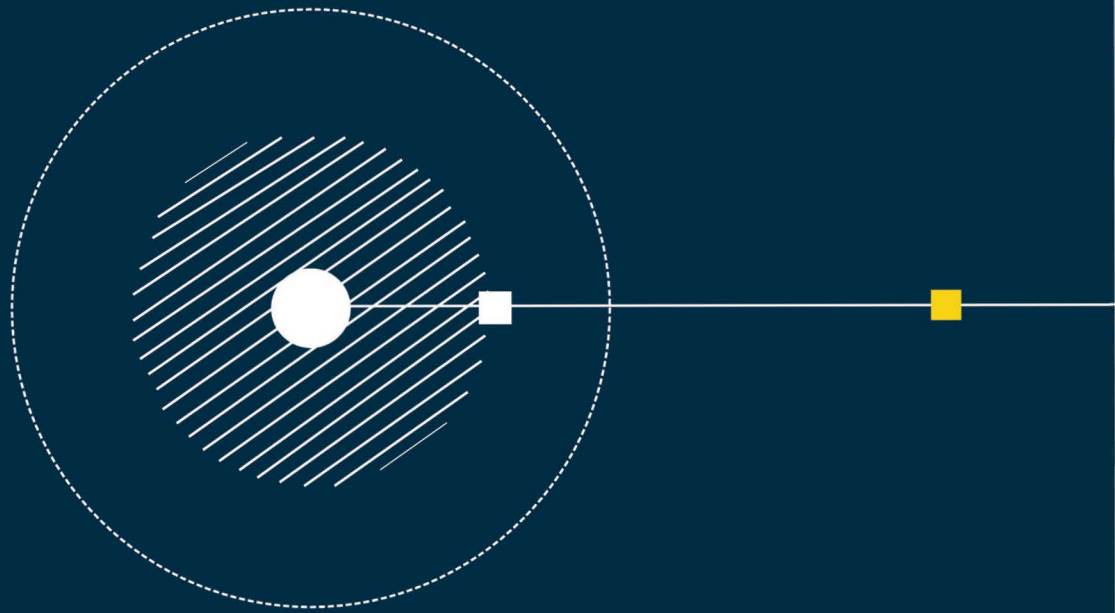


Patricia Wanderley Ferreira Lopes

Modelos Digitales de Información - SIG y Grafos- aplicados en el patrimonio.

La fábrica edilicia en el antiguo reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna



Director: Francisco Pinto Puerto

Codirectores: Juan Clemente Rodríguez Estevez y Luis Galindo Pérez Azpillaga

Escuela Técnica Superior de Arquitectura | Universidad de Sevilla

Modelos Digitales de Información – SIG y Grafos – aplicados en el patrimonio.
La fábrica edilicia en el antiguo reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna

Digital Information Models – GIS and Graph – applied to heritage.
The building factory in the ancient kingdom of Seville during the transition to the Modern Age

Tesis doctoral | Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla

Autor: Patricia Wanderley Ferreira Lopes

Director: Francisco Pinto Puerto
Codirectores: Juan Clemente Rodríguez Estévez y
Luis Galindo Pérez Azpillaga

MODELOS DIGITALES DE INFORMACIÓN – SIG Y GRAFOS – APLICADOS EN EL
PATRIMONIO. LA FÁBRICA EDILICIA EN EL ANTIGUO REINO DE SEVILLA EN EL TRÁNSITO
A LA EDAD MODERNA

DIGITAL INFORMATION MODELS – GIS AND GRAPH – APPLIED TO HERITAGE.
THE BUILDING FACTORY IN THE ANCIENT KINGDOM OF SEVILLE DURING THE
TRANSITION TO THE MODERN AGE

Tesis Doctoral

Doctorado en Arquitectura

Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla

Doctoranda: Patricia Wanderley Ferreira Lopes

Director: Francisco Pinto Puerto

Codirectores: Juan Clemente Rodríguez Estévez y Luis Galindo Pérez Azpillaga



UNIVERSIDAD DE SEVILLA



HAR2012-34571 | HAR2016-78113-R | HAR2016-76371-P



Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica
Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Título:

Modelos Digitales de Información –SIG y Grafos – aplicados en el patrimonio. La fábrica edilicia en el antiguo reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna

Autora:

Patricia Wanderley Ferreira Lopes

Director:

Francisco Pinto Puerto

Codirectores:

Juan Clemente Rodríguez Estévez y Luis Galindo Pérez Azpillaga

Línea de Investigación de Programa de Doctorado:

LT2 Patrimonio, rehabilitación y obsolescencia en arquitectura y urbanismo

Año:

2018



Tribunal nombrado por el Sr. Rector de la Universidad de Sevilla, el día.....
de..... de 20....

Presidente:

Vocal:

Vocal:

Vocal:

Secretario:

Suplente:

Suplente:

Realizado el acto de defensa y lectura de Tesis el día..... de.....de.....
en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Calificación.....

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

Diseño de cubierta e interiores: la autora



A todos los compañeros de este viaje y,
en especial, a los míos

RESUMEN

La presente tesis doctoral aborda la aplicación de dos Modelos Digitales de Información, mediante las tecnologías de SIG y Grafos, en el ámbito patrimonial, y lo hace desde un proceso científico y transversal que incorpora la complejidad de integrar distintos datos patrimoniales contemplando su escala territorial. En este sentido, tiene especial importancia debido a los siguientes factores: la creación de una base de datos susceptible de futura ampliación, uso y análisis; su incidencia sobre el abordaje del patrimonio a distintas escalas; su propuesta para la protección, conservación e interrelación de la información patrimonial; y el desarrollo y puesta en marcha de una metodología que permite nuevos conocimientos y sinergias interdisciplinares, así como su reutilización en otros contextos patrimoniales.

El trabajo contempla un dilatado repaso de las tecnologías de la información en él aplicadas y de iniciativas, anteriores y en curso, relativas a la aplicación de estas en la esfera patrimonial e histórica. Asimismo, establece una experiencia piloto, la cual tiene como objeto de estudio de la producción de la arquitectura del antiguo Reino de Sevilla durante el tránsito de la Edad Moderna que contempla las redes espacio-temporales generadas por las principales fábricas edilicias, con especial protagonismo de los profesionales y artistas implicados, considerando el contexto socio-económico, político, científico-técnico y cultural. Con ello se pretende comprender esta organización espacial, entendida como un sistema dinámico y no lineal. Para finalizar, se presentan una serie de conclusiones, acompañadas de futuras líneas de investigación y proyectos, algunos de los cuales se hallan en fase de ideación y otros en proceso de desarrollo.

Palabras Claves: Modelo SIG, Modelo Grafos, patrimonio, Antiguo Reino de Sevilla, Edad Moderna, visualización datos históricos.

ABSTRACT

This dissertation deals with the application of two Digital Information Models, through the GIS and Graphs, in the heritage sphere, and it does so from a scientific and transversal process that incorporates the complexity of integrating heterogeneous heritage's data considering its territorial scale. In this sense, it has a particular importance because of the following factors: the creation of a database susceptible of its future extension, use and analysis; its impact on the approach of heritage at different scales; its proposal for the protection, conservation and interrelationship of heritage's information, and the development and implementation of a methodology that allows new interdisciplinary knowledge and synergies, as well as it reuses in other studies.

The work includes a long review of the information technologies applied in it and of initiatives (previous and ongoing) related to the application of these technologies in the heritage and history field. Also, it establishes a pilot experience, which has as object of study the production of architectural heritage in the old Kingdom of Seville during the transit of the Modern Age that contemplates the space-time networks generated by the main building factories, with special protagonism of the professionals and artists involved, considering the socioeconomic, political, scientific-technical and cultural context. This approach tries to understand this spatial organization as a dynamic and a non-linear system. And finally, we present a series of conclusions and future lines of research and projects, some that are in a proposal phase, and others that already started.

Key Words: GIS Model, Graphs database Model, Heritage, Kingdom of Seville, Modern Age, historical data visualization.

AGRADECIMIENTOS

Desde su comienzo hasta su finalización, este trabajo es fruto del apoyo incondicional de varias personas e instituciones sin las cuales difícilmente habría alcanzado su estado final. Aprovecho estas primeras líneas para expresar mi más profundo agradecimiento a todas ellas.

En primero lugar, y como no podría ser de otra manera, quiero agradecer el apoyo y acogida que me ofrecieron los investigadores y docentes del grupo de investigación HUM799, cuando esta tesis todavía se encontraba en fase de ideación. Fue en el seno de este grupo donde surgió la oportunidad y el germen de este trabajo, cuya concepción se forjó, tras innumerables reuniones, con la estrecha colaboración de Francisco Pinto Puerto, principal puerto del largo viaje de esta investigación y a quien le corresponde una parte significativa de las aportaciones alcanzadas. Este trabajo no hubiera sido posible sin su encomiable dedicación, sus tutorías, su tiempo, sus ideas, su paciencia, su ánimo y -como no- su eficaz labor en la gestión, siempre tediosa, de los trámites necesarios para que esta tesis se hiciera realidad. Por todo ello, muchas gracias.

