores máximos de daño mostrados en la figura 06.122 al igual que en el modelo anterior se refieren a áreas localizadas, debidas a una concentración de tensión causadas por el modelado.

Respecto al comportamiento de la fachada principal, a diferencia del caso M5, el daño completo aparece en los primeros pasos en los que se le aplican las cargas sísmicas. Ello provoca un debilitamiento considerable, haciéndola más vulnerable frente a esfuerzos dinámicos.

Si la figura 06.129 que representa el índice en el segundo 2,2 se compara con la figura 06.116 del caso anterior para el mismo segundo, la zona afectada es la correspondiente al área circundante al campanario, mayormente en la fachada de la "O". Sin embargo, en el modelo 6, la reducción de la rigidez que provoca la disposición del rosetón aumenta el daño de la fachada considerablemente.

Como conclusión se puede suponer que si el rosetón se llegó a construir en algún momento, se optó por su demolición y macizado posterior, reforzado el sector más débil del edificio.

Por otro lado, en lo que se refiere a los isovalores del modelo frente a cargas gravitatorias, el estudio muestra una correcta distribución de tensiones. Si bien es cierto que se aprecia un ligero aumento de las tensiones, especialmente a tracción en la dirección Z, aunque asumibles por encontrarse dentro del rango máximo para el material.

Por último, del análisis no lineal Pushover, resultan unos valores de desplazamiento de 0,18 correspondiente a la fase elástica. Estos valores, similares a los anteriores, de nuevo muestran la gran rigidez del conjunto como se concluye ya desde los primeros modelos de cálculo.

VII.6. ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

El procedimiento normal del análisis de un esqueleto resistente de cualquier edificación suele empezar por el estudio de la propia estructura, suponiendo la cimentación como un elemento empotrado (Freire Tellado 2001, p. 47) en la mayoría de los casos.

A partir de dicha modelización y conocidas las solicitaciones que llegan a los apoyos se procede a dimensionar la cimentación, comprobando que las tensiones que transmite al suelo son admisibles para el terreno.

Frente a estas pautas convencionales de cálculo usadas habitualmente por cualquier técnico para comprobar la estabilidad de una estructura, existen hoy en día herramientas suficientemente potentes como para comprobar, además de la capacidad de los esqueletos resistentes, la del suelo que los soporta.

El problema principal de las pautas de cálculo convencionales se centra en la consideración de los apoyos como elementos empotrados cuando en realidad la deformación del terreno puede hacer que se comporte como algo mucho más parecido a una articulación (Freire Tellado 2001).

No obstante, la modelización del suelo no resulta una labor sencilla. La heterogeneidad natural del terreno en muchas ocasiones dificulta en gran medida su caracterización precisa.

Existen muchos estudios que analizan la interacción suelo-cimiento en el caso de pórticos, tanto planos como espaciales. De entre los estudios de pórticos planos cabe destacar los de Grasshoff (1957), Sommer (1965), Noorzarei et al. (1995), etc. En cuanto a los espaciales los de Hain et al. (1974), Chandrasckaran et al. (1974), Viladkar et al. (1994), etc.

Sin embargo, no existen muchos estudios que comprueben y analicen la interacción suelo-estructura referidas a edificios históricos. Recientemente Pelà y su grupo de investigación, han publicado un estudio bastante extenso al respecto. En él se analiza las deformaciones en la catedral de Mallorca y la

VI. Análisis Estructural

relación que tienen con los diferentes asientos que ha sufrido el terreno (Pelà et al. 2016).

En el estudio resulta interesante comprobar la incidencia que tienen los diferentes acontecimientos históricos en el edificio y en el terreno. Concretamente fenómenos como el proceso de construcción, la deformación a largo plazo y el daño debido a la fluencia y dependiente del tiempo (Pelà et al. 2016) el proceso de construcción de un edificio de estas características, en la mayoría de las ocasiones, duraba siglos y seguramente estuvo sometido a condiciones intermedias durante las cuales la estructura podría sufrir una deformación inicial, e incluso provocar deformaciones a largo plazo por la fluencia de los materiales.

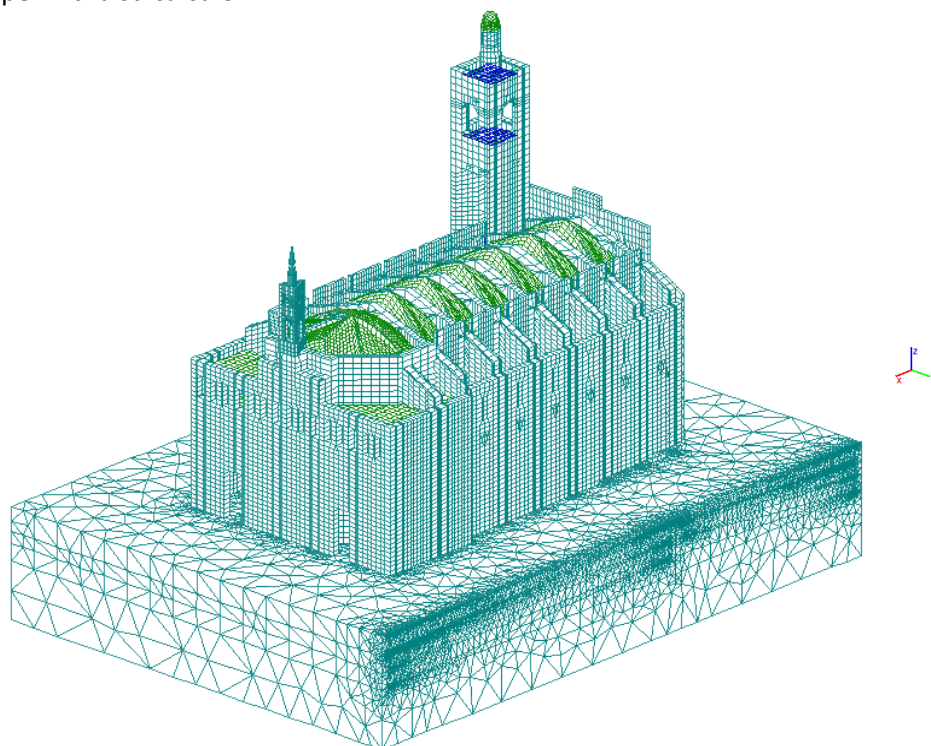
Pero además de estos aspectos meramente constructivos, la interacción del terreno en la estructura construida, juega un papel fundamental. Las distintas etapas constructivas del templo, incluso las construcciones anteriores a éste, provocan diferentes asientos en el estrato de apoyo que complican, aún más si cabe, la definición del subsuelo.

En consecuencia, una vez estudiada la estructura, tanto de forma concreta como generalizada, este apartado tiene la finalidad de analizar la interacción del suelo en la misma. Para ello se realizará una comparativa entre las deformaciones y las tensiones que llegan al terreno del modelo con apoyos fijos y con el terreno modelizado. Finalizando con el análisis del índice de daño del modelo con y sin terreno, concretamente de la fachada más vulnerable, la de la Plaza del Cementerio de San Juan.

VI.6.1 Caracterización del terreno

En la definición del subsuelo se utilizan los tres sondeos geotécnicos realizados por Estellés incluidos dentro de su proyecto de intervención (Estellés Ceba 1986), así como la relación de los distintos estratos obtenidos con las secciones extraídas mediante el georradar en esta investigación. Todo ello sin tomar en consideración los distintos fenómenos que han afectado al templo y al terreno sobre el que se asienta, por el desconocimiento que se tiene del alcance que ha tenido en ellos, antes y durante su construcción.

Tras la definición de las secciones extraídas en el georradar que se detallan en el capítulo IV, se genera un modelo 3D de cálculo sobre el que se apoya el prototipo completo del templo ya utilizado en cálculos anteriores. A continuación, será exportado al programa ANGLE (Alonso Durá 2015) que permitirá su cálculo.



06.130. : Vista 3D del modelo con la modelización del suelo. Autor (2015).

Una vez en el entorno de ANGLE y definidas las propiedades mecánicas de los materiales que componen del templo, es necesario definir las correspondientes al terreno. Para ello se utilizan los parámetros que aportan los estudios geotécnicos. Sin embargo, es complicado extrapolar los resultados que se extraen de los sondeos para caracterizarlo.

El modelo del terreno para el cálculo está definido por cuatro grandes bloques característicos de la ciudad de Valencia: Rellenos, Limos Arcillosos, Arenas Limosas y Gravas Limosas con algo de Arenas.

VI. Análisis Estructural

Determinados los cuatro grandes bloques, los parámetros que se toman para su descripción son la resistencia a compresión y los resultados de los ensayos de penetración estándar N_{spt} de los estudios geotécnicos.

Los valores de la resistencia a compresión, se utilizan para definir el módulo de elasticidad de los Limos Arcillosos, puesto que es el único estrato del que se tiene este valor. Según el Código Técnico de la Edificación (CTE), dicho valor se obtiene de la siguiente forma:

$$C_u = \frac{1}{2} * \text{Resistencia a compresión}$$

Donde

$$\frac{E}{C_u} = \alpha$$

Y α se extrae de la tabla F.2 del DB-SE-C¹⁴², en función del rango de sobreconsolidación, que en este caso se toma <3.

En cuanto a los Rellenos, Arenas y Gravas se utilizan los resultados del ensayo de penetración estándar y la relación que propone (Denver 1982) para obtener el módulo de elasticidad:

$$E = 7 * \sqrt{N} \quad (\text{MPa})$$

Respecto al coeficiente de Poisson y frente a la imposibilidad de definirlo de forma precisa, se toman valores entre 0,3-0,4 según aconseja la bibliografía consultada y más concretamente la tabla D.24 del DB-SE-C¹⁴³.

	Gravas	Arenas	Limos	Rellenos
	Limosas	Limosas	Arcillosos	
Módulo Def (MPa)	28,86	26,19	22,40	17,70
Coefficiente Poisson	0,35	0,30	0,4	0,3

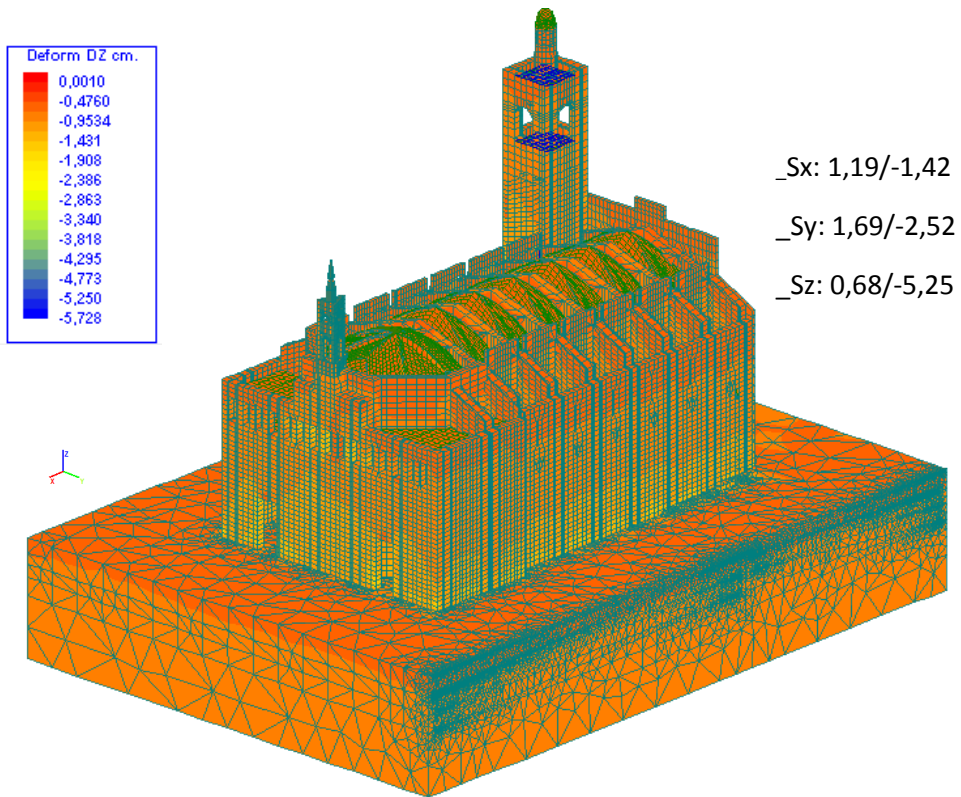
T.06.40. Caracterización del terreno.

¹⁴² Nota: Las siglas se refiere al Código Técnico de la edificación. Concretamente de la tabla: "Estimación del módulo de elasticidad sin drenaje de arcillas sobreconsolidadas".

¹⁴³ Nota: La tabla se refiere a la tabla: "Valores orientativos del coeficiente de Poisson"

Una vez determinadas las propiedades del templo y del terreno, se procede a un análisis lineal del modelo de cálculo.

Los resultados del análisis lineal muestran la transmisión de los esfuerzos verticales al terreno.

