

## THE IMPLEMENTATION OF THE NEW TECHNOLOGIES FOR ADVANCED GRAPHIC EXPRESSION IN STUDIES CONDUCTED USING STRUCTURAL GRAPHICAL STATICS AND ITS COMPARISON WITH ARCHITECTURAL TREATISES OF THE TIME.

Garfella Rubio, José Teodoro<sup>1</sup>; Mañez Pitarch, María Jesús<sup>2</sup>, Martínez Moya, Joaquín Ángel.<sup>3</sup>

### ABSTRACT

Technological evolution has brought us new methods of analysing and studying historical architectural buildings by means of advanced graphic documentation and the use of high definition resources such as the laser scanner and the architectural photogrammetry. The application of these systems and equipment has made it possible to graphically document a number of buildings with a certain degree of thoroughness and precision, while optimising the available resources and the time required for data collection. At the same time, the need for auxiliary devices has been reduced and reliable results have been obtained at a lower cost.

Once the necessary graphic documentation has been obtained, it can be used to construct a reverse architectural model, and digital methods will then be implemented in order to apply the structural criteria of the era in which the building was constructed. This entire process will be carried out by means of graphic methods, or what is known as graphical statics, and the results will be compared. The results thus obtained can then be compared with a series of architectural treatises of the time.

In this particular case, the studies involved several examples of religious architecture constructed in the early 17th century, in the province of Castellon, Spain, and their stability and approximation have been tested by graphical statics methods applied to advanced graphical documentation by comparing them with the treatises of the time (Rodrigo Gil de Hontañón by Simon Garcia, Hernan Ruiz the younger and Blondel) and the stability of the temple itself (Koocharian - Heyman).

*Keywords: structural analysis, development of structural forms, graphical statics, advanced graphic expression, photogrammetry, 3D scanner.*

---

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño, área de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universitat Jaume I. Castellón, (ESPAÑA), garfella@esid.uji.es

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño, área de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universitat Jaume I. Castellón, (ESPAÑA), manez@uji.es.

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño, área de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universitat Jaume I. Castellón, (ESPAÑA), jomoya@uji.es.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cualquier trabajo técnico que se precie relacionado con el patrimonio y la arquitectura histórica, así como su posible preservación e intervención, desde nuestro punto de vista, debe partir entre sus premisas con una documentación exacta y rigurosa en la medida de lo posible. Este artículo pretende dar una pequeña pincelada, en busca de criterios de intervención en el patrimonio relacionados con la aplicación de nuevas tecnologías de expresión gráfica avanzada, que documenten perfectamente el edificio, alguna de ellas de alto coste y otras low-cost. Esta metodología entendemos que puede aportar cierta rigurosidad métrica y técnica a la hora de evaluar las construcciones de un modo no destructivo, abriendo un nuevo campo de análisis y comparación muy útil para poder evaluar y estudiar el estado de equilibrio y otros aspectos relacionados con el comportamiento estructural del edificio o elementos arquitectónicos.

Estos sistemas se basan en la elaboración de una documentación gráfica rigurosa a través de sistemas activos y pasivos de imagen 3D, como son el escáner y la fotografía digital, para la obtención de modelos digitales (2D ó 3D), o modelos físicos a través de arquitecturas inversas, sobre los que ensayar y aplicar soluciones teórico-prácticas, sin alterar el edificio u objeto original.

Por último a la vista de la época de construcción, se puede acudir en busca de los referentes estilísticos e históricos que pudieran haber motivado o inducido a reconocer su trazado o composición arquitectónica, todo ello basado en la tratadística arquitectónica de la época de construcción.

## 2. PROPUESTA

Para poder mostrar la experiencia en este artículo, se ha elegido una pequeña ermita situada en la provincia de Castellón, concretamente el modelo elegido ha sido la ermita de San Vicente, situada en la población de Catí, comarca del Alto Maestrazgo, Provincia de Castellón, Comunidad Valenciana (España). Se ha elegido este edificio porque ha servido de banco de pruebas del grupo de investigación, para la experimentación de los distintos sistemas de documentación avanzada y tratarse de un edificio en apariencia de pequeño porte que sorprende por su firmeza y solidez al paso del tiempo, pese al elevado estado de abandono, lo que lo hace más atractivo para su caracterización y análisis.

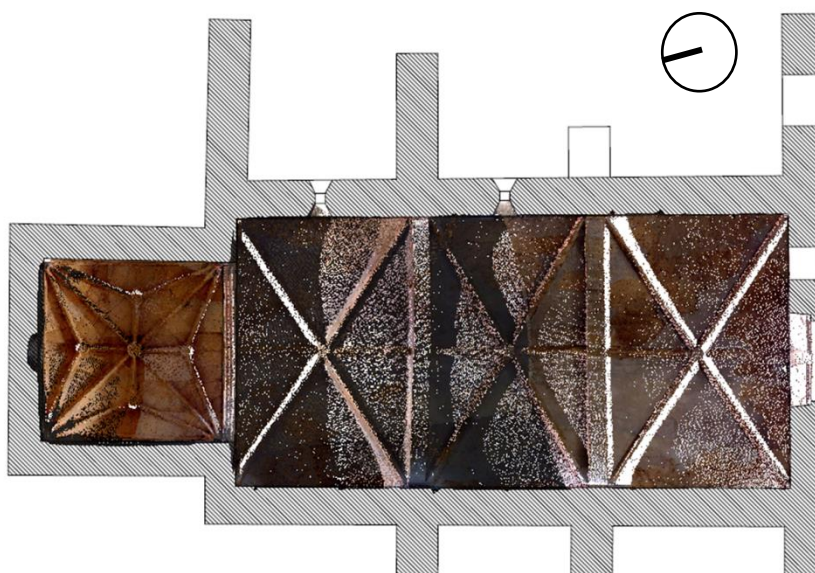


**Figura 1.** Vista general de la Ermita de San Vicente en Catí.

## 2.1. Descripción del edificio

Dicho inmueble asombra por la posición de presidencia que adquiere en lo más alto de un monte sobre la población de Catí, distante en línea recta aproximadamente unos 2,5 km. Por esta circunstancia el inmueble se ha visto expuesto a lo largo del tiempo a las inclemencias meteorológicas sobre todo del fuerte viento y la nieve en invierno, todo ello acompañado de la agresión física y expolio continuado y sin embargo ha perdurado hasta nuestros días con cierta dignidad.