En segundo lugar, quiero expresar mi agradecimiento a los docentes e investigadores que han estado presentes en el desarrollo de mi tesis doctoral y que han podido compartir los problemas y desafíos más de cerca. A Juan Clemente Rodríguez Estévez por su amplia visión historiográfica y sistemática al quién debo sus numerosas aportaciones tanto en la fase inicial de diseño del proyecto, como a lo largo del desarrollo. A Luis Galindo Azpillaga por ofrecerme su tiempo y ayuda siempre que lo requerí. A Alfonso Jiménez por su gran apoyo, tiempo, aportación y paciencia, por enseñarme los entresijos del objeto de estudio y por compartir su gran conocimiento. A mis compañeros, Manolo Castellano, Roque Angulo Fornos, José María Guerrero y Juan Francisco Molina por compartir conmigo el desafiante recorrido de este viaje. Al grupo de la Red Tardogótico, en especial a Begoña Alonso Ruiz por su inmensa ayuda y apoyo en relación con la documentación inicial que dio las bases para este proyecto.

En tercero lugar, esta investigación debe el apoyo recibido por diversas instituciones nacionales y extranjeras que durante su recorrido facilitaron recursos y soporte para su desarrollo. Por una parte, quiero agradecer a todos los miembros del proyecto I+D+i HAR2012-34571 "Un Modelo Digital de Información para el Conocimiento y Gestión de Bienes Inmuebles del Patrimonio Cultural" financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, gracias al cual recibí la concesión de la beca predoctoral y por las ayudas de movilidad que han hecho posible la realización de esta tesis. Asimismo, agradecer a los miembros del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la ETSA de Sevilla y al IUACC la acogida que me ofrecieron

a lo largo de este trabajo, así como la ayuda prestada durante los últimos años, fundamentales para mi formación. Además, quiero agradecer a la acogida del CulturePlexLab de la en la etapa inicial de este trabajo y que me permitió la primera toma de contacto con la teoría de Grafos, el modelo Grafo y análisis de redes. Agradezco al profesor Juan Luis Suárez y a los investigadores Antonio Jiménez Mavillard, Javier de la Rosa, Nandita Dutta y David Brown por el tiempo y disponibilidad durante los meses de estancia en la Western University y, en especial, a Antonio Jiménez Mavillard por ayudarme a poner en marcha los primeros testeos del modelo Grafo. Junto a ellos, quisiera manifestar mi gratitud a Agustín Azkarate por acogerme en la Cátedra UNESCO de Paisaje Cultura y Patrimonio, en el Grupo de Investigación en Patrimonio Construido de la Universidad del País Vasco; y, muy especialmente, a Álvaro Rodríguez Miranda, José Manuel Valle Melón y José Luis Solaun, por la ayuda que me han ofrecido para conocer los pormenores de los proyectos realizados por el Centro, por los intercambios de ideas acerca de la gestión de la información patrimonial y por las micro aventuras de trabajo campo que he podido realizar. Por otro lado, quiero expresar mi gratitud al profesor Gert Jan Burgers por acogerme en el Research Institute of Culture, History and Heritage (CLUE +) de la Vrije Universiteit Amsterdam. En particular, agradezco al profesor Philip Verhagen la ayuda que ofreció y por su atención durante la estancia. Igualmente, me gustaría mencionar la profesora Ana Tomé del Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability (CERIS) del Instituto Superior Técnico de Lisboa y a las arquitectas e investigadoras Ana Gil, Inés Rita y Márcia Godinho por la acogida en su Centro durante el año de 2018. Por último, en este apartado, quisiera manifestar mi reconocimiento a la Cooperación Europea en Ciencia y Tecnología (COST) por las oportunidades ofrecidas para realización de los cursos “Innovación en gestión inteligente de edificios patrimoniales”, organizado por Fundación Santa María la Real en Palencia, y “El trabajo de campo, la producción del conocimiento y el entorno digital en el trabajo arqueológico”, organizado por ARKWORK en Atenas.

En cuarto lugar, quiero expresar mi gratitud a todos los expertos, bibliotecarios, archivistas, investigadores, que generosamente han dedicado su tiempo y se prestaron a ayudar en tareas que muchas veces eran fastidiosas.

Por último, pero no por ello menos significativo sino todo lo contrario, agradecer a todos los amigos, los de siempre y los nuevos que conocí, y familiares. Gracias a todos por el apoyo y ánimo en todos los momentos.

A mis padres y a mis abuelos, por el cariño, generosidad y comprensión; a mis hermanas y demás familia por estar siempre ahí, aunque estuviesen lejos.

A mi compañero de viaje, por su perseverante apoyo y ánimo. A ti Pablo, por haber sabido mantener tu alegría y positividad a lo largo de ese largo viaje.

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ADHO	<i>Allience of Digital Humanities Organization</i>
ArcGIS	Conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica
BD	Base de Datos
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BNE	Biblioteca Nacional de España
COST	<i>European Cooperation in Science and Technology</i>
CRM	<i>Cultural Resource Mannagement</i>
CSDH	<i>Canadian Society for Digital Humanities</i>
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
DBMS	<i>Data Base Management System</i>
DCMI	<i>Dublin Core Metadata Iniciative</i>
DTD	<i>Document Type Definition</i>
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
ETRS89	<i>European Terrestrial Reference System 1989</i>
GDB	<i>Graph Database</i>
HBIM	<i>Historical Building Information Modeling</i>
HSIG	Sistema de Información Geográfica Histórico
HTML	<i>HyperText Makup Language</i>
IAPH	Instituto Andaluz de Patrimonio Historico
ICGC	Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña
IDE	Infraestructura de Datos Espaciales
IDEH	Infraestructura de Datos Espaciales Histórica
IECA	Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía
ILE	<i>Intentionally-Linked Entities</i>
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INSPIRE	<i>Infrastructure for Spatial Information in Europe</i>
ISO	<i>International Organization of Standarization</i>
MECD	Ministerio de Educación Cultura y Deporte
NCGIA	<i>National Center for Geographic Information and Analysis</i>

NISO	<i>National Information Standards Organization (USA)</i>
NoSQL	<i>Not only SQL</i>
OAI-PMH	<i>Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting</i>
OCLC	<i>Online Computer Library Center</i>
OLE-DB	<i>Object Linking and Embedding for Databases</i>
ORDBMS	<i>Object-Relational Data Base Management Systems</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RedHD	Red de Humanidades Digitales
SGML	<i>Standard Generalized Markup Language</i>
SIG	Sistema de Información Geográfica
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TIs	Tecnologías de la Información
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
W3C	<i>World Web Consortium</i>
WGS84	<i>World Geodetic System 84</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
RAE	Real Academia Española

ÍNDICE

RESUMEN *ABSTRACT*

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

| PARTE I

1.	PRESENTACIÓN.....	27
1.1	Tema de estudio: aplicación de modelos SIG y Grafos para la investigación, conocimiento y gestión patrimonial.....	30
1.2	Objeto de estudio.....	34
1.3	Justificación	37
1.4	Estructura de contenidos del documento de tesis.....	40
1.5	Trayectoria Personal. Experiencia y formación investigadora, docente y profesional.....	45
2.	ESTADO DE LA CUESTIÓN	51
2.1	La investigación en el contexto del Tardogótico en Castilla	51
2.2	El papel de los SIG en Patrimonio Cultural e Historia.....	59
2.2.1	Breve definición	59
2.2.2	El SIG en la investigación del patrimonio y de la historia	61
2.2.3	Revisión Sistemática de la Literatura. La aplicación de los SIG en patrimonio cultural	66
2.3	La aplicación de modelos basados en Grafos en patrimonio e historia	78
2.3.1	Breve definición	78
2.3.2	La teoría de grafos y el análisis de redes en las Humanidades.....	81
3.	LA INVESTIGACIÓN	85
3.1	Objetivos.....	87
3.2	Problemas y Preguntas de la investigación.....	88
3.3	Marco teórico.....	94
3.4	Acotación del ámbito de los modelos.....	99
3.4.1	Marco territorial.....	100
3.4.2	Marco temporal	100
3.4.3	Marco geopolítico-económico	102
3.4.4	Marco arquitectónico	107
4.	METODOLOGÍA DE LA TESIS.....	113

| PARTE II

1.	BASE DE DATOS.....	119
1.1	Evolución de la Base de Datos. Problemáticas y soluciones.....	120
1.2	Metodología del diseño de la Base de Datos basada en eventos	125
1.2.1	Estudio y análisis de casos similares	126
1.2.2	Diseño y estructura. Uniformización de las terminologías.....	128
1.2.3	Implementación y testeo	139
1.2.4	Entrada de datos.....	140
2.	MODELOS.....	143
2.1	Modelo SIG-temporal	144
2.1.1	Definición y aspectos técnicos del SIG	144
2.1.2	Del SIG al SIG Histórico	145
2.1.3	La tecnología para el modelo SIG utilizada	162
2.1.4	Limitaciones del Modelo SIG.....	163
2.2	Modelo basado en Grafo.....	164
2.2.1	Definición y aspectos técnicos del Modelo tipo Grafo	164
2.2.2	Criterios para del modelo tipo Grafo, diseño esquema de relaciones	166
2.2.3	La tecnología para el modelo grafo utilizada	167
3.	ANÁLISIS	169
3.1	Análisis y Visualización de la Base de Datos	169
3.2	Análisis y Visualización mediante modelo SIG.....	182
3.2.1	Análisis redes de caminos y eventos de la producción arquitectónica	182
3.2.2	Análisis de distribución direccional.....	187
3.2.3	Análisis de ruta de menor coste	188
3.2.4	Análisis de líneas de seguimiento temporal (<i>track lines</i>)	196
3.3	Grafos. Análisis de la red de agentes en el tránsito a la Edad Moderna. La red del trabajo y su organización relacional	203
3.3.1	Análisis de entrada y salida de relaciones	204
3.3.2	Análisis temporales “micro sistemas”	205
4.	METADATOS. Propuesta de metadatos para la BD y la IDE Histórica.....	211
4.1	Definición y propósito de los metadatos	211
4.2	Tipologías de estándares de metadatos	217
4.3	Metadatos de la Base de Datos.....	218
4.3.1	Dublin Core Metadata Initiative. Breves apuntes.....	220
4.3.2	Tecnologías para metadatos.....	226
4.3.3	Propuesta	230
4.4	Metadatos de la IDE Histórica. Modelo SIG temporal instantáneo (<i>snapshot</i>).....	235