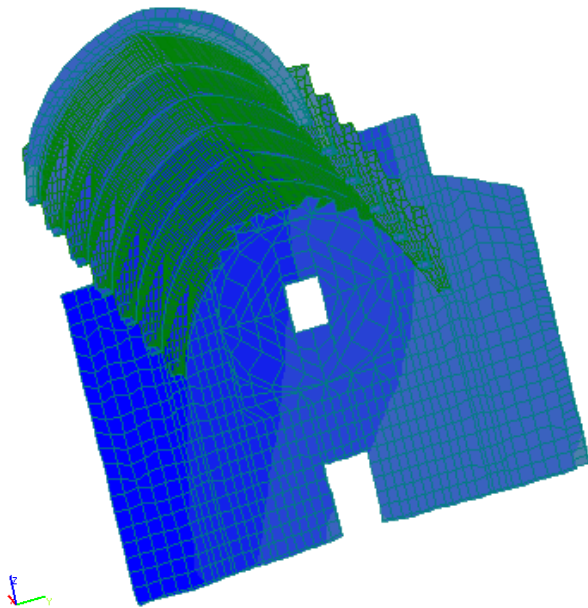
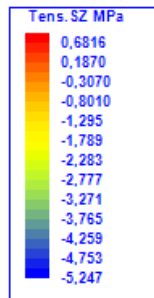
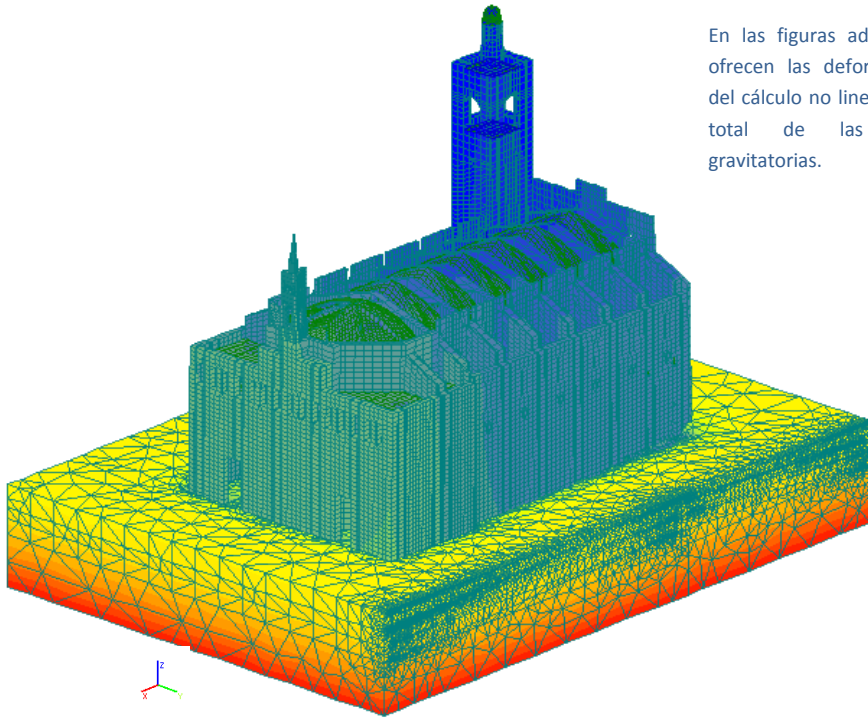


06.131.: Representación de los isovalores correspondientes a las tensiones Z frente a cargas gravitatoria. Modelo con suelo. Autor (2015).

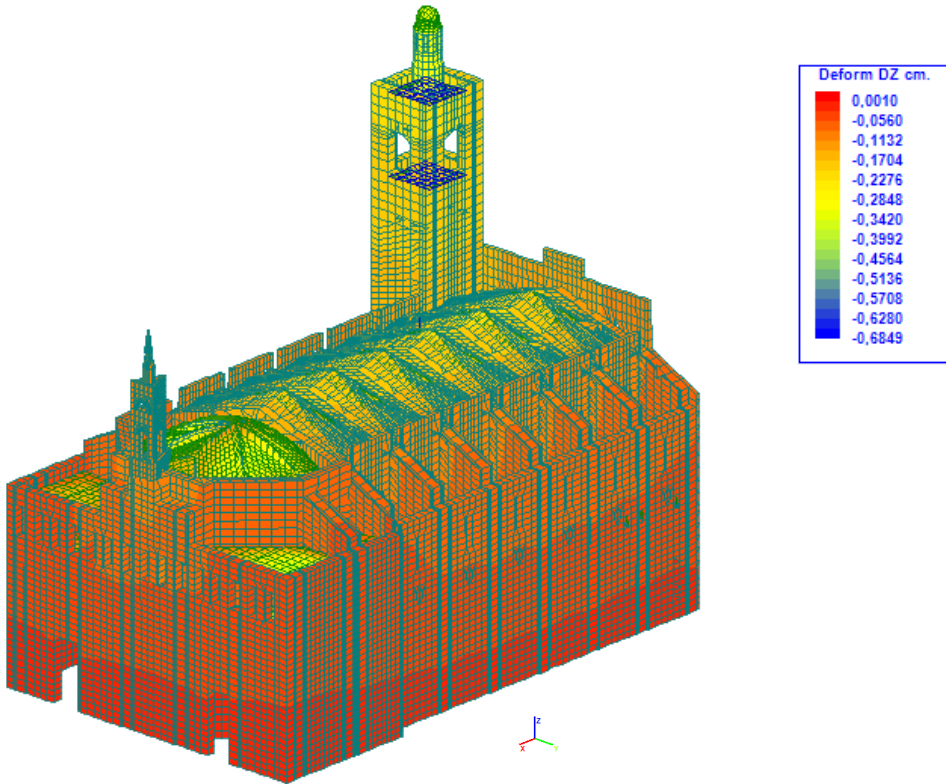
Tras ello, se realiza un cálculo no lineal aplicando únicamente el primer caso de carga correspondiente a esfuerzos gravitatorios.

VI. Análisis Estructural

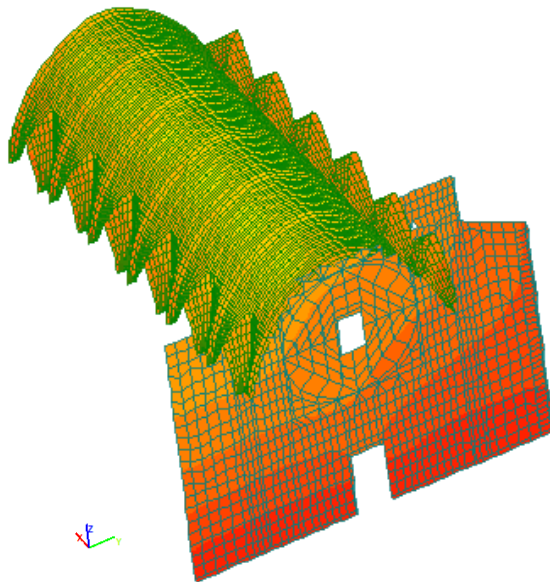
En las figuras adjuntas se ofrecen las deformaciones del cálculo no lineal para el total de las cargas gravitatorias.



06.132.: Deformaciones en el eje Z en el paso 10 de carga. Modelo con suelo. Autor (2015).



El modelo representa las deformaciones del cálculo no lineal para el total de cargas gravitatorias en el cálculo sin suelo. Se puede comprobar la diferencia del valor de las deformaciones con el modelo anterior.



06.133.: Deformaciones en el eje Z en el paso 10 de carga. Modelo 5. Autor (2015).

Conclusiones del Modelo con el Terreno

Se puede comprobar el aumento de las tensiones a compresión en el modelo calculado en este apartado con respecto al modelo sin suelo. Este incremento se debe a la consideración en el cálculo del peso. No obstante, observando la figura 06.131, se comprueba como el modelo transmite perfectamente los esfuerzos al terreno y como una vez sobre él se reparten de forma uniforme.

Por otro lado, se puede apreciar una diferencia considerable en cuanto a las deformaciones entre ambos modelos de cálculo. Este hecho justificaría los recientes estudios realizados por Pela et al. sobre la influencia que tiene las distintas etapas constructivas en las deformaciones de edificios de estas características, cuya construcción es longeva en el tiempo. Pelà et al. consideran que a medida que se va levantando el edificio, el terreno también va asentando y las deformaciones que van apareciendo son asumidas por la propia construcción. Pero además no se puede olvidar, que también puede incidir la compactación que podría tener ya el terreno como consecuencia de las construcciones que existieron con anterioridad al levantamiento de los Santos Juanes.

Por ello, la influencia que provoca las deformaciones en el templo del modelo con suelo, provocadas principalmente por el asiento del propio terreno, no representan con certeza la realidad actual.

Estas conclusiones también se justifican el índice de daño que presenta la fachada más vulnerable del edificio, la del cementerio de San Juan o de la "O". Si se compara la figura 06.134 con la 06.135, se observa como esta última presenta áreas afectadas con un índice de daño >1 al aplicarle el total de las cargas gravitatorias.

En conclusión, la caracterización del terreno resulta complicada y no refleja fielmente el comportamiento real del edificio. Por ello, se debería realizar un estudio más complejo y extenso en el que se considerasen otros aspectos mucho más precisos que permitiesen modelizar con mayor precisión el comportamiento del terreno y a su vez comprobar su interacción con el edificio.

VII.

CONCLUSIONES



VII. Conclusiones

La gran oportunidad que se me ha brindado al estudiar este templo, un edificio cargado de historia con más 700 años de antigüedad, ha sido uno de los principales alicientes de este trabajo. Basándonos en la contextualización de todos aquellos sucesos más relevantes relacionados con los Santos Juanes, se ha trazado una línea del tiempo desde su origen hasta la actualidad. En esta línea se han marcado los distintos aspectos históricos, constructivos, estructurales, urbanísticos y arquitectónicos con el fin de enriquecer la comprensión de esta tesis.

En este capítulo se incluyen los resultados relevantes de la investigación realizada acompañándose en su caso de la oportuna discusión, de forma concisa y por apartados.

Aproximación Histórica_

✓ Los diferentes pasajes históricos que han ocurrido en la ciudad de Valencia grafían la evolución que ha tenido el templo desde sus orígenes, manifestando su importancia y significación a lo largo de la historia.

✓ Se evidencia la correlación entre los sucesos políticos, sociales, religiosos, etc. que acontecieron durante el periodo de construcción del templo y las consecuencias que ellos tuvieron en el diseño y ejecución del mismo.

El carácter urbano del templo_

✓ El estudio del análisis urbano y su relación con la evolución constructiva del edificio muestra la implicación que han tenido ambos a lo largo de la historia. Se observa como desde un principio los Santos Juanes ha anhelado un carácter urbano, creciendo en dirección a la plaza del Mercado, imponiendo su presencia en el entorno y actuando como elemento vertebrador y de ordenación de la trama que se conoce actualmente. Las distintas reformas e intervenciones, así como la solución del frontispicio exterior añadido al muro del ábside es una muestra clara de acercamiento y de incorporación urbana.

✓ La plaza del Mercado ha sido uno de los espacios públicos de mayor influencia en la ciudad de Valencia hasta la aparición de la Plaza del Ayuntamiento. Este hecho y la construcción del edificio del Mercado Central supone una ruptura de la trama existente y una recomposición de toda el área urbana.

✓ La pérdida del carácter urbano y la transformación de la plaza en una vía de tráfico, conlleva que los Santos Juanes quede relegado bajo la sombra del nuevo edificio del Mercado. Todo el ímpetu del edificio de adaptarse al entorno inmediato, de mostrar su presencia y grandiosidad queda suplantado por el vecino edificio que junto con la Lonja adquieren un papel relevante.

✓ La apertura de la Avenida del Oeste y el vaciado urbano de la Plaza del Cementerio de San Juan muestran una nueva imagen de la Iglesia. La fachada de los pies hasta entonces poco conocida y en un segundo plano, adquiere un papel protagonista mostrándose como la principal del templo en este momento.

Histórico Constructivas_

✓ Los tres incendios que acontecen sobre el templo marcan en cierta manera su carácter actual. Cada reconstrucción ha supuesto un giro constructivo u ornamental que ha incidido de forma directa en la configuración del edificio que conocemos hoy en día.

✓ Se ha establecido una relación entre los distintos maestros y artistas que han actuado en la construcción del templo identificando las partes que cada uno de ellos ejecutaron y en qué periodo.

✓ Existen claramente dos etapas constructivas del templo, diferenciadas por las premisas constructivas en las que se basaron para su construcción. La primera de ellas define el templo original tras la reconquista y su primera ampliación y la segunda, la transformación barroca y su evolución hasta la actualidad.

✓ Se corrobora la relación directa de los preceptos marcados por Isidoro Aliaga y el Patriarca Ribera en cuanto al proceso constructivo en la segunda etapa, elaborando una hipótesis de la posición y dimensiones de las propiedades de sus tratados con las del templo.

✓ Se muestra una explicación razonada de la totalidad del proceso constructivo de la Iglesia, gracias a la discusión de las aportaciones de Estellés, Galarza y del resto de documentación consultada. El vaciado documental, el escaneado y el estudio in situ del templo han sido esenciales para ampliar el conocimiento constructivo y elaborar el modelo tridimensional acorde a la realidad.