La ermita, actualmente, es de titularidad municipal, consta de un cuerpo principal sensiblemente rectangular con una capilla en la cabecera. En sus inicios fue destinada al culto como ermita, posteriormente fue abandonada y usada como refugio de ovejas, actualmente está cerrada al culto en estado precario de conservación. Por su lado Este se le añadió una construcción, ahora arruinada, posiblemente destinada a ser la casa del ermitaño, hospedería o cobertizo. El conjunto está sensiblemente orientado en dirección longitudinal en sentido Norte-Sur.

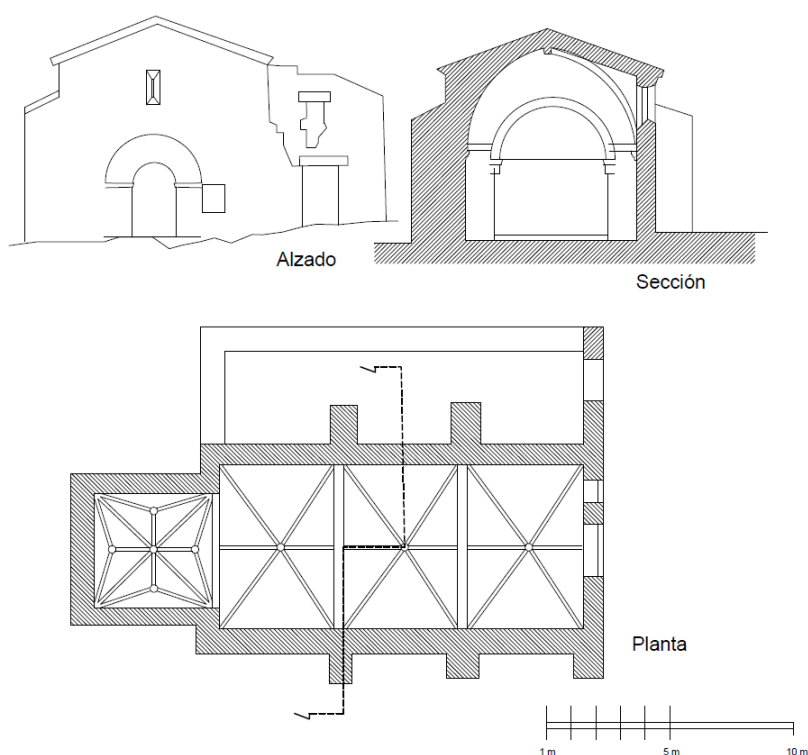


**Figura 2.** Planta cenital de la Ermita, con proyección nube de puntos.

La ermita es de una sola nave, de planta sensiblemente rectangular, más ancha y alta en los pies y más estrecha y baja en la cabecera, dividida en tres crujías o tramos, separadas por arcos perpiaños de trazado levemente apuntado, que arrancan del mismo muro a partir de unas ménsulas con volutas que nos recuerdan en todo caso los órdenes clásicos. En el exterior se observa que la fábrica es toda ella de piedra concertada o sillería, con seis contrafuertes también de mampostería, correctamente concertada que absorben los empujes de los arcos perpiaños y bóvedas. En el lado Este, ha desaparecido un estribo, por la afección en su momento de la construcción auxiliar de la casa del ermitaño. La cabecera donde se encuentra la capilla mayor se ve separada de la nave por un muro tipo piñón, sobre el que se abre un arco de medio punto moldurado apeado en ménsulas similares a la de los arcos perpiaños, siendo su planta sensiblemente cuadrangular.

Cada uno de los tramos de la nave se cubre con bóvedas de crucería simple, a las que se les añade un nervio longitudinal o espinazo, no contando con arcos formeros para el encuentro de la plementería con el muro, siendo su encuentro a hueso también con arco apuntado. Como consecuencia de la

pérdida de la capa de revestimiento de la plementería, se observa que su relleno es a base de ladrillos cerámicos colocados de canto, lajas de piedra y mortero de cal. Todas las bóvedas se cierran con claves labradas; en ellas hay representadas desde la entrada hasta la cabecera, la fecha de 1618 (año de finalización de la ermita), el Anagrama del Cristo JHS, y una cruz latina. La capilla mayor se cubre con una bóveda de crucería con terceletes siendo su nervadura más elaborada y mejor factura en su labra que las de la nave principal. La bóveda se cierra con cinco claves en los encuentros de la crucería en la que se representan motivos geométricos o vegetales similares a rosas o soles, siendo todos ellos diferentes. La plementería está formada por piezas planas de piedra labrada o sillería y dispuestas en espiga perfectamente aparejadas en sentido perpendicular a los nervios de la crucería principal.



**Figura 3.** Dibujos del alzado, sección y planta de la Ermita.

Los muros son, como antes hemos indicado de mampostería con abundante mortero de cal y revestidos interiormente por una enlucida de yeso y actualmente de cemento que acusa grietas y desconchados debidos a humedades de capilaridad e infiltración procedente de la cubierta.

Sobre las bóvedas descansa directamente la cubierta, que es de teja árabe, dispuesta a dos aguas. El alero vuela sobre los muros mediante una cadeneta formadas por una base de ladrillo cerámico macizo y doble paso de tejas.

La iluminación interior de la ermita se consigue a través de 4 huecos, dos estrechas ventanas rectangulares, doblemente abocinadas, situadas en las dos crujías de la nave más cercana a la cabecera orientadas al Este; otra de menor anchura situada sobre la puerta principal en la parte más alta de la nave y una última situada junto a la puerta principal.

En el interior ha desaparecido todo el mobiliario y decoración quedando únicamente los elementos de obra: la mesa de altar, un banco corrido a cada lado y a lo largo de toda la nave, una hornacina en el lado de la epístola, la cornisa perimetral de yeso que recoge los arranques de los nervios y el hueco dejado de la supresión del retablo sobre el altar mayor.