4.4.1	INSPIRE directiva metadatos.....	235
4.4.2	Propuesta.....	239

| PARTE III

1.	CONCLUSIONES	253
1.1	Respuestas a las cuestiones planteadas	254
1.2	Consideraciones para futuras investigaciones	257
2.	CONCLUSIONS	261
2.1	Answer to questions raised.	262
2.2	Considerations for future research lines and debates.....	263

| BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS	271
-------------------	-----

| ANEXOS

ANEXO 1. Plantas

ANEXO 2. Mapas temáticos IDE Histórica

ANEXOS 3. Publicaciones

| PARTE I

“Space, then, is the product of intricacies and complexities, the intertwinings and the non-interlocking of relations, from the unimagibility cosmic to the intimately tiny. Space, to repeat again, is the product of interrelations”

(Massey, 2003)

1. PRESENTACIÓN

Un territorio antropizado podría entenderse como una trama continua, con hilos de distintos espesores y colores tejidos con nodos de diferentes formas, tamaños, creando llenos y vacíos, arreglos y remiendos en su uso prolongado en el tiempo que van conformando espacios. Espacios resultados de una diversidad de elementos, temporalidades, conexiones y variables, dinámicos en sí mismos. Esos entramados lo convierten en un gran tejido multicapas difícil de comprender al contemplarlo como una realidad sincrónica que aparece hoy ante nosotros. Si, además, nos detenemos y observamos de cerca como los elementos que lo compone se influyen y relacionan mutuamente, creando sistemas y subsistemas, entenderemos el grado de complejidad y las dificultades de aprehenderlos.

Cada hilo y cada nudo da sentido al tejido, y a su vez, éste último es el elemento que los soporta y da unidad. Si a esto añadimos que cada fragmento de ese conjunto dinámico es a su vez el resultado tanto de procesos de creación, como de reforma y transformación sucesivos, resulta que el problema al que nos enfrentamos adquiere una dimensión de enorme complejidad. Descodificar esta complejidad es un trabajo arduo y acumulativo en experiencias al que pretende contribuir este trabajo de tesis, planteando unas premisas de partida:

1. La observación que se propone de esta realidad compleja es histórica, en cuanto busca explicación al pasado y su significado para entender el presente, poniendo de manifiesto conexiones humanas, sociológicas, etc., con la arquitectura, entendida como hecho cultural. Esta observación se formula principalmente en torno a unas determinadas técnicas de investigación como la descripción, la clasificación y sistematización de los aspectos que caracterizan a la arquitectura, buscando una cierta racionalización. Siguiendo en esto los postulados de Grassi¹ revisados desde una perspectiva contemporánea

Fig. a Cuadro nº2. Manuel Millares. 1957.



¹ Grassi, G. (1973).

y bajo recursos tecnológicos renovados.

2. Por otro lado, el desafío de entender la producción del espacio, como bien indicó Lefebvre², aumenta con la problemática de la sectorización de las disciplinas científicas y humanísticas, cada una desarrollando temáticas y metodologías aisladas. Territorio y poder, agentes y estructura social, materiales y técnicas, economía y política, tiempo y espacio, formas y significados, se entremezclan en una difícil red de relaciones que afectan de manera inevitable a la Arquitectura, entendida como su materialización más cercana y perceptible.

3. Asimismo, intentar explicar las transformaciones en la Arquitectura, es decir, introducir la variable tiempo en el discurso como un factor más, de nuevo aumenta el grado de complejidad que hace que el conocimiento del patrimonio generado sea una tarea difícil y quizás inabarcable tanto por el tiempo que demanda como por los infinitos factores a investigar. Esta dificultad sólo puede ser superada integrando visiones distintas a través de herramientas y métodos que permitan un enfoque interdisciplinar, es decir, un lugar de acuerdo, de mirada conjunta.

Esta visión compleja es contemporánea y ha penetrado en la ciencia y el arte a lo largo del s. XX. En los últimos años de ese siglo y los primeros del s. XXI ha encontrado un inestimable apoyo en los recursos digitales y en los modelos de conocimiento generados en este medio. La situación en la que nos encontramos tiene cierto paralelo a las ideas que expresan las palabras de Pettena a la imagen del territorio, en palabras de Gianni Pettena:

“De una imagen que conservamos de un uso del territorio que siempre se convierte en simulacro, en símbolo de un comportamiento, y de una cultura que lo soporta, proviene la idea de recorrer hacia atrás el camino hecho y de volver a encontrar el punto, el lugar de la desviación, fundamentando así el discurso distinto de un uso del espacio físico atento a las simbologías implicadas en él y conscientes de las mismas. Las fenomenologías del arte que han animado la segunda mitad del siglo XX reflejan e intensifican progresivamente un interés y una

² Lefebvre, H. (2013).

atención hacia aquellos elementos y estructuras lingüísticas y analíticas que se ocupan de la ciudad y de los espacios naturales, entendidos ambos como datos básicos”³.

El lugar desde el que se desarrolla esta tesis es éste, desde una visión del patrimonio que trasciende la idea objetual del monumento hacia su consideración como un ente territorial, producido por una serie de acciones humanas. Sus estrategias y métodos de conocimiento se sitúan necesariamente en un lugar de encuentro entre visiones tradicionalmente aisladas y autónomas el que nos aportan hoy día las redes digitales, inmersos en una nueva era dominada por lo visual y lo virtual. Se trata, por tanto, de una prospección de temas en los que estas disciplinas tradicionales han avanzado, para proponer un giro en las estrategias de conocimiento a través de lo digital, y en paralelo hacer una revisión epistemológica del lenguaje proporcionado por estos nuevos medios y sus condiciones⁴.



Fig. b Archipensieri. Gianni Pettena, 2001.

³ Pettena, G. (2003: 11).

⁴ Las tecnologías digitales junto al desarrollo de internet han permitido, a partir de los años noventa del pasado siglo, un imparable avance y evolución en cuanto al conocimiento del patrimonio, fundamentalmente en los medios de registro, análisis y difusión. Algunos investigadores han planteado, en un enfoque más genérico de la cultura contemporánea, que estos avances suponen cambios radicales en los modos de conocimiento, destacando dos que serán de gran trascendencia; la “popularización de la información”, y “la idea de autoría” que aparecen ligadas a las nuevas estructuras digitales. Al respecto: Aicher, O., Zimmermann, Y. y Vossenkuhl, W. (2001); Carpo, M (2003); Ortega, L. (2017).

1.1 Tema de estudio: aplicación de modelos SIG y Grafos para la investigación, conocimiento y gestión patrimonial.

A partir de esta tesis doctoral se propone una experiencia piloto de conocimiento de un hecho arquitectónico y su dimensión territorial, a partir de la aplicación de modelos digitales de la información: Modelos basados en la herramienta de Sistema de Información Geográfica (SIG) y de visualización de datos sobre grafos. Ambos son modelos, es decir, construcciones que pretenden representar una serie suficientemente significativa de propiedades y características de las realidades estudiadas y de las relaciones que la vinculan, desde su ubicación en el espacio, hasta sus coincidencias, redundancias y singularidades. Conscientes de no confundir el modelo con la realidad, éste ofrece la posibilidad de desarrollar el objetivo de racionalidad que planteábamos anteriormente. Los dos modelos elegidos son complementarios, pero no siempre parten de unos datos previos idénticos, lo que supone una cierta complejidad en su desarrollo que hemos tenido que solucionar para no redundar en esfuerzos.

Trabajar con estos modelos implica el reconocimiento previo de sus potencialidades y limitaciones, estableciendo diseños, criterios y una propuesta de base de datos conjunta para la mejora del análisis de la complejidad del hecho arquitectónico y su implicación con las transformaciones territoriales. Para ello se propone un caso de estudio en el cual el objetivo es entender el patrimonio analizando la información que emana de las fuentes documentales, limitándonos estratégicamente a un marco espaciotemporal y a un colectivo de actores definido: la producción arquitectónica y la red de profesionales implicados en las mismas, que actúan en el antiguo reino de Sevilla durante los siglos XV y XVI. Aunque hayamos planteado esos límites espaciotemporales, los mismos presentan cierta flexibilidad a raíz de la necesidad de los análisis que hemos querido realizar, lo que ha permitido acotar su complejidad.

En este sentido, queda claro, desde el comienzo de esta tesis, el enfoque dirigido a la búsqueda de la comprensión de la arquitectura en este marco temporal a partir de modelos que permitan elucidar sus múltiples capas y relaciones como respuesta a una aproximación no-lineal, relacional e integral.