VII. Conclusiones

✓ La aplicación de técnicas no destructivas como la termografía, ha facilitado la definición precisa de partes ocultas, elementos modificados y el alcance patológico existente sobre el edificio. Su aportación ha sido vital para el conocimiento concreto de todo el templo, la evaluación de los daños existentes y el entendimiento de los resultados extraídos del análisis estructural.

Composición y Medidas_

✓ El estudio métrico define la proporción y área de la planta original corroborando que cumple las hipótesis propuestas en un principio. Se ha podido comprobar que se buscó una modulación simétrica en ambos sentidos, definida en palmos y cuyo patrón coincide con el ancho de las columnas tal y como indica Vitruvio. Se comprueba que la primera ampliación de la Iglesia toma como base la modulación original. Gracias a ello, se determina que su alcance comprende la construcción de un módulo más, idéntico a los anteriores y los muros que delimitan el ábside.

✓ Existe una relación directa en cuanto a la métrica de la planta, la de la sección y los alzados. Se comprueba que el patrón establecido para la planta define verticalmente los puntos más importantes de la Iglesia: arranque y clave de los arcos góticos de las capillas laterales, altura del contrafuerte y altura total del templo, en la sección; puertas, altura total de la fachada y partes relevantes del campanario, en los alzados.

✓ Geométricamente el templo sigue las pautas establecidas para el resto de las iglesias de la reconquista. Su trazado en planta define perfectamente la forma y dimensiones de la nave central y de las capillas laterales.

✓ Se comprueba que la sección del templo guarda una relación geométrica en la definición de los elementos que la componen. Principalmente el aurón y el diágón definen el arranque de los arcos fajones y el centro de su trazado.

✓ Dada la importancia que tenían estos sistemas en la construcción de aquel entonces, fueron la base de la transformación barroca del templo tres siglos después. En los estudios realizados se comprueba su correspondencia con los elementos constructivos ejecutados durante el barroco, como las bóvedas de las capillas laterales y el remate superior ovalado de la bóveda central.

✓ Los resultados obtenidos del estudio de sensibilidad y validación del modelo de cálculo han sido de vital importancia para caracterizar mecánicamente la sillería. Los estudios muestran la gran incidencia que tiene la variación de la resistencia a tracción y la baja influencia que tiene la alteración de la resistencia compresión en el conjunto estructural. Asimismo, este análisis también revela la relación directa entre el módulo de elasticidad y las deformaciones con las que responde el modelo de cálculo.

✓ Las conclusiones de los dos primeros modelos de cálculo compuestos de dos módulos característicos del edificio, muestran la gran rigidez que presenta el templo. Al comparar el primer modelo que define la estructura actual con el segundo, al que se le han extraído los elementos diafragmáticos, se observa que los resultados no muestran ninguna alteración destacable. El punto de desempeño de ambos modelos se encuentra dentro de la fase elástica, mostrando que la influencia de los diafragmas es nula.

Esto es debido a la excesiva dimensión que presentan los contrafuertes, de dimensión de 1,20 x 6,00 m en planta, nada tiene que ver con la mayoría de edificios coetáneos construidos en la zona mediterránea. Los arbotantes que arriostran estos templos, como los de la catedral de Valencia o Sevilla, no son comparables en dimensión con la masividad de los Santos Juanes.

✓ La evaluación de los modelos 3 y 4 presentan comportamientos totalmente distintos a los primeros. La extracción de parte del volumen de los contrafuertes, concretamente un 38% ofrece unos resultados interesantes para este estudio.

En el primero de los modelos, el punto de desempeño ha aumentado considerablemente con respecto a los dos modelos anteriores, mostrando una estructura vulnerable a esfuerzos dinámicos, pero con un daño que no rebasa el completo. Y en el análisis del modelo 4, caracterizado con respecto al anterior por no disponer diafragmas, se extrae que el modelo resulta dañado completamente.

Los resultados muestran en este caso la influencia de los elementos diafragmáticos a diferencia de los dos primeros, corroborando la hipótesis inicial planteada en cuanto

VII. Conclusiones

a la masividad que presenta el templo. Prueba de ello es que el edificio no presenta ninguna manifestación patológica en su estructura principal.

✓ La evaluación del modelo completo del edificio al igual que los dos primeros casos exhibe resultados similares. El edificio presenta una rigidez excesiva y de forma general los esfuerzos dinámicos no afectan en gran medida a la estructura principal del templo.

No obstante, la fachada de la Plaza del Cementerio de San Juan resulta el elemento constructivo más vulnerable del templo frente a esfuerzos dinámicos, con áreas dañadas que debilitan potencialmente su estabilidad.

Tal y como se corrobora, el área más afectada de la fachada coincide fielmente con la fisura observada en la realidad, mostrando su alcance y profundidad gracias a la aplicación de la termografía.

✓ La vulnerabilidad que presenta la fachada de la "O" y el vaciado y mala compactación del subsuelo de la Plaza del Cementerio de San Juan han sido los principales factores por los que se ha inutilizado la puerta de acceso de esta fachada.

✓ Aun cuando se asegura de la previsión futura en la iglesia original de la construcción del campanario, los resultados del análisis estructural muestran todo lo contrario. Si observamos los modos de vibración, el campanario se presenta como el elemento más esbelto del conjunto y el que más afección tiene en la fachada de los pies.

✓ El templo presenta, como es obvio, una mayor concentración de tensiones en la base del campanario en el eje Z en comparación con el resto del edificio. Por ello, sin entrar en la repercusión que tuvo en la cimentación su construcción, se concluye que la previsión que se tuvo del campanario fue únicamente constructiva. Es por ello que el paño de fachada en la calle del Peso de la Paja correspondiente al campanario muestra una discordancia con respecto al resto de ventanas y se ha comprobado que se tuvo que doblar el muro testero en un tramo, pero no se tuvo en consideración la implicación que este elemento podría tener en la estructura muraria del templo, especialmente en la fachada de la "O".

✓ El modelo completo 6, en el que se sustituye el tabicado de la famosa "O" de San Juan por un rosetón gótico típico del momento, muestra unos resultados

similares al anterior. A nivel global, la estructura se comporta de forma rígida, con un punto de desempeño dentro de la fase elástica, lejano al daño leve.

Sin embargo, la sustitución del tabicado por el rosetón gótico muestra un empeoramiento estructural de la fachada, la más vulnerable del conjunto. Observando el modelo de daño, las áreas dañadas aumentan notablemente con respecto al anterior y de forma más temprana. Esto indica que aún si llegar a asegurar si existió o no el famoso rosetón en la fachada, las desproporcionadas dimensiones que presenta junto a la debilidad de su estructura muraria, principalmente por la incidencia del campanario, generarían su eliminación por una causa obvia y si no existió tal vez fue por el miedo de los maestros de aquel entonces a debilitarla aún más.

✓ El estudio realizado del edificio junto con el terreno, arroja unas conclusiones que se alejan de las obtenidas del resto de modelos. El cálculo revela unas deformaciones mucho más elevadas que el mismo ejemplo sin terreno y el índice de daño en la fachada más vulnerable aparece en una etapa mucho más temprana que su homólogo, tras la aplicación del total de las cargas gravitatorias. Por ello se cree que la inclusión del terreno dentro del modelo de cálculo, aunque podría jugar un papel fundamental porque dibujaría fielmente el comportamiento del edificio, resulta complicado caracterizarlo y por tanto los resultados que se obtienen, al menos en este caso, no dibujan la realidad actual de los Santos Juanes. Existen numerosos factores que no se han tomado en consideración. De entre ellos cabe destacar: la correcta definición de las distintas capas que componen el subsuelo, la influencia de los asientos en el terreno durante la construcción del edificio y la capacidad que ha tenido el templo de asimilarlos, así como la compactación inicial que pudo sufrir el terreno antes de construir el actual templo, causada por el edificio que existía con anterioridad. Cuestiones todas ellas que resultan en la práctica muy difíciles de evaluar.

VIII.

LÍNEAS FUTURAS DE
INVESTIGACIÓN



VIII. Líneas Futuras de Investigación

Esta tesis deja abiertas líneas de investigación que pueden ser abordadas o tratadas por futuros trabajos:

✓ Como respuesta a los distintos giros en la evolución constructiva del templo a consecuencia de los diversos acontecimientos que sufre a lo largo de su historia, sería interesante realizar un análisis minucioso de los libros de gastos existentes, evidenciando éstos en cada fase y su relación con la evolución constructiva del templo.

✓ Realizar un análisis patológico completo del templo, así como las medidas de intervención correspondientes, tomando como premisa la documentación extraída básica para esta tesis. Para ello se podrían analizar pormenorizadamente las fotografías térmicas realizadas en esta investigación para tratar cuestiones puntuales.

✓ En cuanto al estudio del modelo con el terreno, otra línea de investigación se centraría en identificar la incidencia que tienen las diferentes etapas constructivas del templo en el terreno y a su vez en el comportamiento actual de la iglesia. Resultaría atractivo ir evaluando la repercusión que va teniendo la construcción del templo sobre el terreno, una vez conocida la secuencia constructiva con la que se erigió. Dentro de este estudio se podría analizar las deformaciones que aparecen en las distintas fases constructivas, sus causas y las maneras con las que el edificio las podría asumir.

✓ Otro punto sería extender y comparar el análisis estructural realizado mediante medios informáticos con el estudio de la estructura aplicando la estática gráfica.

✓ En relación al comportamiento rígido del templo y las conclusiones obtenidas en cuanto a la masividad de los contrafuertes, otra posible investigación sería plantear la obtención del volumen de contrafuerte necesario para un comportamiento límite respecto a esfuerzos dinámicos. Se podría comparar dimensional y proporcionalmente con otras iglesias coetáneas de la ciudad, como Santa Catalina, San Juan del Hospital, La Catedral, etc.

✓ Otra línea de investigación sería extender el estudio realizado en los Santos Juanes a otros edificios del gótico mediterráneo, con el fin de obtener resultados concluyentes y prevenir futuras desventuras que les puedan acontecer.

✓ Respecto a la vulnerabilidad de la fachada de la Plaza del Cementerio de San Juan, se plantea estudiar las medidas oportunas para su refuerzo, tomando en consideración la posibilidad de ejecutar un rosetón gótico en ella que iluminase interiormente el templo, evitando que esté todo el día artificialmente iluminado, realzando así la grandeza de los detalles ornamentales interiores.

✓ Otro punto interesante sería analizar y modelizar la capilla de la comunión, con el fin de evaluar estructuralmente su incidencia en todo el edificio y el comportamiento preciso de la cúpula.

IX.

BIBLIOGRAFÍA



Se enumeran los autores y sus obras que han sido objeto de esta investigación.

Leyenda: (A): artículo, (L): libro; (W); web; (D): digital; (E). exposición; (T) Tesis.

ABRIL JARAMILLO, P.A.

2013 (T): "Modelado estructural de edificios convencionales. Aplicación al análisis de fragilidad del edificio *La Viña* en Lorca". Trabajo final de Máster de Ingeniería sísmica y geofísica de la Universitat Politècnica de Catalunya.

ALMAGRO GORBEA, A.

2003 (L): "De la fotogrametría a la infografía. Un proceso informatizado de documentación". Editorial: Universidad de Granada. ISBN: 84-338-2960-2. <http://hdl.handle.net/10261/19816>.

ALMAGRO GORBEA, A.; ZARAGOZÁ CATALÁN, A.; SOLER VERDÚR, R.; MARÍN SÁNCHEZ, R.

2012 (A): "Construyendo bóvedas tabicadas". Actas del Simposio Internacional sobre bóvedas tabicadas, Valencia. Editorial Universitat Politècnica de València. ISBN 848363872-X, 978848363829.

ALMERICH CHULIA, A.I.

2015 (T): "Análisis estructural de la iglesia de San Esteban, Valencia. Propuesta de intervención mediante la utilización de redondos de fibra de vidrio". Trabajo final de Máster de Conservación del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València.

ALONSO DURÁ, A.

2003 (T): "Un Modelo De Integración del Análisis Estructural en Entornos CAD, para Estructuras de Edificación", Tesis doctoral Universidad Politécnica de Valencia, 2003.

ALONSO DURÁ, A.; MARTÍNEZ BOQUERA, A.

2011 (A): " La Compresión de la Tracción". Construyendo Bóvedas Tabicadas, Actas del Simposio Internacional sobre bóvedas tabicadas, 2011.

ALONSO DURÁ, A.; MARTÍNEZ BOQUERA, A.; LLOPIS PULIDO, V.

2012 (L): "Analysis and Characterization of Earthen Architecture as a Structural Material: The Corbelled Course Domes in Syria". International Conference on Rammed Earth Conservation. EEUU. ISBN 978-0-415-62125-0.

ALONSO DURÁ, A.; MARTÍNEZ BOQUERA, A.; MORENO PUCHALT, J.; LLOPIS PULIDO, V.

2012 (A): "Analysis and Rehabilitation of San Miguel Arcángel Church in Jalance", Green Lines Institute. Porto. ISBN 978-989-95671-5-3.

ALONSO, A.; MARTÍNEZ, A.; LLOPIS, V.; MORENO, J.

2013 (A): "Construction and Structural Analysis of the Dome of the Cathedral of Valencia", Proceedings of the 8th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures, FraMCoS 2013, 2013. pp. 698-704

ALONSO, A.; PÉREZ GARCÍA, A.