**Figura 4.** Ortofoto y vectorización del alzado

La fachada al Sur dispone de una puerta de medio punto de grandes sillares similar a la de la iglesia parroquial de la población de tradición románica, enmarcada por una cadeneta o cordón de piedra labrada. Junto a la portada, en el lado derecho, se abre una ventana cuadrada, protegida por una reja de hierro forjado que permite la práctica tradicional de un oratorio exterior.

La casa del ermitaño o cobertizo es una construcción añadida en el lado Este de la ermita, para lo cual tuvo que desmontarse, en parte, uno de los contrafuertes situados en la fachada principal. Las fábricas son de similares características, aunque su ejecución es de menor cuidado. Su estado de ruina impide hacerse una idea de cuál podía haber sido su composición o distribución.

## **2.2. Antecedentes**

Para la realización de este estudio se han seguido como no podía ser de otra manera las pautas que se dan para estudiar el patrimonio arquitectónico a través de los estudios previos o/y el levantamiento arquitectónico. “La Carta del Restauo”, estableció que la redacción del proyecto de restauración de una obra arquitectónica debe estar precedida de un estudio atento del monumento desde distintos puntos de vista, teniendo en consideración sus aspectos tipológicos, las apariencias y cualidades formales, los sistemas y características constructivas tanto de la fábrica original, como los añadidos y modificaciones en épocas posteriores. Además, los estudios previos deberán recopilar las investigaciones bibliográficas, iconográficas y archivísticas, con el fin de recopilar todos los datos históricos posibles.

En este caso concreto el proceso de investigación histórica documental, se ha podido realizar gracias a los protocolos notariales y libros de fábrica que obraban en el archivo parroquial y en el archivo municipal.

Por otro lado no sólo nos basamos en un completo levantamiento planimétrico y fotográfico, interpretando los aspectos metrológicos en busca de los posibles trazados reguladores y de los sistemas proporcionales, lo que nos conducirá a la verificación de las condiciones de estabilidad.

Por todo ello, la metodología que se ha desarrollado en el presente trabajo ha sido un sistema mixto de captura de información, según se justificará más adelante, que ha abarcado entre otras las siguientes actividades:

- 1.- En primer lugar la búsqueda de información histórica y geográfica de los municipios, comarca y provincia con el fin de situar los edificios en el contexto urbano, territorial, social, histórico y artístico correspondientes.
- 2.- En segundo lugar se han registrado datos bibliográficos, gráficos y archivísticos sobre el edificio. Paralelamente a ello se ha localizado información sobre el subsuelo donde se asienta el monumento, tratados de arquitectura, materiales de construcción, técnicas constructivas, oficios y personajes vinculados a la época de construcción del edificio. Todo ello con el objetivo de recopilar el máximo volumen de datos posibles sobre la ermita.
- 3.- En tercer lugar la metodología ha abarcado la toma de datos in situ de los edificios y posterior representación gráfica de los mismos, es decir un levantamiento gráfico exhaustivo. Para ello se han realizado trabajos de campo, con el objetivo de captar las características dimensionales, métricas, geométricas y gráficas de las construcciones.
- 4.- En último lugar se ha practicado una comparativa de los resultados obtenidos y se han sacado conclusiones.

### **3. OBJETIVO**

El objetivo fundamental de este estudio concreto es documentar gráficamente el edificio de modo fidedigno, mediante el empleo de sistemas avanzados de expresión gráfica arquitectónica para poder confeccionar a posteriori, un modelo físico o digital ya sea en dos dimensiones o tridimensional, sobre el cual, a la vista de los materiales con los que está confeccionado el edificio, deducir las acciones gravitatorias propias y el resto de acciones en su caso, comprobando el estado de equilibrio mediante métodos de estática gráfica convencional.

Por otro lado a la vista de los antecedentes históricos, avanzar hipótesis de aproximación al modelo teórico empleado para su construcción basados en métodos evidentemente gráficos, comparándolos con los tratados de arquitectura de la época, lo que nos dará una aproximación del sistema constructivo empleado.

### **4. METODOLOGÍA**

El trabajo fundamentalmente ha consistido en la elaboración de una documentación gráfica compleja mediante el empleo de técnicas avanzadas, basadas por un lado en la captación de elementos mediante sensores pasivos de imagen 3d (radiaciones luminosas no ionizadas) como son a través de la fotografía tipo low-cost y por otro lado mediante el empleo de sistemas activos de imagen (luz codificada) a través del empleo del escáner 3D y la estación total. Con lo que conseguimos reproducir de manera fidedigna la envolvente arquitectónica del edificio.

Para realizar este estudio se han empleado también métodos tradicionales tales como el croquis a mano alzada, apoyado en equipamiento tradicional como son el flexómetro, los distanciómetros, los niveles, las plomadas y el peine perfilador al objeto de poder vectorizar o poder escalar los datos de campo.



Figura 5. Toma de datos del interior del edificio

Pero fundamentalmente se han empleado sistemas de última generación basados en la fotogrametría, lo que nos ha permitido realizar la rectificación de fotografías digitales mediante software específico creando imágenes tridimensionales como nube de puntos y mallas espaciales que nos definen con exactitud el edificio generando imágenes tridimensionales y mallas tridimensionales de puntos... Todo captado a través de una cámara fotográfica digital de 10,2 Mega píxeles, y otra de 24 Mpx. con un objetivo convencional comprendido entre los 18-135 mm. Con apertura focal de f/3.5-5.6. y un gran angular con un objetivo 8 - 16 mm. y con apertura focal de f/ 4,5 - 5,6 con apertura focal de f/3.5-5.6. y un gran angular marca Sigma con un objetivo 8 - 16 mm. y con apertura focal de f/ 4,5 - 5,6.