Esta investigación se define asimismo como limitada por los propios datos e informaciones que fueron seleccionados, tratados y manejados, bien como por el propio diseño, esquematización y codificación propuestos. Es una interpretación desde los modelos digitales de la información, mediante el uso de dos tecnologías que poseen sus propias herramientas y arquitectura interna, que están permitiendo idear y construir nuevas metodologías de investigación que por su propia naturaleza facilitan acciones interdisciplinares, convirtiéndose en vehículos de yuxtaposición de diferentes narrativas e investigaciones previas. Explorar herramientas como pretexto, entender la arquitectura en su dimensión más amplia como finalidad, y acercarse a la geografía como nexo que posibilita redefinir y reinterpretar la conformación del territorio orientándolo hacia una nueva conciencia palimpséstica del espacio. Para esto, se pretende tomar en préstamo estrategias procedentes de la ciencia de la información y potenciar nuevas formas de aproximarse a los estudios historiográficos para revisar cuestiones antes inconexas.

Con esta orientación, nos han interesado, en primer lugar, aquellas líneas de investigación que exploraran una aproximación diacrónica y relacional de los hechos a partir de métodos digitales– en la búsqueda de la interpretación del territorio y la ciudad. En segundo, aquellas que buscan trazar una cartografía variada de los diversos aspectos

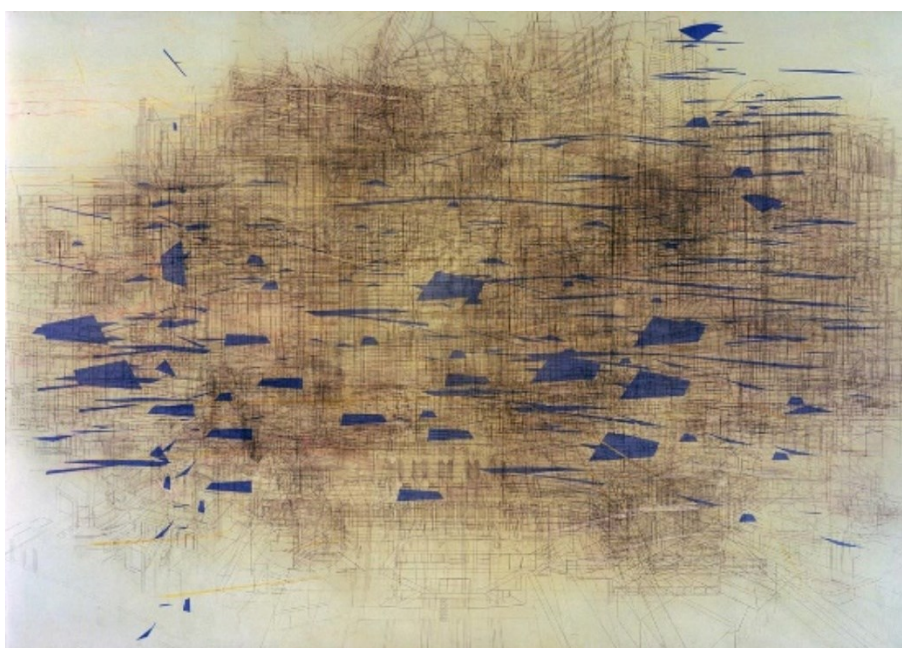


Fig. c Palimpsesto (old gods). Tinta y acrílico sobre lienzo, 153 x 213. Julie Mehretu, 2006.

relacionados con la arquitectura de una determinada época, que contemplan aspectos como los oficios, los recursos materiales, los métodos de trabajo, los movimientos sociales, etc., poniendo en evidencia una exploración, casi incesante, de los mecanismos de la producción arquitectónica. En el primero caso, los trabajos tienden a ser proyectos a largo plazo, que cuentan con la participación de profesionales de distintas disciplinas, en algunos son materializados en formato digital mediante la creación de nuevas aplicaciones o visualizadores, en otros, publicaciones. Un buen ejemplo lo tenemos en el «*Decima Proyect*» (Fig. I. 2) sobre la ciudad de Firenze durante el periodo renacentista dirigido por Nicolas Terpstra⁵ o el proyecto “*Venice Time Machine*”⁶ (Fig. I. 1); en otros la red de comunicación e infraestructura son puestas en evidencia, como en el proyecto DynCoopNet coordinado por Ana Crespo Solana⁷, el “*Proyecto Digital Atlas of Roman and Medieval Civilizations (DARMC)*”⁸ dirigido por Stephan Mols⁹ en el del equipo de la Universidad de Harvard o en el proyecto “*Mercator-E*” desarrollado por Pau de Soto¹⁰; los referentes al estudio de la literatura y arte, como los proyectos desarrollados por Juan Luis Suarez en la *Western University of Ontario*; y aquellos otros en los cuales las herramientas digitales se extienden a diferentes temáticas, como los trabajos de Ian Gregory¹¹ y Anne Knowls¹². Sin embargo, la principal fuente de reflexión e inspiración inicial se encuentran en los textos de Henri Lefebvre¹³, Edward Soja¹⁴, Karl Schlogel¹⁵ y Steven Johnson¹⁶ que incidían en la importancia de entender las relaciones y transformaciones entre el espacio y el

⁵ Terpstra, N. (coord.). (2016).; Terpstra N. y Rose, C. (2016)

⁶ Venice Time Machine, EPFL. (2016)

⁷ Crespo Solana, A. (2014)

⁸ McCormick, M. *et al.* (2018)

⁹ Mols, S. (coord.). (2018); De Hond, R. (2013)

¹⁰ Soto, Pau de (2018)

¹¹ Gregory I. N. y Ell, P. (2007); Gregory, I. N. y Healey, R. G. (2007); Gregory I. N. y Geddes, A. (2010)

¹² Knowles, A. K. (2002); Knowles, A. K. y Hillier, A. (2008)

¹³ Lefebvre, H. (2013)

¹⁴ Soja, E. W. (2011) [1989]

¹⁵ Schlögel, K. y Arántegui, J. L. (2007)

¹⁶ Johnson, S. (2008)

hombre, entre su micro y macro escala, y como estas se influyen mutuamente por una gran cantidad de variables a lo largo del tiempo.

En el segundo, gran parte son investigaciones aisladas y dispersas, materializadas en forma de tesis o artículos y que más recientemente unen esfuerzos para colaborar mediante proyectos comunes, redes o consorcios. Como ejemplo tenemos los trabajos acerca de la lectura de la Arquitectura como documento en sí mismo y fuente de conocimiento a través del análisis espacial, los sistemas geométricos de control formal como los desarrollados por Alfonso Jiménez¹⁷, Francisco Pinto Puerto¹⁸, Antonio Ampliato¹⁹, José María Guerrero²⁰ o Ana López Mozo²¹, los conexos con la lectura territorial de la arquitectura y con el paisaje, como los de Federico Arévalo Rodríguez²² y Pilar Chías²³, los relacionados con el estudio de los canteros, sus oficios y técnicas, como los de Juan Clemente Rodríguez Estévez²⁴, los referentes al estudio de la red de maestros durante la Edad Media y Moderna, como los trabajos de Begoña Alonso Ruiz y Fernando Sebastián Villaseñor²⁵ que a través de la Red Tardogótica aglutinan a un relevante grupo de historiadores

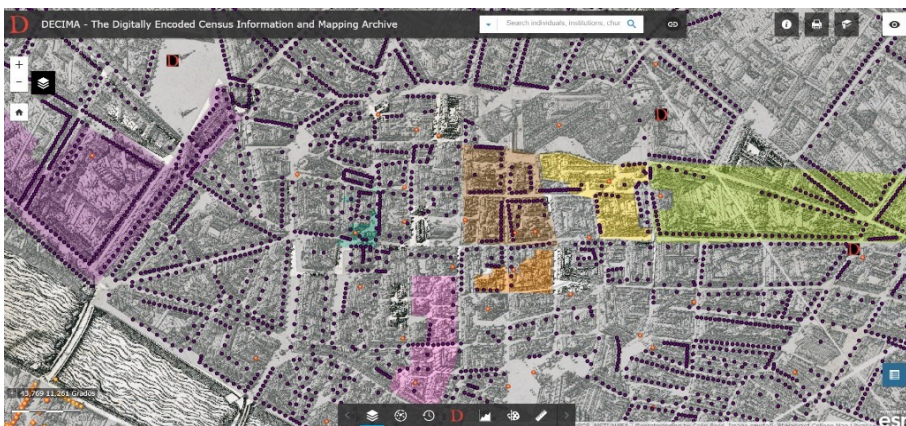
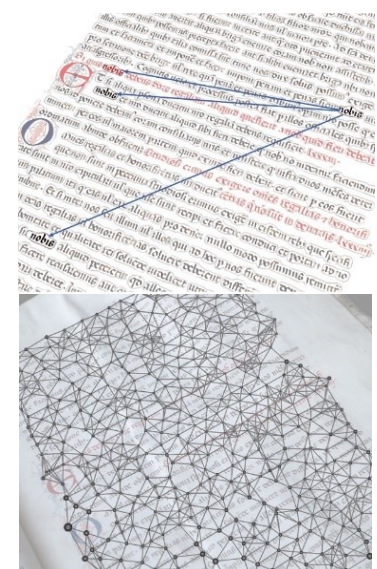


Fig. I. 2 Captura de pantalla de la plataforma DECIMA Project, yuxtaposición de capas de información distintas: propiedades, propietarios, parroquias, calles, etc. Fuente: Terpstra, N. (coord.) (2016).