2002 (L): "Manual De Usuario Del Programa CID".

ANDREU, A.; GIL, L.; ROCA, P.

2006 (A): "Limit Analysis of Masonry Constructions by 3D Funicular Modelling", Structural Analysis of Historical Constructions. pp. 1135-1142. Barcelona.

(A): "New Deformable Catenary Element for the Analysis of Cable Net Structures", Computers & Structures, 11, vol. 84, no. 29-30. pp. 1882-1890 ISSN 0045-7949, 2006

IX. Bibliografía

2007 (A): "Computational Analysis of Masonry Structures with a Funicular Model", Journal of Engineering Mechanics, vol. 133, no. 4. pp. 473-480. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9399\(2007\)133:4\(473\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9399(2007)133:4(473)).

ANZANI, A.; BINDA, L.; MIRABELLA-ROBERTI, G.

2008 (A): "Experimental researches into long-term behaviour of historical masonry". Learning from failure long term behaviour of heavy masonry structures. Italia. Southampton: WIT press.

ARAZO BALLESTER, M.A.

1984 (A): "Llegó la hora a los Santos Juanes". Periódico el Dominical. Domingo 24 de Junio de 1984.

Ayuntamiento de Valencia.

<https://www.valencia.es/>

BALARAS, C.; ARGIRIOUR, A.

2002 (A): "Infrared thermography for buildings diagnostics". Energy and Buildings. TOBUS- a European method and software for office buiding refurbishment. Doi: 10/10.1016/S0378-7788(01)00105-0. Volumen 34, Issue 2. February. Pages 171-173.

BARBAT, A. H.; CANET, J. M.

1994 (L): "Estructuras Sometidas a Acciones Sísmicas: Cálculo por Ordenador", Centro internacional de métodos numéricos en Ingeniería. Editorial: UPC. ISBN: 9788487867101

BENAVENT AVILA, F.; MAGRO MORO, J.

1996 (L): "Evolución de los sistemas de cubierta sobre la construcción abovedada en la arquitectura religiosa de la Comunidad valenciana, entre los siglos XIV y XVIII". Ministerio de Fomento: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX. Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, págs. 85-90s. ISBN 84-7790-252-6.

BENITO, B.; JIMÉNEZ, M.E.

1999 (A): " Peligrosidad sísmica". Madrid. Revista Física de la Tierra nº 11
páginas: 11-47. ISSN: 0214-4557.

**BENITO MUÑOZ, J.J.; ÁLVAREZ CABAL, R.; UREÑA PRIETO, F.; SALETE CASINO, E.;
ARANDA ORTEGA, E.**

2014 (L): " Introducción al método de los elementos finitos". Universidad
Nacional de Educación a Distancia. Madrid. ISBN: 978-84-362-6887-4.

CERVERA, M.

2003 (L): "Viscoelasticity and rate-dependent continuum damage
models". Barcelona. Monograph: CIMNE M79. ISBN: 84-95999-37-4

CHANDRASEKARAN, V.S.; KING, G.J.

1974 (A): " Interactive analysis of rafted multistoreyed space frame
resting on inhomogenous clay stratum". Proceedings of Intemational
Conference of Finite Element Method in Engineering. pp. 493-509.
University ofNew South Wales

BÉRCHEZ, J.

1993 (L): ·Arquitectura barroca valenciana·. Bancaixa, D.L. 1993, ISBN
8487684386, 423 p.: lam., il. ; 29 cm.

1994 (L): "Arquitectura Renacentista Valenciana (1500-1570)".
BANCAIXA; Edición: Primera. Valencia. ISBN: 978-8487684494.

BETTI, M.; VIGNOLI, A.

2008 (A): "Assessment of Seismic Resistance of a Basilica-Type Church
Under Earthquake Loading: Modelling and Analysis" Advances in
Engineering Software, 4, vol. 39, no. 4. pp. 258-283.
doi:10.1016/j.advensoft.2007.01.004.

2008 (A): "Modelling and Analysis of a Romanesque Church Under
Earthquake Loading: Assessment of Seismic Resistance", Engineering
Structures, 2, vol. 30, no. 2. pp. 352-367 ISSN 0141-0296.
doi:10.1016/j.engstruct.2007.03.027.

IX. Bibliografía

BINDA, L.; SAISI, A.; MESSINA, S.; TRINGALI, S.

"Mechanical damage due to long term behaviour of multiple leaf pillars in Sicilian churches". III International seminar: historical constructions. Possibilities of numerical and experimental techniques. pp. 707-7018. Italia. Guimaraes: Lourenço PB, Roca P, editors.

BLOCK, P.; LACHAUER, L.

2014 (A): "Three-Dimensional Funicular Analysis of Masonry Vaults", Mechanics Research Communications, vol. 56. pp. 53-60. doi:10.1016/j.mechrescom.2013.11.010.

BOQUERA MARTINEZ, A.; ALONSO DURÁ, A.; MAZARREDO AZNAR, L.; LLOPIS PULIDO, V.

2010 (A): "Análisis Estructural de la Cúpula de la Iglesia de Todoella", ARCHE, no.4-5, pp 439-446, 2010.ISSN: 1887-3960.

BOQUERA, A.M.; DURÁ, A.A.; VERDU, R.S.; ESTRELA, A.S.

2010 (A): "Reinforcement Work Carried Out on the Todoella Parish Church After the Collapse of a Pilaster Supporting the Classical Style Dome", Castellon, Spain. pp. 1269-1275. ISBN 978-89-5708-181-5.

BOSCH ROIG, L.; NAVARRO BOSCH, A.; MARTÍNEZ BOQUERA, A.; ALONSO DURÁ, A.; BOSCH REIG, I.

2008 (A): "Consolidación Estructural de los Puentes de Serranos y de la Trinidad de Valencia". Proceso y Ensayos de puesta en Obra", Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV, Nº 3. 2008.

BOIRA MAIQUES, J.V.

2011 (L): "Valencia. La ciudad.Tirant Lo Blanch". Valencia. ISBN: 978-84-9985-029-0. Depósito Legal: BI-3155-2010.

BUSQUETS CAPARRÓS, T.; TEIXIDOR SABIHI, M.

2011 (T): "Estudi de l'emissivitat de materials de revestiments en edificació mitjantçant la termografia infraroja". Treball d'introducció a la recerca. Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. Universitat de Catalunya. Febrero 2011.

BUSTAMANTE GARCÍA, E.; IVORRA CHORRO, S.; CERVERA LÓPEZ, J.R.

1999 (L): "Estudio (en 3D) de una torre-campanario de mampostería bajo la acción cargas estáticas y dinámicas". Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

BUTELO NAZ, L.

2012 (T): "Proyecto arquitectónico basado en la teoría del antifunicular". Granada: Universidad de Granada.

CARRASCO HORTAL, J.

2002 (T): "La estructura gótica catalana: Sobre los conceptos de medida y espacio. El problema de la forma en la cubierta". Tesis doctoral del departamento de Expresión gráfica Arquitectónica I. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.

CASSANO, ARTURO M.

2009 (A): " Análisis de estructuras bajo acciones dinámicas". Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional-edUTecNe. Paraná. ISBN: 978-987-25360-9-1

CASINELLO PLAZA, M.J.

2004 (A): "Trazado y Estabilidad de la Arquitectura Gótica", Cuadernos Intemac, vol. 53. ISSN 1133-9365.

2005 (A): "Racionalidad sísmica en la arquitectura ojival: tipos estructurales y constructivos". Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Cádiz. Ediciones Huerta.

2005 (A): "Influencia de los Terremotos Históricos en la Construcción de las Catedrales Góticas Españolas", Annali Di Architettura: Revista del centro Internazionale di Studi di Architettura "Andrea Palladio", Issue 17, pp.9-20, no. 17, pp. 9-20 ISSN 1124-7169.

IX. Bibliografía

CASSINELLO PLAZA, M. J. et al.

2010 (L): "Geometría y Proporción en las Estructuras: ensayos en honor de Ricardo Aroca". Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid. ISBN: 9788461437900

CASOLO, S.; PEÑA, F.

2005 (A): " Modelo de elementos rígidos para el análisis de estructuras de mampostería". Métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería. Vol. 21 nº 2 pág 193-212. ISBN: 0213-1315

CASOLO, S.; SANJUST, C.A.

2009 (A): "Seismic Analysis and Strengthening Design of a Masonry Monument by a Rigid Body Spring Model: The "Maniace Castle" of Syracuse", Engineering Structures, 7, vol 31, no. 7. pp. 1447-1459.

CASTRO VILLALBA, A.

1999 (L): "Historia de la construcción arquitectónica". (2ªEd). Barcelona. Edicions UPC, 1999. ISBN: 8483013274.

CATALÁ GORGUES, M.A.

1.990 (L): Prologo: "Evolución histórico-constructiva del templo de los Santos Juanes de Valencia". Valencia. ISBN: 84-7890-275-9. Depósito Legal: V-2.729-1990.

CERVERA, M.; PELÀ, L.; CLEMENTE, R.; ROCA, P.

2010 (A): "A crack-tracking technique for localized damage in quasi-brittle materials". Engineering fracture mechanics. Vol. 77. Issue 13. pp. 2431-2450. doi:10.1016/j.engfracmech.2010.06.013

COCK, H.

1876 (L): " Relación del viaje hecho por Felipe II a Zaragoza, Barcelona y Valencia". Publicada de Real Orden por Alfredo Morel-Fatio y Antonio

Rodríguez Villa. Madrid. Imprenta, Estereotipia y Galv de Aribau y C^a
(Impresores de la Cámara de S.M.).

Código Técnico de la Edificación (CTE)

Documento Básico de Seguridad Estructural. Cimientos (DB-SE-C). 2006

CROCI, G.

1995 (A): "The Colosseum: Safety Evaluation and Preliminary Criteria of Intervention". Structural Analysis of Historical Constructions. Barcelona.

CRUILLES, MARQUÉS DE

1876 (L): "Guía Urbana de Valencia Antigua y Moderna". Tomo I. Editoria
Valencia: París-Valencia. ISBN 8489676119.

DALMAU, M.R.; VILARDELL, J.

2003 (L): "Análisis plástico de estructuras". Edicions UPC. Barcelona:
Centre de Publicacions del Campus Nord. ISBN 84-8301-720-2

DE MAZARREDO AZNAR, L.

2015 (T): "Análisis Constructivo y Estructural de la Iglesia de San Juan del
Hospital de Valencia". Tesis doctoral. Dir: Adolfo Alonso Durá; Begoña
Serrano Lanzarote y Verónica Llopis Pulido. Universitat Politècnica de
Valencia.

DENVER, H.

1982 (A): "Modulus of elasticity for sand determined by SPT and CPT".
Proc. ESOPT 2. Amsterdam.

DURÁ ALONSO, A.; MARTÍNEZ BOQUERA, A.

2003 (A): "Diagnóstico sobre el comportamiento estructural de la Cúpula
de las Escuelas Pías de Valencia", Restauración & Rehabilitación, no. 74.
pp. 54-57. ISSN 1134-4571

IX. Bibliografía

DURÁ ALONSO, A.; GOMIS GÓMEZ-YGUAL, J.; MORENO PUCHALT, J.; LLOPIS PULIDO, V.

2011 (A): "Arquitectura Religiosa: Análisis Constructivo y Estructural", Instituto Juan de Herrera. DOI: 10.13140/RG.2.1.1475.3124

ESCOLANO, G.

1.878 (L): "Décadas de la Historia de la Insigne y Coronada ciudad y Reino de Valencia". Valencia. Edición digital Terraza, Aliena y Cía. Juan B. Perales

ESTEBAN LORENTE, J.F.

2001 (A): "La teoría de la proporción arquitectónica en Vitruvio". Artigrama, 16, p. 229-256.

2008 (A): "La metrología y sus consecuencias en las iglesias de la Alta Edad Media española. IV". El románico del último tercio del siglo XI. Artigrama, 23, p. 387.

ESTELLÉS CEBA, J.J.

1.986 (P): Proyecto de Intervención de la Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia. Conselleria de Cultura. Generalitat Valenciana.

1.986 (P): Informe Patológico de la Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia. Conselleria de Cultura. Generalitat Valenciana.

EUROCODE, CEN. 8

2004 (N): Design of Structures for Earthquake resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings (EN 1998-1: 2004). European Committee for Normalization, Brussels.

JUAN VIDAL, F.

2006 (L): "Valor barroco en la arquitectura valencia". General de Ediciones de Arquitectura. D.L. 2006, ISBN 9788493516338, 80 p.:il.; 21 cm.

FARIA, R.; OLIVER, J.; CERVERA, M.

1998 (A): "A strain-based plastic viscous-damage model for massive concrete structures". International Journal of Solid and Structures Vol. 35. pp. 1533-1538. Barcelona. doi: 10.1016/S0020-7683(97)00119-4

FREIRE TELLADO, M.J.

2001 (A): "Interacción del suelo, cimiento y estructura: el caso de la zapata (1ª Parte)". Informes de la Construcción Vol 52 nº 471. DOI:10.3989/ic.2001.v52.i471.682

FUENTES GONZÁLEZ, D.