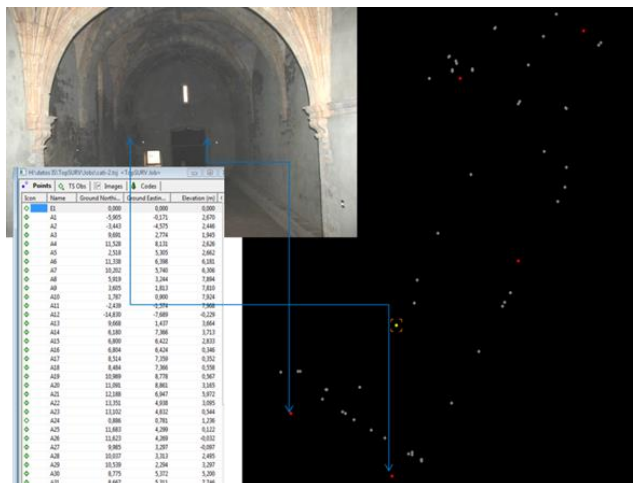


Figura 6. Toma de coordenadas.

Otra de las técnicas utilizadas ha sido el levantamiento mediante escáner 3D y equipo de apoyo topográfico consistentes en el empleo de un estación total láser de lectura sin prisma de reflexión directa con una Precisión de 3" (1,0 mgon), una estación total laser de imagen con dos cámaras digitales internas panorámicas y una resolución aparente equivalente a 4.8 Mp, con medición sin prisma con precisión angular  $\pm 3''$  y por último un escáner terrestre 3D basado en pulsos, láser invisible de clase uno de largo alcance, y precisión de 4 mm en un rango de escaneo hasta 150 m y angular de 6" (2,0 mgon), asociado con una cámara digital de 2.0 Mega píxeles integrada, alineada coaxialmente.

Una vez conseguida toda la nube de puntos se puede mediante el empleo de software especializado proceder a la orientación de los diferentes escaneos e integración de los datos fotogramétricos y topográficos obtenidos, confeccionando una serie de vistas del edificio, incluido la confección de planos normales.

Por último se han utilizado sistemas SfM (Structure for Motion) o sistemas de levantamiento gráfico de bajo coste mediante el uso de fotografías y distintos software comerciales que permiten, al igual que los sistemas anteriores, editar tanto imágenes tridimensionales como mallas o nubes de puntos de una manera sencilla. A partir de los datos tridimensionales obtenidos se han podido realizar planos de alzados, plantas y secciones y maquetas mediante distintos sistemas de impresión 3D.