Fig. I. 1 Procesamiento de textos para la transcripción e inserción en la base de datos del proyecto Máquina del Tiempo de Venecia (Venice Time Machine). Fuente: VTM (2018).



¹⁷ Jiménez Martín, A. (coord.) (2006)

¹⁸ Pinto Puerto, F. (2002)

¹⁹ Ampliato Briones, A. L. (1996)

²⁰ Guerrero Vega, J.M. (2018, *en prensa*)

²¹ López Mozo, A. (2009)

²² Arévalo Rodríguez, F. (2003).

²³ Chías Navarro, P. (2012); Chías Navarro, P. (1992)

²⁴ Rodríguez Estévez, J. C. (1998)

²⁵ Alonso Ruiz, B. y Villaseñor Sebastián, F. (2014); Alonso Ruiz, B. (2010, 2011a, 2011b).

del arte, documentalistas y arquitectos²⁶.

Del mismo modo, nos han interesado los trabajos que investigan la incorporación de datos documentales patrimoniales relacionados a lo urbano y/o a lo arquitectónico en la documentación gráfica, como los desarrollados por el grupo GPAC dirigido por Agustín Azkarate, o bien aquellos que además exploran la modelización de la escala arquitectónica a través de sistemas HBIM (*Historic Building Information Modeling*), como los trabajos de Manuel Castellano, Roque Angulo Fornos y Ana Gil²⁷.

Esta tesis es el principio y no el fin²⁸ de una investigación que pretende aportar una propuesta de conocimiento del hecho arquitectónico desde una experiencia en la cual el papel del territorio y de las relaciones de sus agentes cuando son tratadas sistemáticamente, desempeñan claves útiles para una valoración histórica y su consideración patrimonial que supera la dimensión del objeto para acceder a su transcendencia cultural.

1.2 Objeto de estudio

Este trabajo se ha realizado en el marco de tres proyectos I+D+i consecutivos: el HAR2012-34571 al que se vincula la beca Predoctoral²⁹; el HAR2016-78113-R y el HAR2016-76371-P con la vinculación en el equipo de trabajo, siendo estos últimos integrados a la red de investigación sobre la arquitectura en el tránsito a la Edad Moderna, la Red Tardogótica. De esa manera, su objeto de estudio se enmarca en la línea de esta red³⁰ que tiene como marco espacial la Península Ibérica y, que aquí se particularizará el antiguo reino de

²⁶ Grupo de Investigación de Arquitectura Tardogótica. (s. f.)

²⁷ Castellano Román, M. (2015); Castellano Román, M. (2017); Angulo Fornos, R. *et al.* (2017); Angulo Fornos, R. *et al.* (2016); Rua, H. y Gil, A. (2014); Gil, A. (2016).

²⁸ En este sentido, esta investigación es fruto de mi formación y como tal es un proceso sin fin – guarda en sí la apertura eterna – que he de continuarla, adaptarla, reflexionarla, recrearla y adquirir conciencia de todos sus pasos.

²⁹ Beca Predoctoral BES-2013-064111 financiada por el Ministerio de Educación y Competitividad.

³⁰ El término “tardogótico”, también utilizado “Gótico Tardío”, se refiere a la arquitectura producida entre los siglos XIV y XVI y se trata de una terminología utilizada para diferenciar esa producción del “gótico clásico” (Alonso Ruiz, B. 2003: 15).

Sevilla (Fig. I. 3).

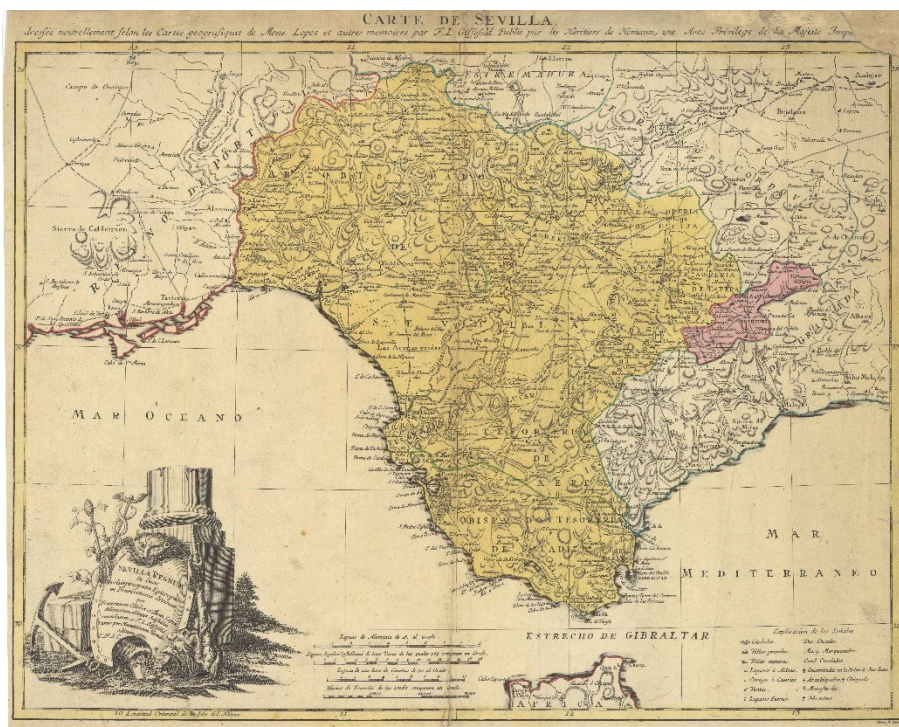


Fig. I. 3 Sevilla Regnum in suos Archiepiscopatos Episcopatos et Praefecturas divisum = Carte de Sevilla. Mapa de 1781 del alemán Franz Ludwig Güssefeld y publicado en Nuremberg por los herederos de Homann, basado en el mapa del Reino de Sevilla de Tomás López. Fuente: Cartoteca Digital del IGN.

Por tanto, siguiendo la acotación espacial y temporal que ya se anunciaba en el apartado anterior como estrategia metodológica, en esta tesis doctoral estudiamos el sistema de producción de la arquitectura tardogótica de manera multiescalar y multifocal. Como objeto de estudio se ha tomado el fenómeno de la reestructuración del territorio andaluz tras la reconquista hasta configurar el antiguo Reino de Sevilla y el papel que tuvieron las empresas edilicias llevadas a cabo, fundamentalmente durante los siglos XV y XVI (Fig. I. 4). Fenómeno que se denomina tardogótico y que se caracteriza por ser el momento de tránsito a la Edad Moderna, de grandes transformaciones. Numerosos fueron los acontecimientos que se produjeron como el final de la reconquista, el descubrimiento y colonización de un nuevo mundo, el



Fig. I. 4 Setenil. Grabado hacia 1600 en plancha de cobre de un dibujo de J. Hoefnagel con color de época. Fuente: George Braun (1540-1622), *Civitates Orbis Terrarum*, tomo III.



Fig. I. 5 Vista de Sevilla. Fuente: Pedro Medina (1548), *Libro de las Grandezas y cosas memorables de España*. Fuente: Madrid Biblioteca Nacional.



Fig. I. 6 Cantera Sierra de San Cristóbal. Fuente: Francisco Pinto Puerto, 2006.

acceso a una nueva visión de la religión y el pensamiento y los cambios en los medios de difusión de las ideas y las imágenes. Muchos de estos acontecimientos tuvieron como lugar de encuentro el sur de la península bajo la Corona de Castilla, y en especial al Reino de Sevilla y su capital como punto singular de transmisión entre el Nuevo y el Viejo Mundo (Fig. I. 5, Fig. I. 7).

Dado a la complejidad del contexto histórico en el cual se desarrolla, el presente estudio pretende al menos identificar, registrar, sistematizar la información recogida durante estos años y proponer análisis diversos utilizando herramientas de la Tecnología de la Información ya disponibles³¹. De esta manera se pretende trazar y caracterizar la producción arquitectónica y la red de agentes (maestros, albañiles, carpinteros, mecenas, etc.) que en ella han actuado. Por otro, no podemos olvidar la finalidad que implica abordar la dimensión territorial del problema, pues ofrece la posibilidad de que las arquitecturas que vamos a analizar queden asociadas a elementos como caminos, canteras y otras infraestructuras que al contrario de las arquitecturas apenas han sido atendidas por las administraciones públicas y la sociedad en general, perdiéndose o destruyéndose en muchos casos (Fig. I. 6). Su puesta en valor formando una red con estas arquitecturas puede ser un modo de recuperarlas e incorporarlas a nuestro patrimonio.