2005 (Tesina): " Proyecto de ensayo en laboratorio de un modelo a escala reducida de edificio de estructura de paredes de carga". Universitat Politècnica de Catalunya. Escola tècnica superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports. <http://hdl.handle.net/2099.1/3402>.

GALARZA TORTAJADA, M.

1990 (L): "Evolución histórico-constructiva del templo de los Santos Juanes de Valencia". Valencia. ISBN: 84-7890-275-9. Depósito Legal: V-2.729-1990.

2009 (A): "La Restauración Barroca de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. La bóveda tabicada que soporta los frescos de palomino". Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Valencia. Editorial: Instituto Juan Herrera de Madrid.

GAMBAROTTA, L.; LAGOMARSINO, S.

1997 (L): "Damage models for the seismic response of brick masonry shear walls". Part I: The mortar joint model and its applications. Earthquake Engineering and Structural Dynamics (26). Pág 423-439.

IX. Bibliografía

GARCÍA VALLDECABRES, J.

2010 (T): " La métrica y las trazas en la iglesia de San Juan del Hospital en Valencia". Valencia. Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Universitat Politècnica de Valencia.

GARÍN ORTIZ DE TARANCANO, FELIPE

1941 (L): " Loa y elegía de Palomino en su decoración de *Los Santos Juanes* de Valencia". Real Academia San Carlos. Valencia.

GINER, J.J., MOLINA, S.; JÁUREGUI, P.J.

2003 (A): "Sismicidad En La Comunidad Valenciana", Física de la Tierra, vol. 15. pp. 163-187. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. ISSN 0214-4557

GIL GAY, MANUEL

1.909 (L): "Monografía Histórico-Descriptiva de la Real Parroquia de los Santos Juanes de Valencia". Valencia. Editorial Tipografía San José.

GOERLICH, D.B.

2010 (L): "Revestimientos Barrocos Levantinos", Institución Fernando el Católico, Zaragoza. ISBN: 978-84-9911-062-2.

GOMEZ LOPERA, F.

1985 (L): "Estudio para la restauración de algunos monumentos. Análisis en la piedra". Tesis doctoral Universitat Politècnica de València.

GONZÁLEZ SIMANCAS, M.

1909-1916 (L): "Catálogo monumental y artístico de la provincia de Valencia" Tomo I y II. col. inédito.

GRAN ENCICLOPEDIA DE LA REGIÓN VALENCIANA

ISBN: 84-300-5539-8

GRASSHOFF, H.

1957 (A): "Influence of Flexural Rigidity of Superstructure on the Distribution of Contact Pressure and Bending Moments of an Elastic Combined Footing". Proc. 4th International Conference SMFE. Vol. 1. PP. 300-306. Londres

GRIZANTO,E.; VAVILOV,V.; KAUPPINEN, T.

1998 (A): "Quantitative infrared thermography in buildings". Energy and Buildings. Doi: 10.1016/S 0378-7788 (97) 00039-X. Volumen 29. December. Pp. 1-9.

GUERRA PESTONIT, R.A.

2012 (T): "Bóvedas y contrarresto del Colegio de Nuestra Señora de la Antigua de Monforte de Lemos: geometría, construcción y mecánica". Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.

HAIN, S.J.; LEE, I.K.

1974 (A): "Rational analysis of raft foundations". Journal of Geotech. Eng. Div. ASCE 100, pp. 843-860

HERNÁNDEZ MUÑOZ, E.J.

2015 (T): "El levantamiento gráfico arquitectónico de precisión. La jamba de la portada de acceso principal de la Lonja de La Sed de Valencia". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. doi:10.4995/Thesis/10251/59426.

HEYMAN, J.

1996 (L): "Arches, Vaults and Buttresses: Masonry Structures and their Engineering", Aldershot, Variorum, ISBN 0860785971.

1999 (L): "El Esqueleto de Piedra: Mecánica de la Arquitectura de Fábrica". Madrid, Instituto Juan de Herrera, CEDEX, CEHOPU, ISBN 8489977739.

IX. Bibliografía

2001 (L): "La Ciencia de las Estructuras", Reverte. INST. JUAN DE HERRERA. ISBN: 9788495365989

2004 (L): "Análisis de Estructuras: Un estudio histórico". INST. JUAN DE HERRERA. ISBN: 9788497281126

HEYMAN, J., et al.

1995 (L): "Teoría, Historia y Restauración de Estructuras de Fábrica: Colección De Ensayos" Madrid, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, CEHOPU, Instituto Juan de Herrera.

HINOJOSA MONTALVO, J

1999 (L): "Aspectos del comercio exterior valenciano en el siglo XIV". Anales de la Universidad de Alicante. Historia medieval, N 12. 1999. ISSN 0212-2480 P 207-236.

HANGANU, A. D.; BARBAT, A.H.; OÑATE, E.:

1997(A) "Metodología de evaluación del deterioro en estructuras de hormigón armado". Monografía CINME nº39. Páginas 41-53 "Modelo constitutivo de daño isótropo". Barcelona

HOOKE, R.

1977 (L): "Lecciones de Potencia Restitutiva". Madrid Editorial: Alpuerto Intemac. ISBN: 84-381-0017-1

HUERTA FERNÁNDEZ, S.

2001 (A): "Mechanics of Masonry Vaults: The Equilibrium Approach". Structural analysis of historical constructions III. Possibilities of numerical and experimental techniques. Lourenço and Roca, eds. Guimaraes. Universidade do Minho, ISBN: 972 8692 01 3

2003 (A): " El cálculo de las estructuras de la obra de Gaudí". Revista Ingeniería Civil nº 129. Pp. 121-133.

2004 (A): "Arcos, Bóvedas y Cúpulas: Geometría y Equilibrio en el Cálculo Tradicional de Estructuras de Fábrica", Madrid, Instituto Juan de Herrera, ISBN 8497281292, 2004

2005 (A): "Mecánica de las Bóvedas de Fábrica: el enfoque del equilibrio", Informes de la Construcción, vol. 56. pp. 73. doi:10.3989/ic.2005.v57.i496.496

IVORRA CHORRO, S.; PALLARÉS RUBIO, F.J.

2006 (A): "Dynamic Investigations on a Masonry Bell Tower", Engineering Structures, vol. 28, no. 5. pp. 660-667, doi:10.1016/j.engstruct.2005.09.019

JACOBO, G.J.

2004 (A): "El diseño estructural por medio de los métodos gráficos". Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004.

KORDATOS, E.Z.; EXARCHOS, D.A.; STAVRAKOS, A.; MOROPOULOU, A.; MATIKAS, T.E.

2013 (A): "Infrared thermographic inspection of murals and characterization of degradation in historic monuments". Construction and Buildings Materials. Volumen 48. November. Doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.06.062. Pages 1261-1265.

LE-DUC, V.

1875 (L): "Dictionnaire Raisonné de l'Architecture". París. Editorial E. Martinet.

LERMA ELVIRA, C.

2012 (L): "Análisis arquitectónico y constructivo del Real colegio de Corpus Christi de Valencia". Tesis doctoral. Dir: Ángeles Mas Tomás. Universitat Politècnica de València. Valencia.2012.

IX. Bibliografía

LOMBILLO, I.; VILLEGAS, L.

2008 (A): "Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación del patrimonio construido: un estado del arte (Parte 1)". Revista END de 1er Trimestre Nº 43. ISBN: 978-84-692 -2159-4.

LÓPEZ ELUM, P.

1995 (L): "La conquista y repoblación valenciana durante el reinado de Jaime I". Valencia.

LÓPEZ, J.; OLLER, S.; OÑATE, E.

1998 (L): "Cálculo del comportamiento de la mampostería mediante elementos finitos". Monografía CIMNE M46. Centro internacional de métodos numéricos en ingeniería. Barcelona. ISBN: 84-89925-29-1.

LLOPIS, A.; PERDIGÓN L.; TABERNER F.

2004 (D): "Valencia 138 a.C-1929; De la fundación romana a la configuración y colmatación de la ciudad burguesa". Faximil, 2004. ISBN: 9788493339524.

2004 (D): "Cartografía histórica de la ciudad de Valencia". Volumen 1/(1608-1929). Valencia: Faximil Edicions Digital, 2004.

LLORENTE OLIVARES, T.

1980 (L): " Valencia: Sus Monumentos y Artes. Su Naturaleza e Historia". Tomo I Editorial Daniel Cortezo. ISBN 8472740684.

LOURENÇO, P.B.

1995 (A): "An orthotropic continuum model for the analysis of masonry structures". Delft: University of Delft.

LOURENÇO, P.B.; KRAKOWIAK, K.J.; FERNANDES, F.M.; RAMOS, L. F.

2007 (A): "Failure Analysis of Monastery of Jerónimos, Lisbon: How to Learn from Sophisticated Numerical Models". Engineering Failure Analysis, vol. 14, no. 2. pp. 280-300. doi:10.1016/j.engfailanal.2006.02.002

LOURENÇO, P.B.; MILANI, G.; TRALLI, A.; ZUCCHINI, A.

2007 (A): "Analysis of Masonry Structures: Review of and Recent Trends in Homogenization Techniques". Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 34, no. 11. pp. 1443-1457. v-vii, 10.1139/I07-911.

LOURENÇO, P.B.; TRUJILLO, A.; MENDES, N.; RAMOS, L.F.

2012 (A): "Seismic Performance of the St. George of the Latins Church: Lessons Learned from Studying Masonry Ruins". Engineering Structures, 7, vol. 40, no. 0. pp. 501-518. doi:10.1016/j.engstruct.2012.03.003.

LLOPIS PULIDO, V.; ALONSO DURÁ, A.; FENOLLOSA, E.

2013 (A): "Seismic Evaluation of the Cathedral of Valencia (Spain). Applying a Scalar Damage Model". XII International Conference on Computational Plasticity. Fundamentals and Applications

COMPLAS XII. E. Oñate, D.R.J. Owen, D. Peric and B. Suárez (Eds)
DOI: 10.13140/RG.2.1.1737.4564 ·

MALLARDO, V.; MALVEZZ, R.; MILANI, E.; MILANI, G.

2008 (A): "Seismic vulnerability of historical masonry buildings: a case study in Ferrara ". Engineering Structures Volume 30. Ferrara (Italia). doi:10.1016/j.engstruct.2007.11.006

MARÍN SÁNCHEZ, R.

2011 (A): "Abovedamientos tabicados en las transformaciones interiores de las iglesias valencianas de finales del siglo XVII." Actas del simposio internacional sobre bóvedas tabicadas. Valencia. Editorial Universitat Politècnica de Valencia.

MARTÍNEZ RUIZ, G.

2007 (T): " Vulnerabilidad sísmica de edificios de obra de fábrica para mediana y gran luz". Barcelona. Valencia. Universitat Politècnica de Catalunya. Escuela técnica superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

IX. Bibliografía

MARTINEZ BOQUERA, A.; ALONSO DURÁ, A

2002 (A): "Técnicas de Diagnóstico Estructural en las Estructuras Históricas: Análisis de la Cúpula de San Miguel de los Reyes (Valencia)", Loggia: Arquitectura y Restauración, no. 14. pp. 162-171. <http://dx.doi.org/10.4995/loggia.2003.3564>.

2006 (A): "Structural Analysis of the Dome of the Pious Schools in Valencia", 10th, East Asia-Pacific conference on structural engineering and construction; Supplementary papers, 77-82. Von Asian Institute of Technology, Thailand.

MARTÍNEZ BOQUERA, A.; ALONSO DURÁ, A.; SOLER VERDÚ, R.

2006 (A): "The Second International Congress on Construction History Cambridge University" Ed. The Eighteenth Century Brickwork Domes in Valencia.

MARTINEZ BOQUERA, A.; ALONSO DURÁ, A.; SOLER VERDÚ, R.; SOLER ESTRELLA, A.

2010 (A): "Reinforcement Work Carried Out on the Todollella Parish Church After the Collapse of a Pilaster Supporting the Classical Style Dome, Castellon, Spain". 7th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures. Korea. ISBN 978-89-5708-181-5

MAS-GUINDAL LAFARGA, A.J.

2011 (L): "Mecánica de las estructuras antiguas o cuando las estructuras no se calculaban". Editorial Munilla-Lería. ISBN 978-84-89150-90-4. Madrid.

MÁS TOMÁS, M.A.

1990 (T): "Hacia una Metodología de Actuación en la Restauración de Edificios Construidos en Piedra". Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Valencia.

MEDINA DEL RÍO, J.M.

2012 (T): " La luz natural como generador del espacio arquitectónico de la catedral Gótica". Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.

MELI, R.; SÁNCHEZ-RAMÍREZ, R.

1995 (A): "Structural Aspects of the Rehabilitation of the México City Cathedral". Structural Analysis of Historical Constructions I, Cimne, pp. 123-140, 1995.

2007 (A): "Criteria and Experiences on Structural Rehabilitation of Stone Masonry Buildings in Mexico City". International Journal of Architectural Heritage, vol. 1, no. 1. pp. 3-28. DOI: 10.1080/15583050601123118.

MEZA, J.M.; ORDUÑA, A.; AYALA, G.