**Figura 7.** Vista perspectiva cónica aérea de la nube de puntos una vez registrada

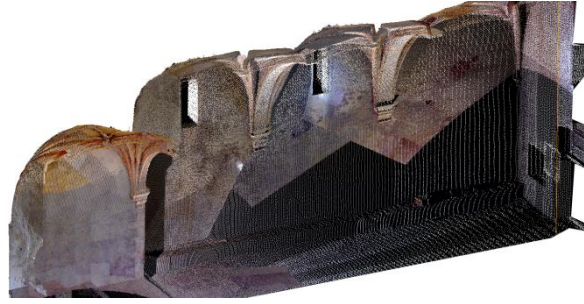


**Figura 8.** Vista isométrica lateral del edificio a través de la nube de puntos



**Figura 9.** Vista seccionada longitudinalmente edificio a través de la nube de puntos

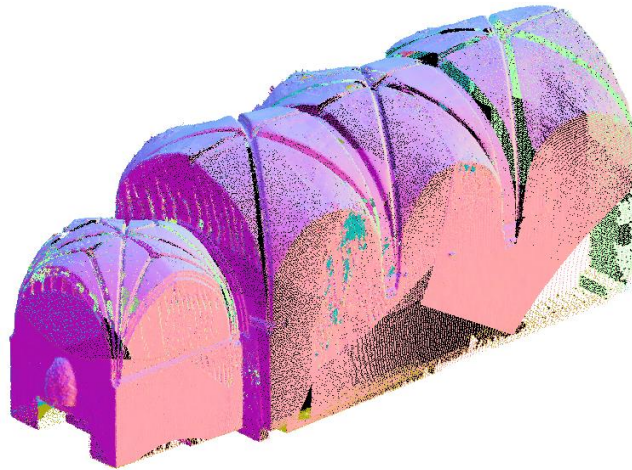




**Figura 10.** Vista isométrica de corte seccionado longitudinalmente a través de la nube de puntos

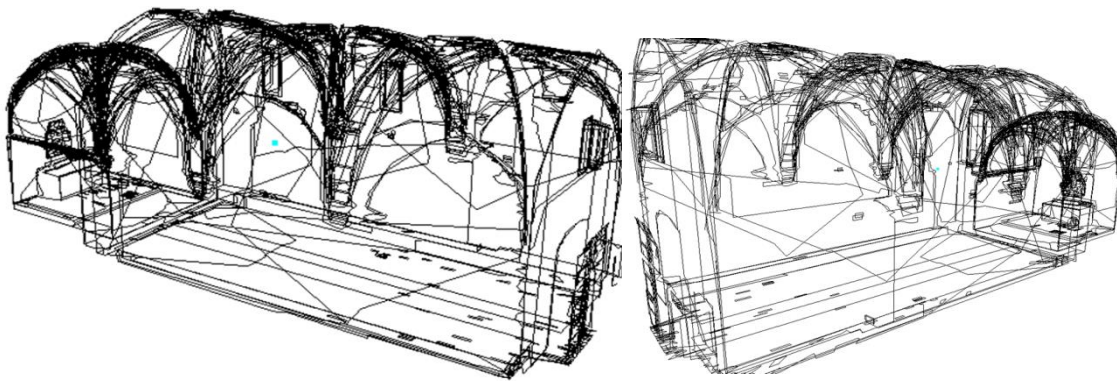


**Figura 11.** Vista sección transversal a través de la nube de puntos

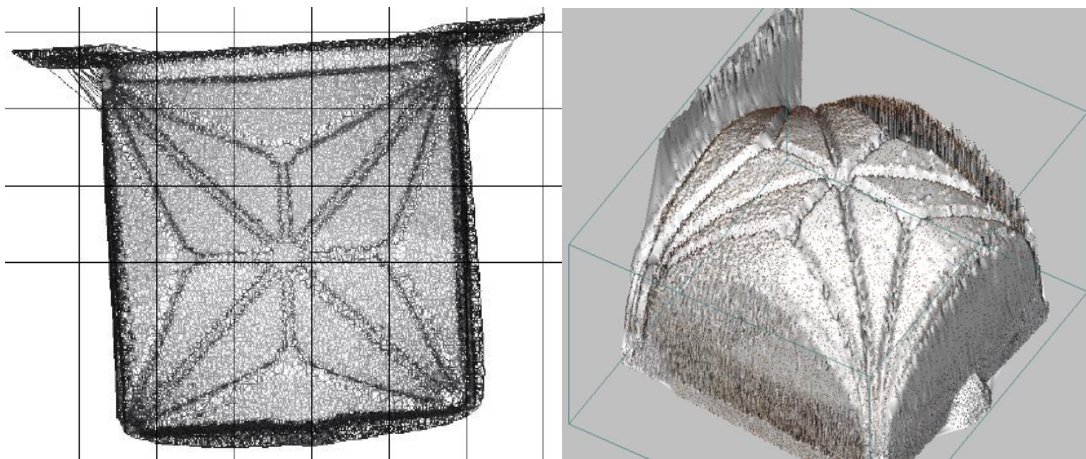


**Figura 12.** Vista isométrica de los planos normales

Una vez registradas las nubes de puntos e indicadas las coordenadas en su caso, podemos proceder a la vectorización de los planos fundamentales o la confección de contornos de delimitación de borde de las nubes de puntos en relación con la intensidad de reflexión del láser escáner y a la construcción de un modelo sólido o virtual mediante la recreación de mallas o TIM (Malla Triangular Irregular).



**Figura 13.** Vectorización contorno de bordes.



**Figura 14.** Modelizado de una parte de la cabecera del edificio mediante la confección de mallas TIM sobre la nube de puntos

## 5. RESULTADOS

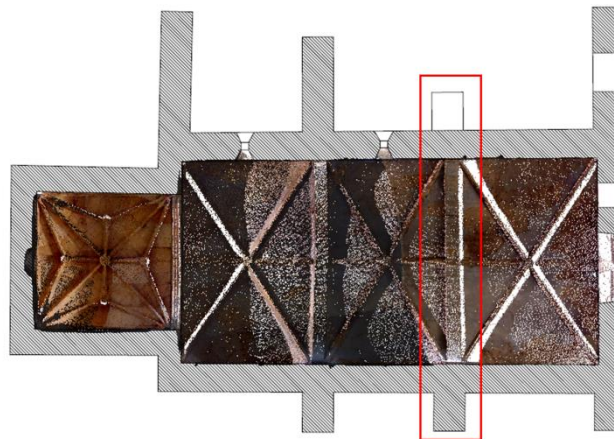
Una vez documentado el edificio por los métodos antes citados y tomadas varias muestras de los materiales que componen la fábrica, que en este caso son básicamente tejas cerámicas, mampostería principalmente de caliza, ladrillo y mortero de cal, se han trasladado al laboratorio a los efectos de ensayar las propiedades físicas fundamentales, obteniendo principalmente el peso propio a los efectos de evaluar las cargas estáticas del propio edificio.

Por otro lado este estudio pretende analizar a la vista de los antecedentes históricos y de los tratados de arquitectura propios del momento en el entorno del primer cuarto del S XVII, la geometría arquitectónica deducida de nuestro edificio por los métodos antes señalados con la que promulgan algunos de los tratados de la época de construcción del edificio y de este modo poder comparar el resultado con alguno de los tratados arquitectónicos de la época.



**Figura 15.** Toma de muestras de materiales empleados en la construcción de la obra, para su análisis.

Para confeccionar este pequeño estudio comparativo se han elegido 2 tratados, el de Rodrigo Gil de Montañón y el de Hernán Ruiz el joven, la regla del tercio o Blondel y por último el método de Koocharian/ Heyman basado en la estática gráfica. Para ello vamos a seleccionar un arco y su estribo, tomando una anchura de banda total de 1 m.



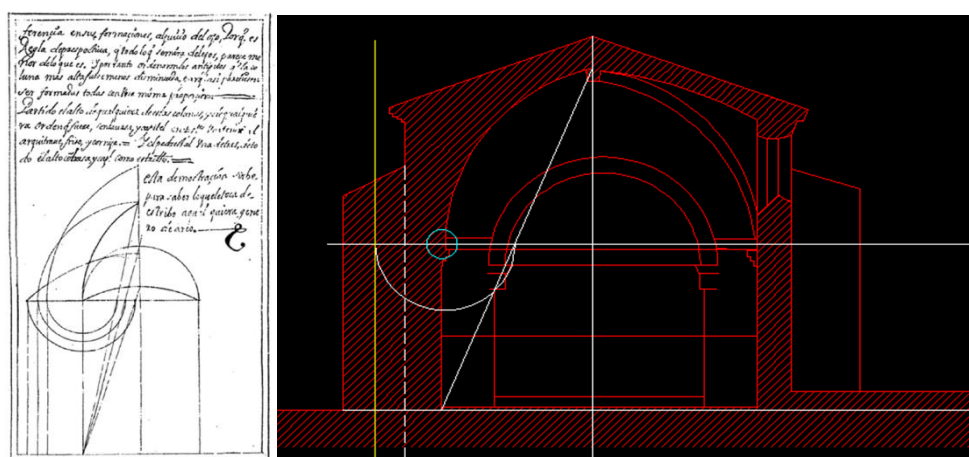
**Figura 16.** Zona decidida para su análisis.

El de Rodrigo Gil de Hontañón (1500–1577), posiblemente el arquitecto español más importante y prolífico del siglo XVI. Hijo de un conocido maestro constructor gótico, Juan Gil de Hontañón, su familia fue de constructores durante varias generaciones. Por tanto heredó la tradición constructiva gótica, si bien esto no le impidió asimilar el nuevo vocabulario arquitectónico, siendo también uno de los principales maestros del plateresco. El tesoro de experiencia acumulada, procedente de la tradición gótica, y sus propias observaciones y reglas, quedaron registrados en un Tratado manuscrito que no llegó a publicar.