La arquitectura tardogótica que esta tesis aborda, se incorpora



Fig. I. 7 Vista de Sevilla en la obra de George Braun *Civitates Orbis Terrarum*. Autor Hoefnagel, Joris (grabado por Franz Hogenberg). Fuente: Acervo de la Biblioteca Nacional de España, recuperado de <http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000130552>

³¹ El motivo de la elección de no adaptar ni diseñar una nueva herramienta se debe principalmente al hecho de que queríamos utilizar tecnologías ya en uso en el ámbito de las investigaciones e instituciones españolas, a la vez que permitir un proceso más asequible a otros investigadores que trabajan en la misma línea y ya manejan esas herramientas.

edificaciones de diferentes funciones – religiosa, civil y militar – que asumieron un papel significativo dentro del proceso de consolidación del territorio conquistado. A medida que las ciudades y poblaciones eran ocupadas por Castilla, las primeras acciones que se emprendían era la de refuerzo de las defensas y construcción de lugares para el nuevo culto. Si en un primer momento esta actividad edilicia atendía a las necesidades básicas de la población, reutilizando las estructuras existentes reformadas o rehechas, a medida que éstas se estabilizaban en su alejamiento de la frontera crecían, atrayendo los intereses económicos y la representación del poder y el prestigio. Este momento adquirió un especial impulso tras la toma de Granada y la conclusión del proyecto de crear un solo reino en la península. Podríamos decir que, dentro de esta dinámica de consolidación territorial, las arquitecturas construidas lo hicieron de dos formas: i) mediante obras completas que generaron edificios y espacios de nueva planta, fundando una advocación o consolidando un patronazgo; ii) mediante reformas de edificaciones ya existentes que fueron fundándose con la reconquista, o reutilizando las estructuras precedentes (Fig. I. 8). Esta producción fue reflejo de una serie de variaciones e influencias recibidas desde el contexto europeo que principalmente en los años 40 del siglo XV plasman una “profunda transformación en su lenguaje constructivo”³². En este sentido, el objeto de estudio se centra en las actividades³³ relacionadas con esta producción, contemplando la complejidad de las partes de la edificación y de los elementos arquitectónicos (pilares, bóvedas, arcos, portadas, etc.) de los casos que así lo exigen. Así, el objeto de estudio, como el propio título evoca, aborda la fábrica edilicia, “*secuencia de acciones ordenadas temporalmente*”³⁴ y espacialmente ejecutadas por ciertos actores/agentes con el fin de materializar la obra arquitectónica.

1.3 Justificación

Una mirada al desarrollo de las tecnologías de finales del siglo XX y del

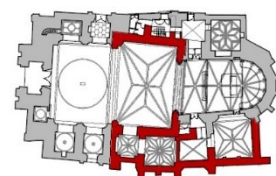


Fig. I. 8 Fragmento diseño de la vista Jerez de la Frontera. La iglesia de San Juan de los Caballeros verse señalada (Wynngaerde, 1567). Abajo, planta de la iglesia con las partes tardogóticas señaladas en rojo.

³² Alonso Ruiz, B. (2003: 28)

³³ En esta investigación estas actividades están asociadas al proceso de materialización de la obra, abarcando todo un conjunto de operaciones durante la ejecución de los edificios.

³⁴ Pinto Puerto, F. (2006: 211)

siglo XXI en toda su amplitud revela un abundante impulso de las tecnologías de la información (en adelante TIs) en los más variados campos disciplinarios. A diferencia de otras disciplinas que han incorporado con más eficiencia, las humanidades han presentado de entrada grandes dificultades de utilización de esas tecnologías que van más allá del (re)conocimiento de estas³⁵. Bajo nuestro punto de vista, solventar esas dificultades resulta de especial importancia en el ámbito del patrimonio pues arrojan soluciones no invasivas capaces de desarrollar una sistematización de la información para su entendimiento, interpretación, análisis, protección, conservación y re-uso.

La experiencia piloto de la presente tesis es un ejercicio que surge no solo por la necesidad de ampliar el conocimiento sobre la materia patrimonial elegida, sino también consecuencia de la inquietud natural de poder explorar nuevos modelos digitales de información que pudieran abordar esa materia en un contexto más amplio y que en un futuro, podría desbordar los límites de una tesis doctoral hacia un proyecto internacional de mayor envergadura y escala³⁶ (Fig. I. 9). De manera que, el propio proceso metodológico creado, llevado a cabo y

³⁵ Destacaría cuatro de ellas: 1) la escasa abertura de las humanidades, y en mayor dimensión en la disciplina de historia, de permitir y/o buscar nuevas maneras basadas en las TIs (cabe subrayar algunas excepciones que empiezan a ocurrir especialmente en el territorio anglosajón y norte americano a partir de los años 80); 2) la escasez de subvenciones direccionadas a la implementación y aprendizaje de las TIs en las humanidades; 3) la rapidez y la fragilidad que ocurre en el campo de las TIs, la aparición y desaparición de las herramientas/software; 4) la falta de herramientas digitales e interfaces diseñadas para la necesidad de los humanistas, lo que conduce a una adaptación de los softwares ya existentes (Gregory, I. N. y Geddes, A., 2010; Gregory, I. N., 2014).

³⁶ En 2015 el pre-proyecto de tesis doctoral de esta investigación, abarcando una escala europea, fue elaborado por la autora y presentado como propuesta en la convocatoria ERA-Net, HERA – JRP “Uses of the Past”, en conjunto con otros investigadores de distintas universidades localizadas en cinco países (España, Portugal, Italia, Alemania y Reino Unido), siendo este aprobado en la primera fase de la convocatoria. El proyecto titulado “Mapping European Late Gothic Network” (MELGN) tenía como objetivo principal visualizar de forma digital la complejidad del fenómeno global del tardogótico (a escala europea, mediterránea, ibérica, castellana y andaluza) a través del análisis pormenorizado de varios aspectos trabajados por los diferentes grupos componentes de la Red Tardogótica (Fig. 4). El desentendimiento entre el Ministerio de Economía y Competitividad de España y los demás organizadores de HERA ocasionaron trabas iniciales que generaron incertidumbres y, en consecuencia, la paralización del seguimiento de la propuesta. No obstante, la aprobación en HERA pone en relieve el interés en el desarrollo de un proyecto de esta magnitud y confirma, ante un comité de evaluadores y expertos internacionales, su pertinencia.

puesto en práctica es en sí mismo parte importante de los resultados de la presente investigación.

En este sentido, la investigación se transforma en parte de un proceso formativo más amplio que reclama, por su naturaleza experimental y práctica, un objeto sobre el que proyectarse, en el presente caso, la estructuración del antiguo Reino de Sevilla en el tránsito de la Edad Moderna antes expuesta.



Fig. 1. 9 Proyecto “Mapping European Late Gothic Network” (MELGN), poster presentado en la convocatoria ERA-Net HERA “Usos del Pasado” en 2014. Elaboración propia.

La metodología desarrollada y aplicada es fruto de la experiencia personal investigadora y también del análisis de experiencias anteriores desarrolladas en proyectos de investigación por otros equipos de investigación, más adelante citados en este trabajo.

Podríamos situar el origen de esta tesis en la afirmación realizada en la publicación “*Los últimos arquitectos del Gótico*” donde Begoña Alonso Ruiz apuntaba que uno de los principales problemas que enfrenta la investigación en el ámbito de la historia y de la arquitectura es el hecho de no disponer de una visión globalizadora sobre los fenómenos históricos ocurridos con sus coordenadas espacio-temporales definidas³⁷. En esta misma dirección el profesor Serra Desfilis señalaba la necesidad de tomar “*como marco de referencia una geografía*

³⁷ Alonso Ruiz, B. (2010)

*histórica – antes que historiográfica – en la que se articulen los reinos, las diócesis, los señoríos [...] así como el dinamismo territorial de las ciudades”*³⁸. En este sentido, la elección de este caso de estudio resulta pertinente, entre otros motivos, por la complejidad del objeto que reclama una aproximación territorial, multiescalar, y la contemplación sistemática de la red de relaciones establecidas, por la necesidad de afrontar los problemas actuales de la gestión de la información patrimonial, y por último, por proporcionar una alternativa para la construcción de proyectos colaborativos con el fin de reducir actividades investigadoras duplicadas y permitir una gestión de la información patrimonial menos fragmentada.

1.4 Estructura de contenidos

La presente tesis está estructurada en tres partes. La primera parte incluye toda la información relativa al diseño del proyecto de investigación: el tema; el objeto de estudio; la justificación; el estado de la cuestión, tanto de las distintas herramientas aplicadas en la investigación como de las investigaciones desarrolladas a cerca del objeto de estudio; los objetivos generales y específicos; la hipótesis planteada; la definición y acotación de los marcos; y la metodología empleada para el desarrollo de la tesis.

La segunda parte trata del desarrollo de la investigación, de los Modelos Digitales de la Información, los análisis que se han propuesto y el esquema de Metadatos. Para ello, se realizan tres aproximaciones: el Modelo de la Base de Datos, el Modelo SIG y el Modelo Grafo. En cada uno de los Modelos se han incluido cuestiones técnicas relacionadas con las aplicaciones informáticas, el proceso de utilización y empleo, los criterios y el modelo finalmente alcanzado. Se incluye, además, los distintos análisis realizados en cada uno de los modelos.

La tercera parte de esta tesis contempla las conclusiones y estrategias futuras, donde se recoge las indagaciones iniciales indicando las aportaciones más significativas a los objetivos conseguidos en este trabajo y se proponen nuevas líneas de investigación para el desarrollo

³⁸ Serra Desfilis (2011: 460)

futuro, tanto en continuación al objeto de estudio como a otros ajenos.

Estructura.

Parte I

Capítulo 1 – Presentación

El objetivo de este capítulo es presentar el contexto general que se enmarca esta investigación, los principales intereses que se persiguen y que han motivado su planteamiento y desarrollo, y sus problemas claves. Asimismo, se explica los antecedentes y evolución de la trayectoria investigadora de la doctoranda.