2008 (A): "Método simplificado para la evaluación de la capacidad sísmica de edificios históricos de mampostería". Sociedad mejicana de ingeniería estructural. XVI Congreso nacional de ingeniería estructural. Veracruz.

MILANI, G.; LOURENÇO, P.; TRALLI, A.

2007 (A): "3D homogenized limit analysis of masonry buildings under horizontal loads". Engineering Structures 29. Pp 3131-3148.

MILLETTO, C.; VEGAS LÓPEZ-MANZANARES, F.

2004 (A): "El análisis estratégico constructivo y el proyecto de restauración arquitectónica". Arqueología de la Arquitectura, 3, 2004. ISBN: 1695-2731

MIRA, E.; ZARAGOZÁ CATALÁN, A.

2003 (L): "Una arquitectura del gótico mediterráneo". Catálogo de la exposición. Generalitat Valenciana. Conselleria de Cultura i Educació.

MONTAVA PÉREZ, E.

2000 (A): "Los Santos Juanes, la Parroquia más documentada de toda la Diócesis" Pauraula Iglesia en Valencia. Boletín oficial del Arzobispado de Valencia Nº 3.227 de 5 noviembre de 2000. Depósito Legal: V-1602-1987.

IX. Bibliografía

MORENO MARÍN, F.

2010 (A): "Los Santos Juanes la Joya Olvidada". Las Provincias. Domingo 16 de mayo de 2010

NAVARRO BOSCH, A.; LIZONDO SEVILLA, L.; MARTÍNEZ BOQUERA, A.; ALONSO DURÁ, A.

2009(A): "Origen, Influencias y Realidad en la Construcción del Puente de Trinidad de Valencia", Instituto Juan de Herrera. Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Valencia. ISBN: 978-84-9728-317-5

NAVARRO FORTUÑO, G.

2005 (L): "IGLESIA DE LOS SANTOS JUANES. Capilla de la Comuni3n y Esculturas de Jacob y sus Hijos". Edicep C.B. Valencia. ISBN: 84-7050-843-1.

Subsecretaria de Promoci3n Cultural. Valencia,2003. Volumen I. ISBN: 84-482-3545-2.

NOORZAREI, J.; VILADKAR, M.N.; GODBOLE, P. N.

1995 (A): "Elastoplastic analysis for soil-structure interaction in framed structures" Computers and Structures, n3 55, pp 797-807

OLIVER, J.; CERVERA, M., OLLER, S.; LUBLINER, J

1989 (A): "Isotopic Damage Models and Smeared Crack An3lisis of Concrete". Proceedings 2nd ICCAADCS, Zell Am See, Austria, Pineridge Press, 2, 945-958.

OLLER, S.

1994 (L): "Modelizaci3n Num3rica de Materiales Friccionales". Centro Internacional de M3todos Num3ricos en Ingenier3a. Monograf3a CINME 3. Barcelona. ISBN: 84-87867-09-X.

OÑATE, E.

2000 (A): "Desarrollos y Aplicaciones de Modelos de Fractura en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona". Monografía Cimne, nº 201. Barcelona

OÑATE, E.; OLLER, S.; OLIVER, J.; LUBLINER, J.

2006 (A): "A Constitutive Model for Cracking of Concrete based on the Incremental Theory of Plasticity", Engineering Computation, 5, 309-320. <http://dx.doi.org/10.1108/eb023750>.

ORDUÑA BUSTAMANTE, A; ROEDER CARBO, G.; PEÑA MONDRAGÓN, F.

2007 (A): " Evaluación sísmica de construcciones históricas de mampostería: Comparación de tres modelos de análisis". Revista de ingeniería sísmica nº 77 71-88.

PATRIMONIO NACIONAL

2010 (L): Cuadernos de restauración de Iberdrola. Patrimonio Nacional Madrid, 2010.

PALAO GIL, J.

1993 (L): "Patrimonio eclesiástico y amortización en Valencia: La catedral y la parroquia de Sant Joan del Mercat (Siglo XVIII)". AJUNTAMENT DE VALÈNCIA. Valencia. ISBN: 84-88639-13-9.

PALLADIO, A.

2008 (L): "Los cuatro libros de la arquitectura" traducido por Luisa de Aliprandini y Alicia Martínez Crespo. Editorial AKAL. Madrid. ISBN 978 84 460 2859 8

PARDO ROS, J.L.

1997 (T): "Estructuras mixtas de hormigón-madera aplicadas a la rehabilitación de forjados". Tesis de la Universitat Politècnica de València. Valencia.

IX. Bibliografía

PELÀ, L.; CERVERA, M.; ROCA, P.

2011 (A): "Continuum damage model for orthotropic materials: application to masonry ". Comput Methods Appl Mech Eng. pp. 917-30. doi:10.1016/j.cma.2010.11.010

2013 (A): "An orthotropic damage model for the analysis of masonry structures ". Comput Methods Appl Mech Eng. pp. 9957-67. doi: 10.1002/nme.495

PELÀ, L.; BOURGEOIS, J.; ROCA, P.; CERVERA, M.; CHUIMENTI, M.

2016 (A): "Analysis of the effect of provisional ties on the construction and current deformation of Mallorca cathedral". International Journal of Architectural Heritage. Pág 418-437 DOI: 10.1080/15583058.2014.996920

PEÑA MONDRAGÓN, F.

2010 (A): "Estrategias para el modelado y el análisis sísmico de estructuras históricas". Revista de Ingeniería Sísmica, num 83, pp 43-63. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, Distrito Federal, México. ISSN: 0185-092X.

PERELLÓ ROSO, R.

2015 (T): "Aproximación al comportamiento estructural de la iglesia y torre del monasterio de Santa María de la Murta". Tesis de la Universitat Politècnica de València. Valencia.

PINGARRÓN SECO, F.

1995 (L): "Las advertencias para los edificios y fábricas de los templos del sínodo del arzobispo de Valencia Isidoro Aliaga en 1631" / Estudio y transcripción de Fernando Pingarrón. Valencia 1995. ISBN: 8460534316, 99p. il.; 24 cm.

1998 (L): "Arquitectura Religiosa del siglo XVII en la ciudad de Valencia". Valencia: Ayuntamiento de Valencia 1998. ISBN: 8489747962.

PIQUERAS TEJEDOR, E.

1996 (L): "Restauración de Torre del Reloj y fachada de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia." Proyecto final de carrera dirigido por: Fernando Benavent Avila. Valencia. Universitat Politècnica de València. Escuela de Arquitectura Tècnica.

PLO Y CAMÍN, A.

1767 (L): "El arquitecto práctico, civil, militar y agrimensor". 1767. Madrid. Imprenta del Pantaleon Aznar.

POLENI, G.

1748 (L): "Memorie Istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano". Padua: Nella Stamperia del Seminario.

PONCE DE LEON, A.; FREGOSO N.

2010 (L): "Geometría Sagrada Y Arquitectura Biológica". México. ISBN 978-607-00-0900-6.

ROCA, P.

1998 (L): "Estudios de la Cripta de la Colonia Güell de Gaudí". Análisis Estructural de Construcciones Históricas II. Editorial Cimne. Barcelona.

2004 (A): "Considerations on the significance of history for the structural analysis of ancient constructions". Structural analysis of historical constructions, IV. Ediciones Lourenço y Roca. Taylor and Francis group. pp. 63-73. ISBN 04-1536-379-9

RODRIGO PERTEGAZ, J.

1924 (L): "La urbe valenciana en el siglo XIV". Valencia.

ROIG PICAZO, P.

1990 (L): "La Iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Proceso de Intervención Pictórica 1936-1990". Valencia. Editorial: Servicio de

IX. Bibliografía

Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 8477211205.

ROSELL, J.R; CANTALAPIEDRA, I.R

2011 (A): "Simple method of dynamic Young's modulus determination in lime and cement mortars".Revista Materiales. Vol. 61,301, pp: 39-48. Doi: 10.3989/ mc.2010.53509

ROSELLÓ VERGER, V. M.; ESTEBAN CHAPAPRIA, J.

2000 (L): "La fachada septentrional de la ciudad de Valencia". Valencia. Fundación Bancaja, 2000. ISBN: 8489413711.

RUBIO, J.

1912 (A): "Els Conceptes Orgànics, Mecànics i Constructius de la Catedral de Mallorca". Barcelona. Anuario Asociación de Arquitectos de Catalunya.

SAN NICOLÁS, F.L.

1639 (L): "Arte y uso de la arquitectura. Primera parte". Madrid: s.i. (fac. informático)

SEBASTIÁN LÓPEZ, S.; ZARRANZ DOMÉNECH, M.R.

2000 (L): "Historia y mensaje del templo de los Santos Juanes". Federico Domenech, S.A. Valencia. ISBN: 84-95031-22-1.

SOMMER, H.

1965 (A): "Method for Calculation of Settlements, Contact Pressures and Bending Moments in a Foundation Including the Influence of the Flexural Rigidity of the Superstructure". Proc. 6th. International Conference SMFE. Vol. II. pp. 197-201. Montreal

TEIXIDOR DE OTTO, M.J.

1976 (L): "Funciones y desarrollo urbano de Valencia". Valencia: Centro Superior de Investigaciones Científicas, 1976. ISBN: 9788400042639.

TEIXIDOR TRILLES, J.

1.895 (L): "Antigüedades de Valencia", por Fray Josef Teixidor, anotadas por D. Roque Chabás /Manuel Danvilla. Valencia.

TERRERO, J.

2000 (L): "Historia de España". Editorial Ramón Sopena, S.A., Barcelona, 1978, ISBN 84-303-1165-3.

TORNER, M.E; MÁZ, M.A.; LERMA, C.; GIL, E.

2015 (A): "Metodología para el estudio de las trazas y las relaciones intrínsecas en la Iglesia de la Asunción de Llíria". Informes de la construcción, Vol 67. ISSN-L: 0020-0883.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.118>.

TORRES BALBÁS, L.

"Ciudades Hispano-musulmanas". Instituto Hispano-árabe de Cultura. ISBN: 9788474720624

VACAS ALBALA, A.

2009 (Tesina): " Análisis sísmico de las catedrales góticas mediante el método del espectro de capacidad". Tesina de Especialitat. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona.

VILADKAR, M.N.; NOORZAREI, J.; GODBOLE, P.N.

1994 (A): "Interactive Analysis 01 a Space Frame-Raft-Soil System considering soil Non-Linearity". Computers and Structures, Vol. 51 (nº 4), pp. 343-356

VILAPLANA, D.

1996 (L): "Arte e historia de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia". Generalitat Valenciana, Consell Valencià de Cultura. València. ISBN: 84-482-1242-8.

IX. Bibliografía

VITRUVIUS POLLIO, M.

S. I (L): "De Architecturae". Libro I- Cap III

ZARAGOZÁ CATALÁN, A.

1990(T): " Iglesias de Arcos Diafragma y Armadura de madera en la Arquitectura Medieval Valenciana". Valencia. Valencia. Universitat Politècnica de Valencia.

ZARAGOZÁ CATALÁN, A.; MIRA, E.

2003 (L): "Una arquitectura gótica mediterránea". Volumen I y II. Catálogo de la Exposición. Generalitat Valenciana. Conselleria de Educación y Cultura. ISBN: 84-482-3547-9.

1990 (L): "Iglesias de Arcos Diafragma y Armadura de madera en la Arquitectura Medieval Valenciana". Tesis, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1990.

2009 (A): "Propósito de las Bóvedas de Crujería y otras Bóvedas Medievales". Anales de Historia del Arte, vol. Extraordinario. pp. 99-126. 2009.

ARCHIVOS Y BIBLIOTECAS;

Archivo Histórico Municipal de la Ciudad de Valencia

Archivo de la Catedral

Archivo de la Biblioteca Valenciana de San Miguel de los Reyes

Archivo del Regne

Archivo Diocesano de Valencia

Archivo Histórico Nacional

Conselleria de Cultura. Generalitat Valenciana

Instituto del Patrimonio Cultural de España

PROGRAMAS;

ANGLE. Programa de Análisis estructural No-lineal por elementos finitos. Autor: Adolfo Alonso Durá (Universitat Politècnica de Valencia).

ASRIX. Programa para la restitución fotográfica Autor: Steve Nickerson

AUTOCAD. Software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Autor: Autodesk.

BÓVEDAS 3D. Programa de Estática gráfica en 3D, en interfaz de Autocad. Autor: Adolfo Alonso Durá (Universitat Politècnica de Valencia).

CLOUD COMPARE. Programa de comparación y estudio de nube de puntos. Autor: Daniel Girardeau-Montaut.

ESCUADRA. Programa de procesado de nube de puntos. Autor: Adolfo Alonso Durá (Universitat Politècnica de Valencia).

MICROSOFT WORD. Procesador de texto. Autor: Microsoft.

MICROSOFT EXCEL. Programa que cuenta con funciones para el procesamiento de texto y diversas herramientas matemáticas y gráficas. Autor: Microsoft.

PTLENS. Programa para la rectificación fotográfica. Autor: Thomas Niemann

RECAP. Programa que permite crear modelos 3D a partir de escaneos láser y fotometría, con un flujo de trabajo optimizado. Autor: Autodesk.