No se conserva el original que aparentemente permaneció en la fábrica de la catedral de Salamanca. Fue copiado en 1681 por Simón García, antes de desaparecer, incluyéndolo en su Compendio de Arquitectura y Simetría de los Templos. La fecha del manuscrito original de Rodrigo Gil sólo puede deducirse a partir de referencias internas; basándose en estas, Sanabria lo sitúa entre los años 1544 y 1554. El manuscrito se ocupa de los principales aspectos del proyecto y la composición de los templos, tratando de establecer sus proporciones y dimensiones correctas. El método empleado por Rodrigo Gil es muy sistemático. En primer lugar calcula la superficie que ha de tener la iglesia, en función del

número de habitantes, el tamaño de la sepultura y de una previsión del crecimiento de la población conocida la superficie, pasa a determinar las trazas generales del templo, la malla geométrica en la que se sitúan pilares, paredes y estribos. Para ello emplea dos métodos: uno clásico, basado en la doctrina de las proporciones del cuerpo humano de Vitruvio, y otro gótico mediante trazados geométricos. Al primero lo denomina «por analogía», al segundo «por ieometria». Por último, aplica una serie de reglas o fórmulas para calcular las dimensiones de los elementos estructurales: pilares, estribos, bóvedas y torres.

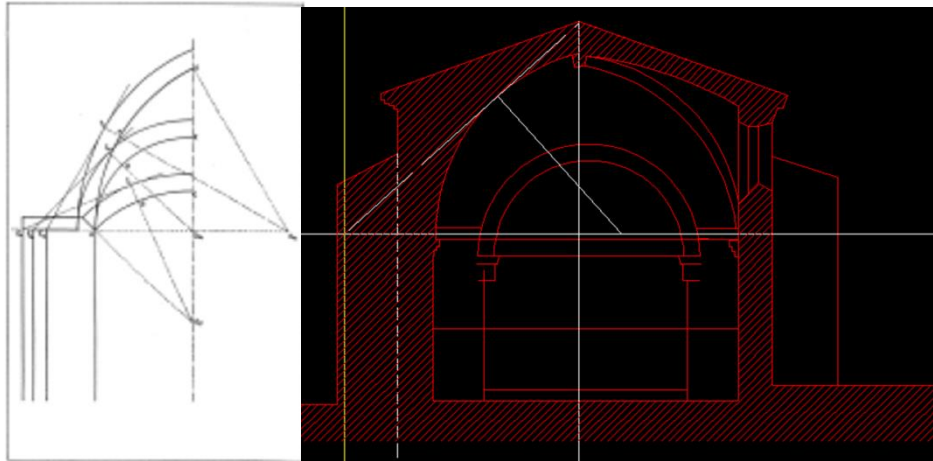
En nuestro caso aplicaremos la regla nº 4, Contrafuerte para cualquier tipo de arcos. La regla aparece al final del capítulo 16, 'Reglas generales para disminuir las columnas'. La regla consiste en un dibujo, análogo al de la regla número 3. En la figura aparecen representados tres tipos de arcos, apuntado, de medio punto y rebajado, representados por sus líneas de intradós, cubriendo la misma luz. Dada una altura, representada por un punto sobre la vertical que pasa por el arranque del arco, el contrafuerte de cada uno de ellos se obtiene uniendo el punto medio de la curva de intradós con dicho punto.



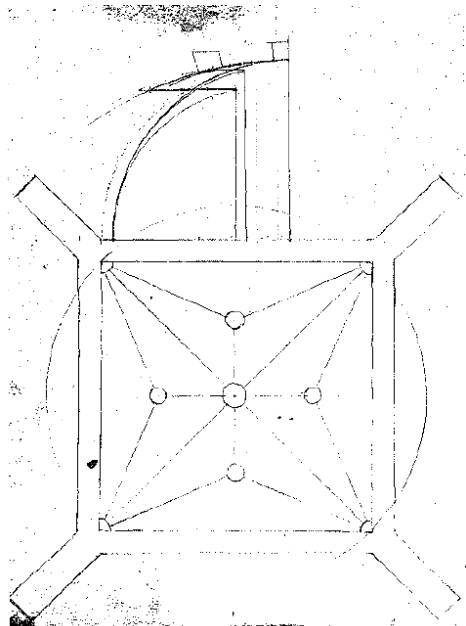
**Figura 17.** Regla nº 4 Rodrigo Gil de Montañón y resultado aplicado a la ermita.

El tratado de Hernán Ruiz el joven, se trata de un manuscrito que posee la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid. El manuscrito lleva en sí parte de su propia historia, pues habiéndose escrito en el siglo XVI, fue pasando por varias manos, hasta que en el siglo XVII se puso a la venta en un precio de 1.200 reales de vellón. Junto a esta cantidad, consignada en la contratapa delantera, se lee lo siguiente: «Contiene además del texto 150 hojas llenas de dibujos muy bien hechos. Créese hayan sido de J. de Herrera.» Esta indicación está motivada por la presencia de unos dibujos que no son de Hernán Ruiz, pero que tampoco pueden atribuirse, sin más, a Herrera, si bien es cierto que están en la línea de lo escurialense. Estos dibujos se debieron agregar tardíamente al repertorio inicial de Hernán Ruiz, cosándose todos en un mismo volumen. Algunos de ellos no llegan más que a un simple y pequeño papel. El hecho es que en 1693 había adquirido ya este manuscrito un tal Francisco Sánchez Martínez, estampando su firma en varios lugares. Perdido en el tiempo hasta que aparece en la biblioteca de Carderera, de donde pasó a la de don Manuel Gómez-Moreno. Finalmente, lo adquirió la Escuela de Arquitectura de Madrid; esta obra había permanecido inédita. En cuanto al contenido del manuscrito, cabe decir que abarca cuantas disciplinas es presumible encontrar en una obra de este

tipo, donde se dan cita aquellos saberes que fundamentan el múltiple conocimiento del arquitecto renacentista. Para este caso concreto de análisis siguiendo las especificaciones del tratado, se traza una tangente por el punto medio del trasdós del arco y el punto de corte con la línea de los arranques da el estribo.