Capítulo 2 – Estado de la Cuestión

El objetivo de este capítulo es presentar la situación en que se encuentra los tres ejes centrales de esta investigación: la investigación en el contexto del tardogótico en cuanto a la producción arquitectónica y la transferencia artística; el papel y la aplicación de los SIG en patrimonio e historia; y la aplicación de modelos Grafos en estudios de patrimonio e historia.

Las principales publicaciones relacionada con este capítulo son:

- Ferreira Lopes, P. (2018a). Achieving the state of research pertaining to GIS applications for cultural heritage by a systematic literature review. . *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4*, 169-175. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-169-2018.
- Ferreira Lopes, P. (2018b, *en prensa*). La transformación del proceso de investigación en Historia de la Arquitectura con el uso de las tecnologías digitales. *ArtNODES*.

Capítulo 3 – La investigación

En este capítulo presentamos los objetivos principales y secundarios de la investigación, los problemas y preguntas, el marco teórico y la acotación del ámbito de los modelos. El objetivo de este capítulo es explicar los argumentos que han sido los motores del planteamiento de

investigación realizado.

Las principales publicaciones relacionadas con este apartado son:

- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017c). Hacia una geografía patrimonial. Nuevos mecanismos para entender y gestionar el patrimonio. *Revista Internacional de Humanidades*. CGPublisher, 5(1), 1-10.
- Ferreira Lopes, P. (2018b, *en prensa*). La transformación del proceso de investigación en Historia de la Arquitectura con el uso de las tecnologías digitales. *ArtNODES*.

Capítulo 4 – Metodología de la Tesis

En este capítulo presentamos los ocho bloques de la Metodología empleada en esta tesis doctoral.

Las principales publicaciones relacionadas con este apartado son:

- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017d). Análisis georrelacional de la fábrica arquitectónica en el Antiguo Reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna. En Nuria Rodríguez Ortega (eds.) *Actas III Congreso de la Sociedad Internacional Humanidades Digitales Hispánicas Sociedades, políticas, saberes*, pp. 261-267.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, 1-14.

Parte II

Capítulo 1 – Base de Datos

El objetivo principal de este apartado es presentar la evolución que ha sufrido el diseño de la Base de Datos a lo largo del desarrollo de la investigación y el modelo de diseño propuesto.

Las principales publicaciones relacionadas con este apartado son:

- Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suárez, J. (2016a). Seeing Andalucía's Late Gothic heritage through GIS and Graphs. En *Digital Humanities 2016: Conference Abstracts* (pp. 501-504). Kraków: Jagiellonian University & Pedagogical University.
- Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suárez, J.L. (2016b). Aplicación de nuevos modelos digitales para el conocimiento del patrimonio tardogótico en Andalucía. En *Actas del Congreso Euro-Americano REHABEND 2016. Patología de la Construcción, tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio* (pp. 178-185).
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b). Creación de un modelo de información relacional de la red tardogótica. Avances, problemáticas y soluciones. En E. Rabasa Díaz, A. López Mozo y M. A. Alonso Rodríguez (Eds.), *Obra Congrua* (pp.365-377). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, 1-14.

Capítulo 2. Modelos

En este capítulo presentamos la metodología, los aspectos técnicos y también las limitaciones de los modelos generados - SIG y Grafo.

Las principales publicaciones relacionadas con este apartado son:

- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, 1-14.

- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018b, *en prensa*). Intercambio de Maestros, Saberes y Técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los Siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. En *De la Traça à Edificação*. Universidad de Lisboa.

Capítulo 3. Análisis

Este capítulo contempla los análisis realizados en la investigación y lo hace desde tres ejes: análisis y visualización a partir de la Base de datos; Análisis y Visualización del Modelo SIG; y Análisis a partir del Modelo de Grafo.

Las principales publicaciones relacionadas con este apartado son:

- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, 1-14. doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00074
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018b, *en prensa*). Intercambio de Maestros, Saberes y Técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los Siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. En *De la Traça à Edificação*. Universidad de Lisboa.

Capítulo 4 – Metadatos

En este capítulo planteamos una propuesta de Metadatos para la Base de Datos y para la IDE Histórica.

Parte III

Capítulo 1 - Conclusiones

En este capítulo presentamos las conclusiones de la experiencia piloto realizada en esta tesis doctoral y delineamos futuras líneas de investigación que pueden ser desarrolladas en el marco temático de

esta tesis.

- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, 1-14.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018b, *en prensa*). Intercambio de Maestros, Saberes y Técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los Siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. En *De la Traça à Edificação*. Universidad de Lisboa.
- Ferreira Lopes, P. (2018b, *en prensa*). La transformación del proceso de investigación en Historia de la Arquitectura con el uso de las tecnologías digitales. *ArtNODES*.
- Ferreira Lopes, P. y Molina Rozalem, J. F. (2018). Historical SDI, thematic maps and analysis of a complex network of medieval towers (13th-15th century) in the Moorish Strip. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4, (pp.177-183), <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-177-2018>.

1.5 Trayectoria Personal. Experiencia y formación investigadora, docente y profesional

Este trabajo también es fruto de los intercambios, proyectos, estancias en centros nacionales e internacionales, congresos, seminarios, cursos, reuniones y experiencias que se realizaron a lo largo de la trayectoria investigadora, docente y profesional de su autora y que se centran, principalmente, en tres campos del conocimiento: el territorio, el patrimonio histórico y las tecnologías de la información. Por su significativo aporte y contribución se destacan a continuación algunos de esos intercambios y experiencias de manera breve.

En lo relativo a la trayectoria docente, ésta se inició como monitor académico en el Departamento de Arquitectura y Urbanismo, impartiendo clases en el Centro de Artes y Comunicación de la

Universidad Federal de Pernambuco mediante la colaboración en la docencia e investigación en las asignaturas de Detalles del proyecto arquitectónico e Historia da Arquitectura y Urbanismo 06. Durante el periodo de formación predoctoral como personal investigador en formación asociado al Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, impartiendo en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla la docencia de las asignaturas de Taller 3, Taller 4, Dibujo y Máquina del Plan de 2010-2012, Visiones Arquitectónicas de la Fotografía, Narrativa Visual Aplicada a la Fotografía, Fundamentos de la Arquitectura y Fotografía y Curso de Experto en Arquitectura y Fotografía del Centro de Formación Permanente.

Dentro de las experiencias docentes, especial significación para el tema de la investigación de la tesis son las experiencias docentes en Taller 04 y Dibujo y Máquina. La primera por la incorporación de análisis históricos urbanos y de dinámicas urbanas, la segunda por su innovación en el proyecto docente y la incorporación de las tecnologías SIG y BIM para la interpretación, análisis y conocimiento arquitectónico y territorial. Los resultados de esta última experiencia (cuatro cursos impartidos, desde 2015 a 2018) han permitido explorar el SIG a distintos objetos de estudio ampliando así el aprendizaje de la propia herramienta y potenciando su aplicabilidad a una mayor variedad de problemáticas³⁹.

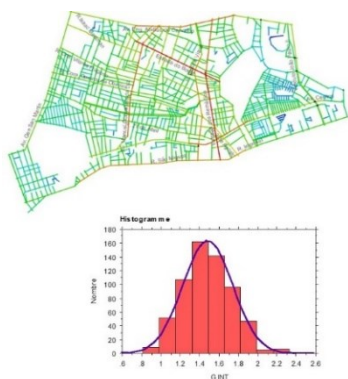


Fig. I. 10 Proyecto para el Barrio de la Várzea mediante la aplicación de la metodología de Sintaxis Espacial. La rampa de color – de rojo a azul – recoge la mayor o menor integración global a través de la accesibilidad topológica de cada línea para todo el conjunto del sistema urbano. Verse propuesta – mapa e histograma - en relación con la *Integración Global* del barrio. Elaboración propia.

La trayectoria investigadora empieza más significativamente en el Laboratorio de Urbanismo del Departamento de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Federal de Pernambuco dirigido por el Prof. Dr. Guilherme Varela en el cual se realiza el proyecto de aplicación de la metodología de Sintaxis Espacial⁴⁰ (Fig. I. 10), modelo matemático que elabora un análisis estadístico a partir de datos reales de la estructura urbana para el barrio Várzea en la localidad de Recife. Tras el levantamiento de datos, trabajo de campo y análisis, el proyecto culmina en una propuesta de mejora de la conectividad del barrio que

³⁹ Algunas publicaciones fueron realizadas acerca de esta experiencia docente, verse Pinto Puerto, F. *et al.* (2017), Pinto Puerto, F. *et al.* (2016) y Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto (2018c).

⁴⁰ Hillier, B. (1999)

en su momento iba ser realizado por la alcaldía de Recife. En esta investigación ya se plasman las bases del interés por el análisis territorial histórico con un enfoque sistemático. Así mismo, la autora ha trabajado en la Fundación de Patrimonio Histórico y Artístico de Pernambuco (FUNDARPE) realizando el proyecto de la *Fabrica Cultural Tacaruna*, antiguo complejo fabril textil reconvertido en un centro cultural. El proyecto consistió en la investigación histórica del complejo y en la elaboración y materialización del proyecto ejecutivo de preservación y reconversión, cuyos resultados se han difundido en diversas publicaciones⁴¹.