SCENE LT. Programa de procesado de nube de puntos en 3D. Autor: FARO focus 3D

FLIR QUICK REPORT 1.2. Programa que permite organizar y analizar las imágenes radiométricas. Autor: FLIR Systems, Inc.

VV.AA;

1978(L): "Llibre del Repartiment". Vicent García Editores S.A. ISBN: 84-85094-10-7.

1983 (L): "Catálogo de Monumentos y Conjuntos de la Comunidad Valenciana: Catálogo de monumentos y conjuntos declarados e

IX. Bibliografía

incoados". Valencia: Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana, 1983. ISBN: 8450089379.

1988 (L): "Historia del Pueblo Valenciano". Valencia: Levante-EMV, 1988.

1995 (L): "Monumentos de la Comunidad Valenciana: Catálogo de monumentos y conjuntos declarados e incoados". Valencia: Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia de la Generalitat Valenciana, 1995. ISBN: 8448210700.

2002 (L): "Santos Juanes. Diversas publicaciones sobre esta Real Parroquia". Ajuntament de Valencia. Valencia. ISBN: 84-8484-047-6

2003 (A): "La piedra en el patrimonio". Revista Alzada nº 74, COAAT Granada. Julio-septiembre 2003.

2003 (L): "Metodología de diagnóstico y evaluación de tratamientos para la conservación de los edificios históricos". Granada: Junta de Andalucía, 2003. ISBN: 8482663704.

2006 (A): "Analysis of stone material damages in buildings". Recopar Nº 3. ISSN 1886-2497.

WEBS;

<http://www.valencia.es/ayuntamiento/laciudad.nsf/vDocumentosTituloAux/situacion%20geografica?opendocument&lang=1&nivel=1>

2015 (D): Google Earth, edificios en 3D.

2015 (W): <http://maps.google.com>. Ortofotos de Google.

2015 (W): <http://bv2.gva.es> Biblioteca Valenciana Digital (Bivaldi).

2011 (W): <http://www.lasprovincias.es>

2011(W): <http://www.fomento.gob.es>

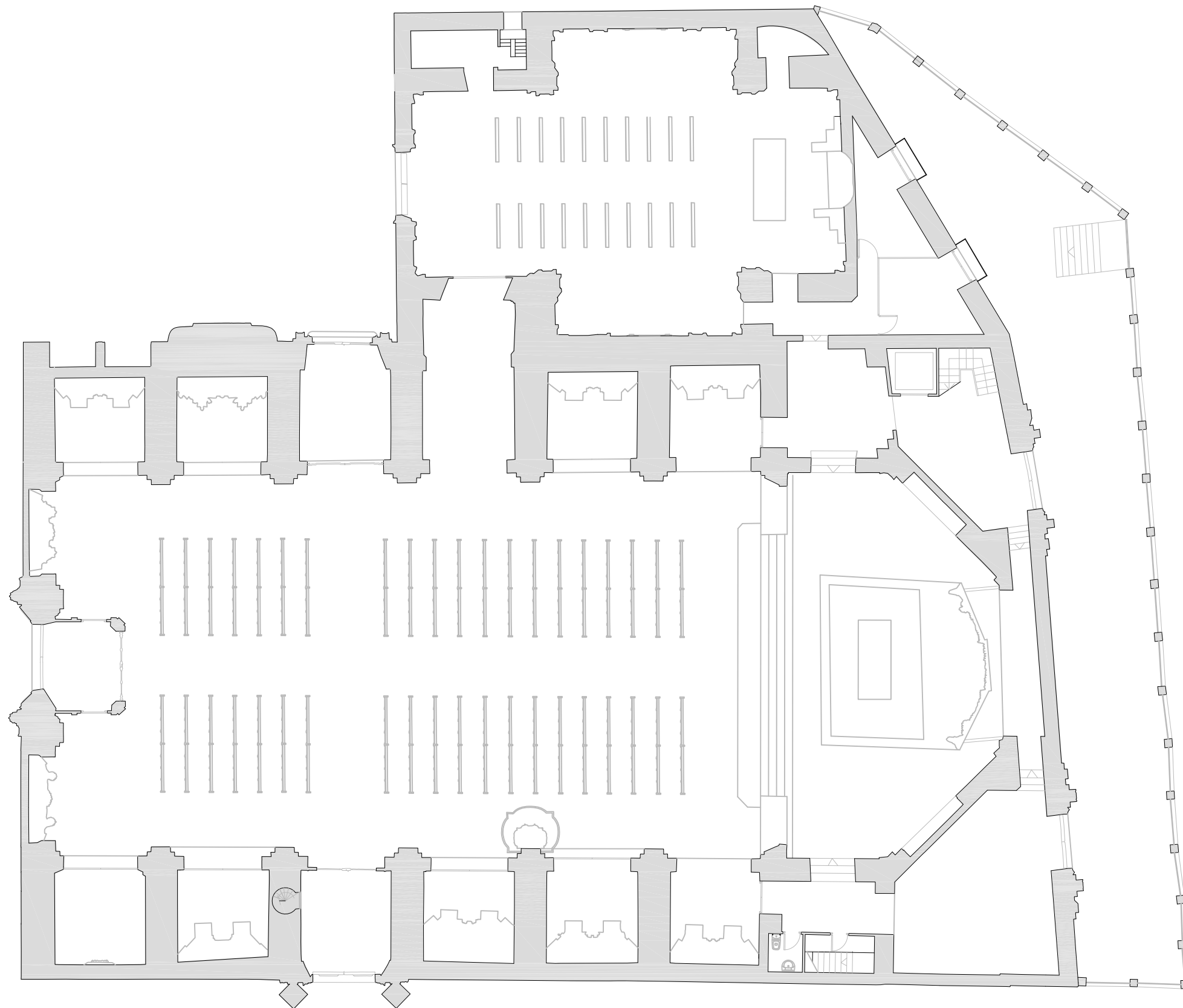
X.

ANEXO 1.

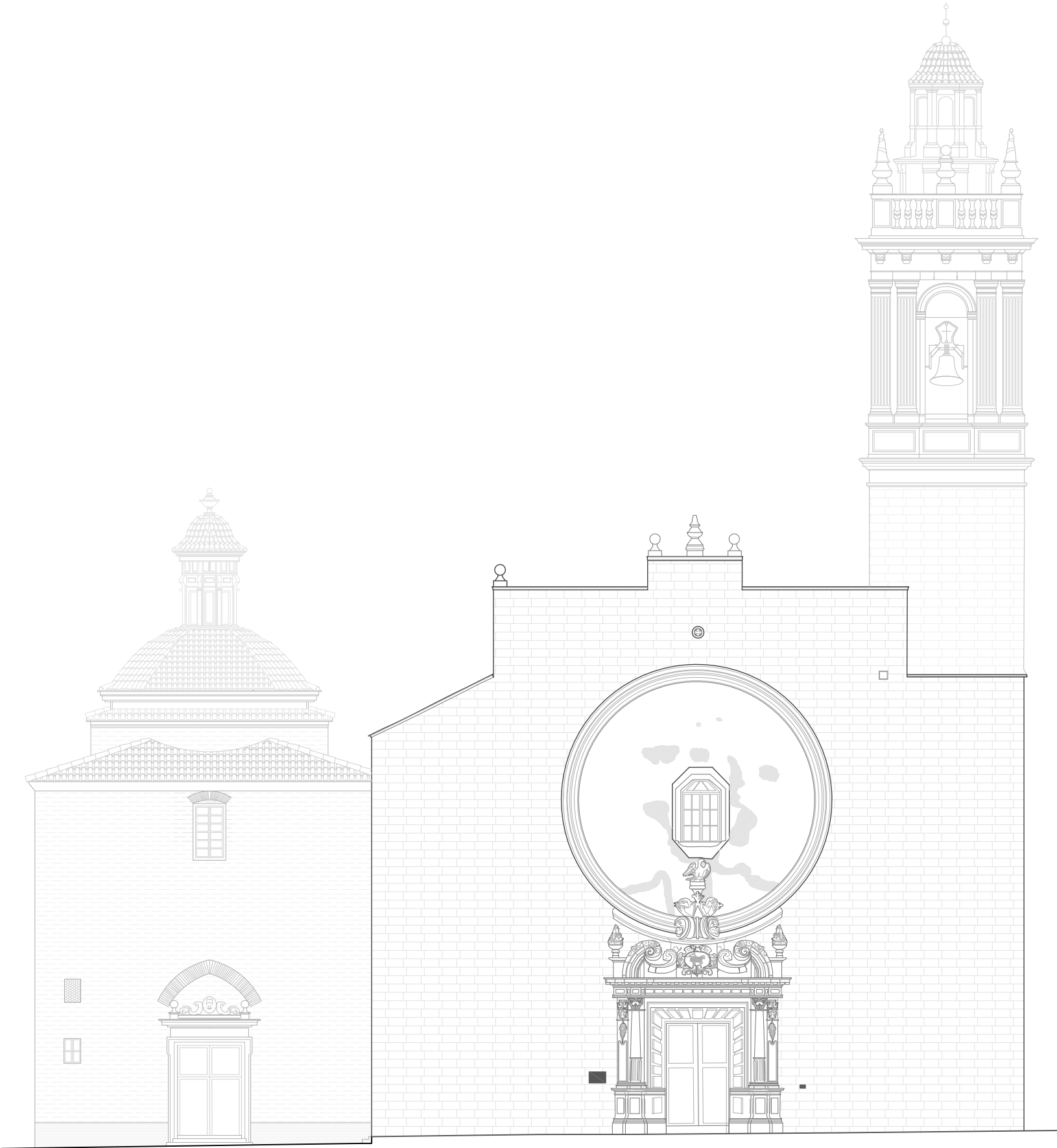
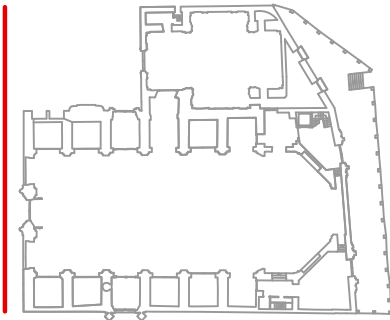
DOCUMENTACIÓN
GRÁFICA



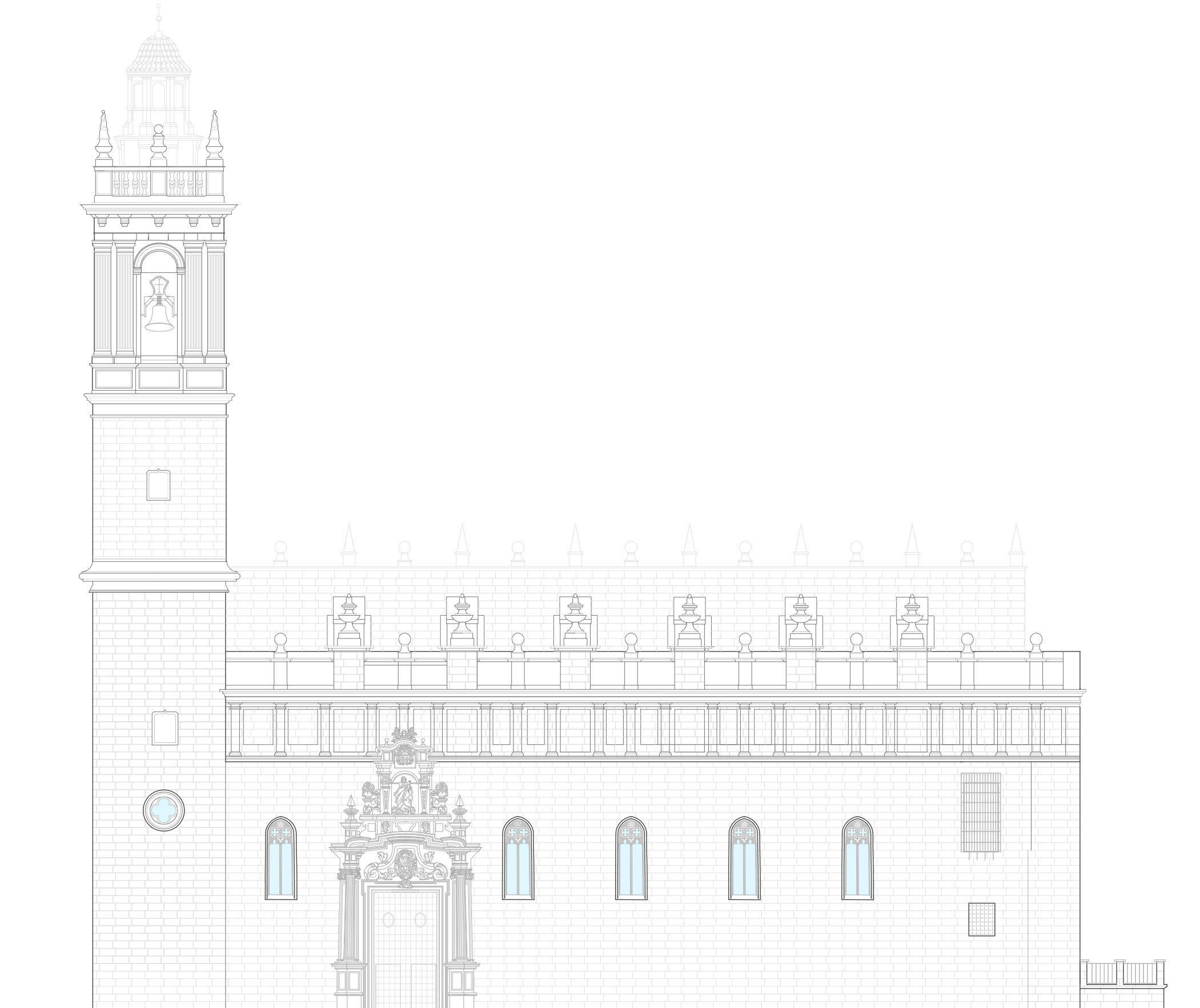
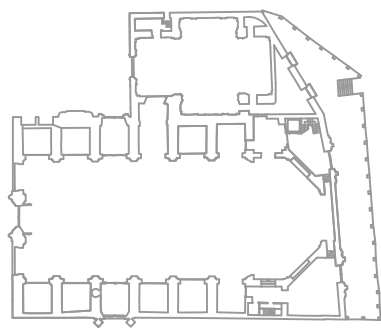
P01
PLANTA
e: 1/200