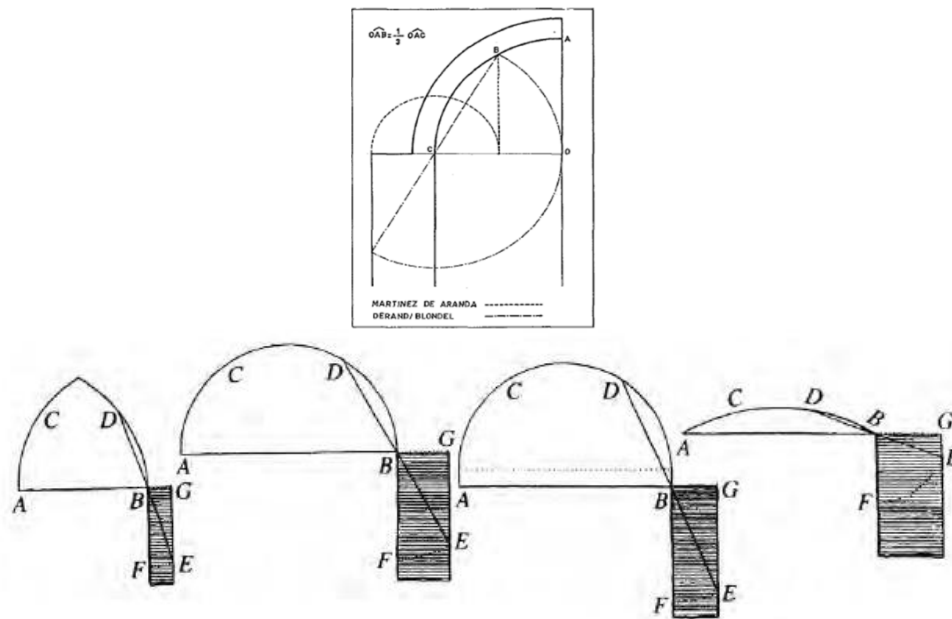


**Figura 18.** Regla Hernán Ruiz el joven y resultado aplicado a la ermita.

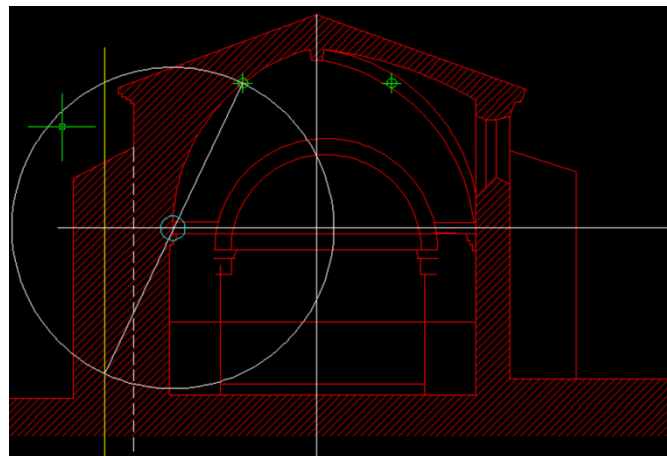


**Figura 19.** Plano de planta tratado Hernán Ruiz el Joven (1560).

Por último empleamos la regla de Blonde o del tercio, en 1643 François Derand publicó una regla geométrica que permitía dimensionar el espesor de los estribos para que aguantaran el empuje del arco. Esta regla recibirá el nombre de Regla de Blondel, popularizada tras su aparición en el curso de Blondel y recogida en numerosos tratados de los siglos XVII y XVIII



**Figura 20.** Regla simplificada de Martínez de Aranda y regla de Blonde para distintos tipos de arcos.



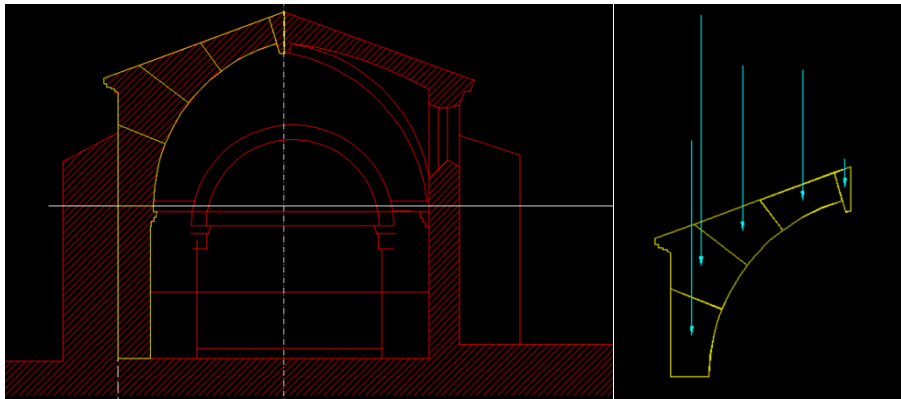
**Figura 21.** Regla de Blonde aplicada a nuestro caso.

Para finalizar comprobaremos y contrastaremos el equilibrio por el método de la estática gráfica de Kooharian/ Heyman, partiendo de la premisa de considerar la estructura de fábrica formada por un material rígido-unilateral, que resiste compresiones pero no resiste tracciones. Es decir, imaginamos la fábrica como un conjunto de bloques indeformables en contacto seco y directo que se sostienen por su propio peso. Supondremos también que las tensiones son bajas, no habiendo peligro de fallo por resistencia, y que el rozamiento entre las piedras es suficientemente alto como para impedir su deslizamiento. Estas tres hipótesis dan lugar a los Principios del Análisis Límite de las Fábricas:

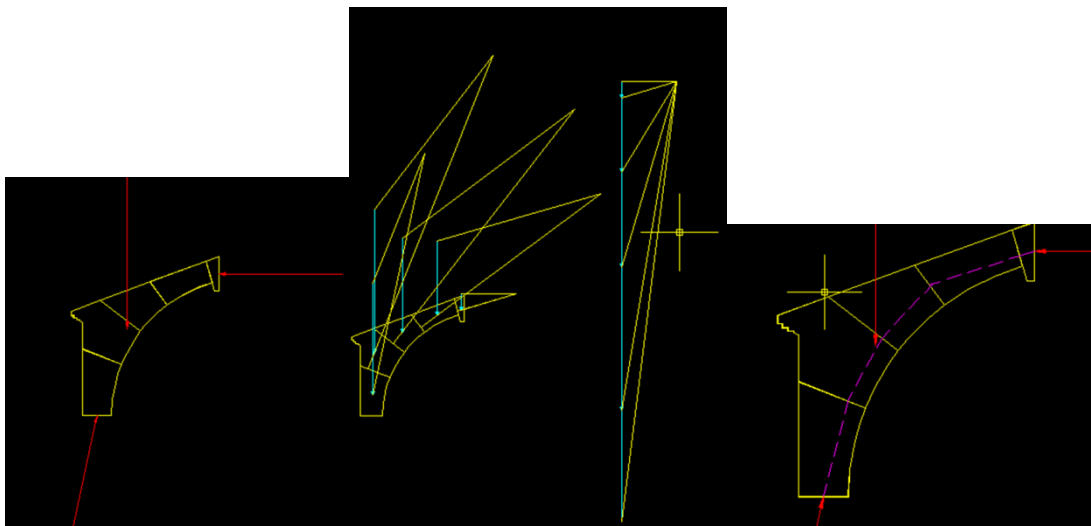
- (1) la fábrica presenta una resistencia a compresión infinita;
- (2) la fábrica tiene una resistencia a tracción nula;

(3) el fallo por deslizamiento es imposible

Para ello despiezamos la arcada y aplicamos el peso propio obtenido de los ensayos de material



**Figura 22.** Despiece en dovelas y pesos propios aplicado en el CDG.



**Figura 23.** Resultantes y reacciones, reparto de cargas y línea de presiones en nuestro caso.

## 6. CONCLUSIONES

A la vista de la metodología empleada entendemos que es adecuada para poder documentar gráficamente cualquier edificio.

Que el dimensionado de los estribos de la obra original se confeccionaran posiblemente basándose en proporciones, reglas o métodos gráficos.

La envolvente según la comparación con los tratados analizados cumple en todos ellos si se dispone de los contrafuertes, cosa que se ha constatado dado que el edificio pese a todas las inclemencias,

expolios y agresiones se mantiene en pie con cierto porte y dignidad, pese a sus múltiples patologías que aconsejan una pronta intervención.

En aplicación de la estática gráfica también cumple por encontrarse el diagrama de esfuerzos dentro de la pieza.

Según la tratadística empleada, la más ajustada en tiempo y características formales es la de Hernán Ruiz el joven. Si bien dudamos que el autor de la obra tuviera conocimiento del referido tratado o regla.

Por último indicar que la obtención del modelo virtual y la malla tipo TIM, nos posibilitaría la reconsideración estructural del modelo por métodos numéricos de cálculo por medio de elementos finitos, campo objeto de otro análisis.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universitat Jaume I y al Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño, área de expresión gráfica arquitectónica por su colaboración y la dotación necesaria para poder realizar este trabajo y al Ayuntamiento de Catí por su atención y las facilidades prestadas.

## **REFERENCIAS**

- [1] BOIRA Y MUÑOZ, Pascual. Les neveres de la provincia de Castello l'ús y el comerç de la neu a les comarques castellonenques. Vinaroz 2012
- [2] CELMA, Francisco. Historia del Santuario de Nuestra Señora de la Misericordia de la Fuente de la Vella. Valencia. 1759.
- [3] GARCÍA EDO, Vicente, VENTURA RIUS, Albert, El primer mapa del peino de valencia 1568-1584. Universidad Jaume I. Castellón 2007
- [4] GARCÍA LISÓN, Miguel, ZARAGOZA CATALÁN, Arturo. La ermita de San Vicente de Catí... "Boletín del Centro de estudios del Maestrazgo". Centro de Estudios del Maestrazgo boletín nº20 Octubre-diciembre (1987), p.31-37.
- [5] GARFELLA RUBIO, José Teodoro, MAÑEZ PITARCH, María Jesús. CABEZA GONZÁLEZ, Manuel, SOLER ESTRELA, Alba. La documentación gráfica a través del empleo de metodologías avanzadas de fotogrametría y escáner 3d. Colexio Oficial de Arquitectos de Galicia. Actas del 4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios PATORREB 2012. 2012, ponencia P04-04. ISBN: 978-84-96712-49-2.
- [6] GARFELLA RUBIO, Jose Teodoro, MÁÑEZ PITARCH, María Jesús. Studio della correlazione tra la documentazione storica e documentazione grafica applicata allo studio e l'analisi della Ermita de San Vicente Ferrer (1610-1618). Perugia. 2013 Il Convegno Internazionale AID Monuments., Vol I Pag 196-206. ISBN: 978-88-548-6506-8.



- [7] HEYMAN, Jacques, El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica. Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid(1995).
- [8] HEYMAN, Jacques, Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid (1995).
- [9] HUERTA, Santiago, Arcos, bóvedas y cúpulas, Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Madrid (2004).
- [10] HUERTA, Santiago. Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España ca.1500 ~ca.1800. Tesis. Madrid. 1990. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- [11] MELIA I LLORENS, Antoli, la vila de Cati i el seu pelegrinatge a Sant Pere de Castellfort.Universidad Jaume I. Castellon 2010
- [12] NAVASCUÉS PALACIO, Pedro. El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven. Estudio y edición crítica. 1974. Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
- [13] PUIG PUIG, Juan, historia breve y documentada de la real villa de Catí. Diputación de Castellón. Castellón 1998.
- [14] PUIG, Juan. Canteros de Catí. “Boletín de la Sociedad Castellonense de Cultura” Sociedad Castellonense de Cultura. BSCC., T. XXIV, nº1(1948), p.15-32. ISSN 0210-1475.
- [15] SEGUI CANTOS, Jose. Poder político, iglesia y cultura en Valencia (1545-1611). Resumen de tesis. Valencia 1991. p.199-212
- [16] VIDAL, Francisco. Historia de la portentosa vida y milagros de San Vicente. Valencia. Esteban Dolz 1735.
- [17] Página oficial del Ilmo. Ayuntamiento de Catí, [www.Cati.es](http://www.Cati.es), autor Joaquim Carbó Miralles