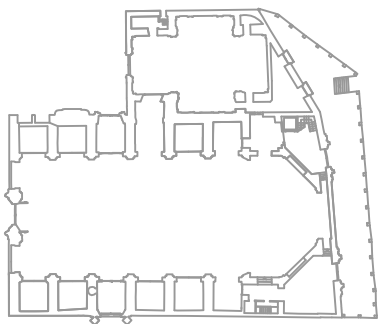
P02
PLAZA CEMENTERIO DE SAN JUAN
e: 1/200



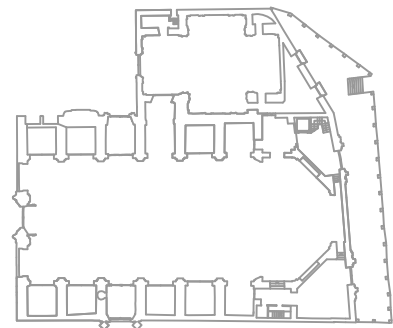
P03
ALZADO CALLE PESO PAJA
e: 1/200



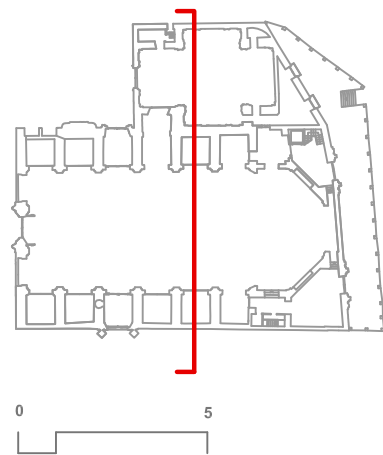
P04
ALZADO PLAZA MERCADO
e: 1/200



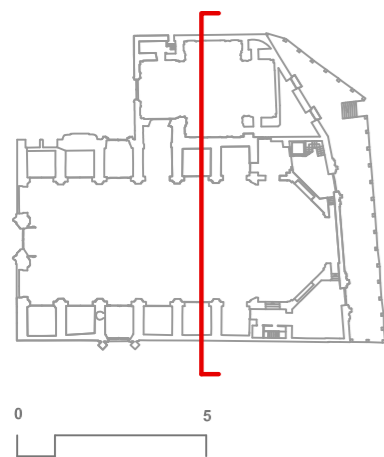
P05
ALZADO CALLE EIXARCHS
e: 1/200



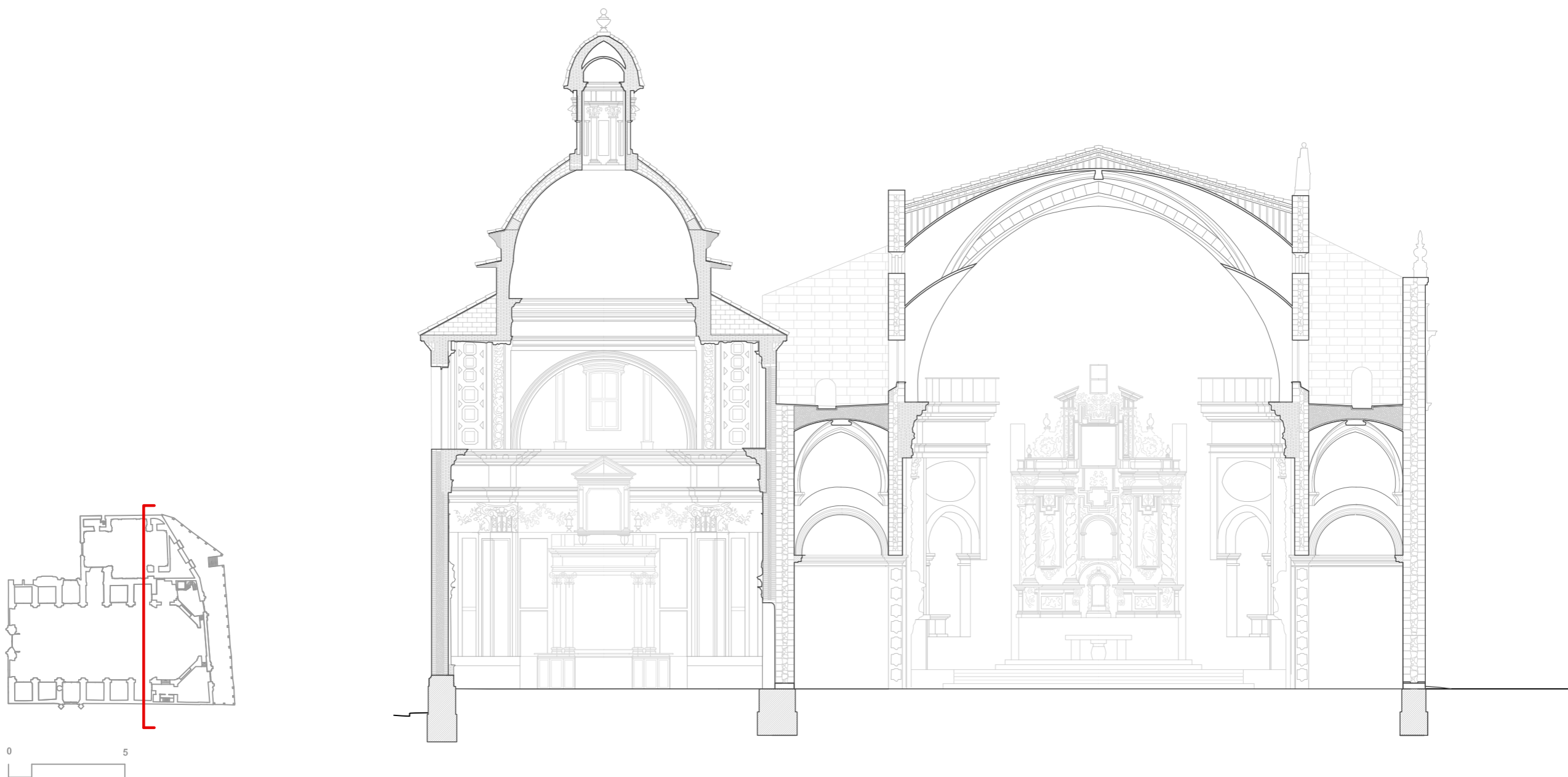
P06
SECCIÓN 1-1'
e: 1/200



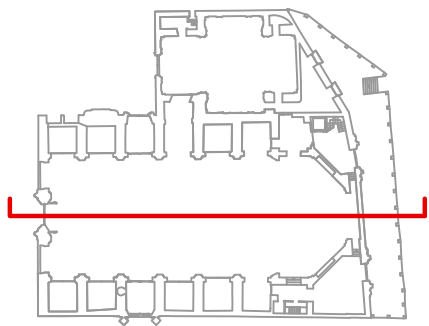
P07
SECCIÓN 2-2'
e: 1/200



P08
SECCIÓN 3-3'
e: 1/200

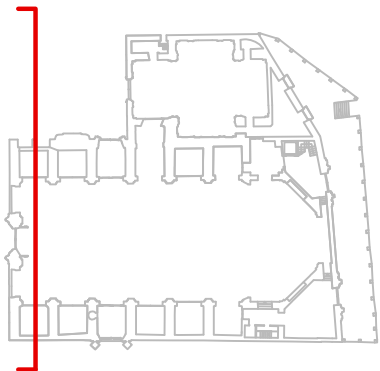


P09
SECCIÓN 4-4'
e: 1/200

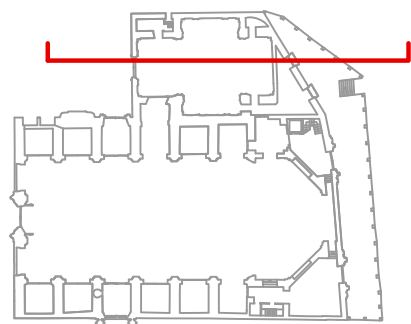


0 5

P10
SECCIÓN 5-5'
e: 1/200



P11
SECCIÓN 6-6'
e: 1/200



X.I

ANEXO 2.

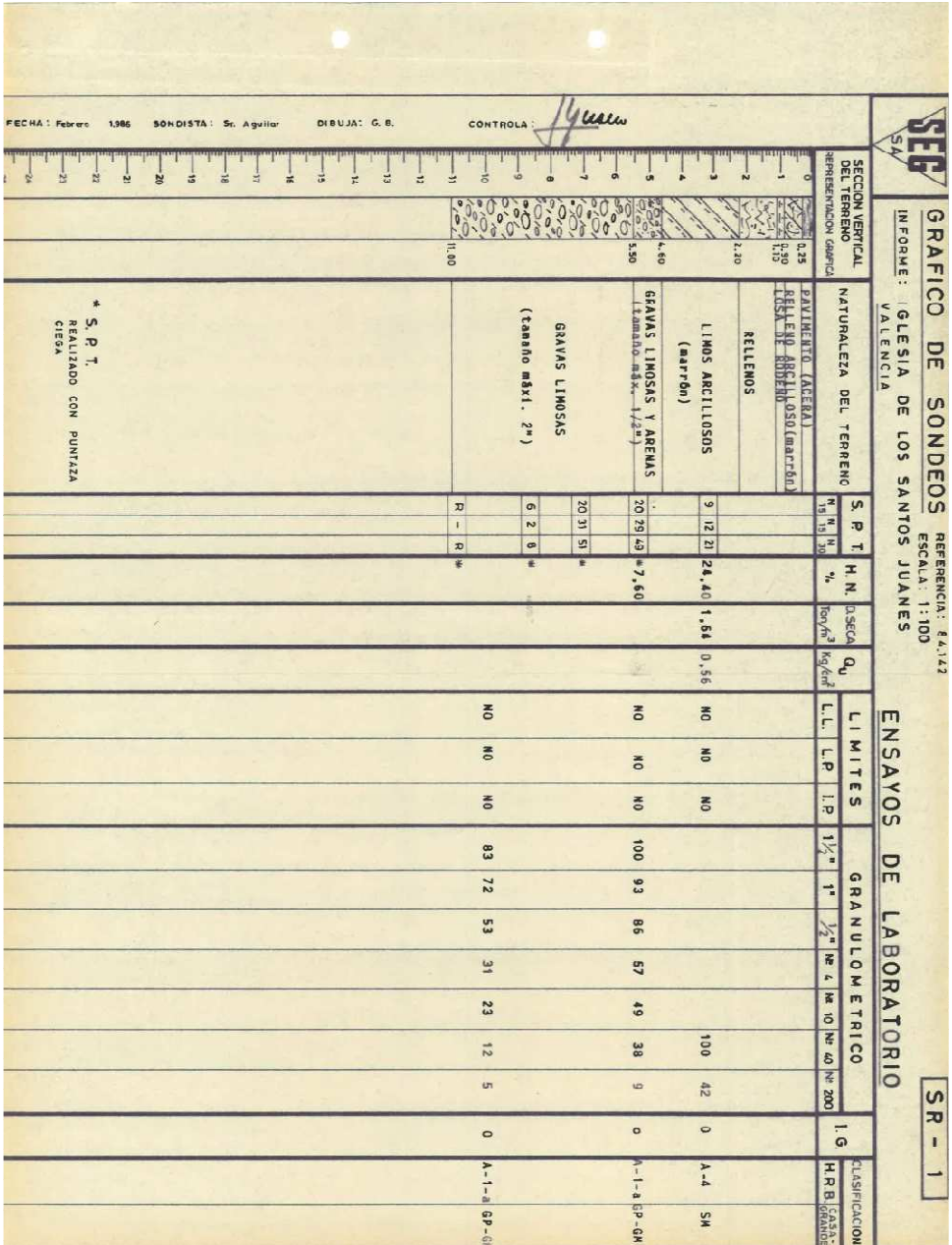
ESTUDIO

GEOTÉCNICO



XI. Anexo II. Estudio Geotécnico

11.01. Gráfico del Sondeo SR1



XI. Anexo II. Estudio Geotécnico

11.03. Gráfico del Sondeo SR3