Para el desarrollo de la actividad investigadora doctoral, la autora se incorporó al programa de doctorado de Arquitectura en la ETSA de Sevilla, tras la realización del Máster Profesional en Patología de la Edificación y Curso de especialización en Actividad Pericial y Gestión en la Rehabilitación (UPM, 2011)⁴² y del Máster Oficial en Arquitectura y Patrimonio Histórico (ETSA Sevilla, 2012)⁴³. Empezando el periodo predoctoral en el Departamento de Historia, Teoría y Composición Arquitectónica en la ETSA de Sevilla en el cual desarrolló la investigación “Análisis del patrimonio ferroviario de Andalucía mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica. Estrategias para su gestión”, cuyos los primeros resultados obtuvieron algunas publicaciones⁴⁴ (Fig. I. 11, Fig. I. 12, Fig. I. 13,). En 2014 accede al contrato de personal investigador en formación a través de la beca FPI del Ministerio de Economía y Competitividad vinculada al proyecto “Un modelo Digital de la Información para el Conocimiento y gestión de Bienes Inmuebles del Patrimonio Cultural” (HAR2012-34571) en el cual ha desarrollado la

⁴¹ Rocha, L. M. da (2012); Rivas. L. (2013); Ferreira Lopes, P. (2012)

⁴² En la formación realizada en la UPM, el proyecto de TFM correspondió a una propuesta para la conversión del antiguo Cuartel de Henares, en la ciudad de Guadalajara, en un Centro Municipal Integrado de la localidad. El proyecto tanto ampliaba el centro como indicaba las cuestiones de patología y el proyecto de rehabilitación de edificio.

⁴³ Como proyecto de TFM, la autora sigue la línea investigadora en patrimonio industrial y realiza el proyecto “El hierro como elemento patrimonial: Valoración, Protección y Criterios de Intervención” en el cual analiza la valoración del material en diferentes proyectos de rehabilitación, además de estudiar cuestiones de patología del material con el fin de definir algunos criterios de intervención.

⁴⁴ Ferreira Lopes, P. (2014); Ferreira Lopes, P. (2015); Ferreira Lopes, P. (2016); Murillo Romero, M. y Ferreira Lopes, P (2016)

investigación que conduce a la tesis que se presenta.



Fig. I. 11 Proceso de digitalización de cartografía con trazado ferroviario en un entorno SIG. Fuente: Ferreira Lopes, P. (2015)

Quizás una de las fases más importantes en el desarrollo del proceso esta tesis doctoral fue la fase inicial, en la cual he podido trabajar con diferentes expertos del tema para adentrar en la problemática del objeto de estudio. Las referencias documentales ofrecidas por Begoña Alonso Ruiz, bien como el acceso cedido a la base de datos “archibase” han sido fundamentales. Asimismo, fueron las mesas de trabajo con Alfonso Jiménez Martín, maestro mayor de la Catedral de Sevilla, cuyas opiniones, referencias y conocimiento ofrecieron las bases para la construcción de la IDE histórica que aquí se presenta.

En el curso de la investigación doctoral ha realizado cuatro estancias de investigación en distintos centros: 1) *Center of Arts and Humanities, CultureplexLab* en la *Western University of Ontario* (2015); 2) Cátedra Unesco de Paisajes Culturales y Patrimonio, Grupo de investigación GPAC, Universidad del País Vasco (2016); 3) *Research Institute of Culture, History and Heritage*, Vrije Universiteit Amsterdam (2017); 4) CERIS *Civil Engineering Research for Innovation and Sustainability*, Universidad de Lisboa (2018).

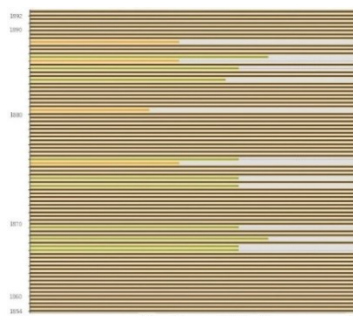


Fig. I. 12 Gráfico con la visualización de la IDE histórica del ferrocarril en Andalucía, líneas según cronología construcción y anchura de vías. Fuente: Ferreira Lopes, P. (2015)

Durante la estancia en el CulturePlexLab se produjo la formación en la teoría de Grafos, el diseño de esquema del modelo grafo y el testeo de este para la investigación que se presenta siendo la estancia dirigida por Juan Luis Suarez (Catedrático de la Western University of Ontario y director del CulturePlexLab) y el trabajo realizado en conjunto con



Fig. I. 13 Mapa temático que enseña las capas de la IDE histórica del ferrocarril en Andalucía, líneas según cronología construcción. Fuente: Ferreira Lopes, P. (2015)

Antonio Jiménez Mavillard. Los resultados de la estancia han generado algunas publicaciones conjuntas⁴⁵.

La segunda estancia, realizada en la UPV y dirigida por Agustín Azkate, ha aportado la experiencia de conocer los distintos proyectos llevados a cabo por el grupo, proporcionando una visión más completa del “ciclo” de proyecto en el ámbito patrimonial que puede ser fácilmente entendido a través del concepto de “cadena de valor” en la cual la “investigación básica” y la “investigación aplicada” acompañan los procesos de todos los proyectos llevados a cabo por el grupo. Asimismo, tres líneas de perspectivas y acciones que fueron luego contempladas en la presente tesis doctoral son también resultado de esta estancia: 1) la información sobre los elementos patrimoniales es, en sí misma, patrimonio, y que por eso debe ser conservada (Miranda, 2014); 2) un edificio concreto, como la Catedral de Sevilla, constituirá, en sí mismo, un sistema de significados a descubrir e interrelacionar; y, 3) Impulsar la implantación de tecnologías BIM y SIG en los centros de investigación y en la administración del Estado con el fin de generar una tutela patrimonial sostenible que sea capaz de abarcar la complejidad patrimonial en todas sus fases, desde la puesta en valor hasta la intervención, difusión y *feedback*⁴⁶.

La tercera estancia, realizada en el centro CLUE+ de la *Vrije Universiteit Amsterdam*, ha posibilitado el intercambio de experiencias y conocimiento, significativamente en el uso de la herramienta SIG en proyectos de investigación patrimonial. Una parte significativa de los resultados alcanzados han generado publicaciones⁴⁷.

La cuarta estancia, realizada en el CERIS *Civil Engineering Research for Innovation and Sustainability*, del Instituto Superior Técnico de Lisboa y supervisada por la profesora Ana Tomé, ha posibilitado a la doctoranda la colaboración en el proyecto “*Patrimonio Arquitectónico de Sintra*:

⁴⁵ Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suárez, J. (2016a; 2016b).

⁴⁶ La estancia ha generado sinergias entre los dos grupos de investigación que ha propiciado, por ejemplo, la participación de investigadores de la UPV, José Manuel Valle Mellón, en el “V Seminario de Estrategias del Conocimiento Patrimonial”, organizado por el grupo HUM799 en 2018.

⁴⁷ Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b); Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto F. (2018a); Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto F. (2018b)

creación de modelos BIM y SIG para su conocimiento, conservación, gestión y difusión” posibilitando ampliar su formación con otros casos de estudios.

El desarrollo y resultados finales de la investigación se enmarca en los proyectos “Tutela sostenible del patrimonio cultural a través de modelos BIM y SIG. Contribución al conocimiento e innovación social” (HAR2016-78113-R) y “Diego de Riaño, Diego de Siloé y la Transición del Gótico al Renacimiento en España. Arquitectura y ciudad: Técnica, lenguaje y Concepción Espacial” (HAR2016-76371-P), ambos financiados por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España (denominado anteriormente Ministerio de Economía y Competitividad).

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En este segundo capítulo se repasan los antecedentes y el estado de la cuestión que permiten contextualizar esta investigación. La transversalidad del proyecto y la complejidad temática abarcada en esta tesis harán necesario abordar el estado de la cuestión desde distintos enfoques: sobre el estudio de la producción edilicia en el contexto del tránsito a la Edad Moderna, sobre el SIG Histórico y sobre las aplicaciones de modelos mediante Grafo.

2.1 La investigación en el contexto del Tardogótico en Castilla

La idea de frontera con el mundo musulmán, ampliada a toda la Península cuando se formula desde Europa, y que se concreta a Andalucía, será un factor que permanecerá latente hasta entrado el s. XVI. Esta idea que confiere a la Península un papel periférico y aislado, sometida a los peores embates de las enfermedades y las guerras, fue difundida por la historiografía tradicional hasta bien entrado el siglo XX, pero ha sido discutida y puesta en crisis en épocas más recientes. Adeline Rucquoi propone una mirada alejada de estos prejuicios que muestra un reino castellano enormemente activo y renovador en vías de convertirse en un «Estado Moderno» organizado en instituciones más avanzadas que otras naciones europeas, situación que comparte con Portugal en esos años⁴⁸.

La reconquista supuso “el establecimiento de un nuevo modelo organizativo y social sobre el espacio conquistado”, que pudo consolidarse a medida que la frontera se alejaba hacia el oriente andaluz, hasta concluir con la guerra de Granada en 1492. Como recogía el médico y viajero alemán Jerónimo Münzer en su viaje por la Península durante esos años:

⁴⁸ Rucquoi, A. (2014:17-25).

“El rey, juntamente con la reina, una vez conquistada Granada y reducida España al mejor estado, se consagran ahincadamente a la religión, restauran iglesias, edifican otras nuevas y dotan numerosos monasterios”⁴⁹

En este proceso muchas ciudades adquirieron el papel de plazas fuertes o núcleos de articulación de los procesos de defensa y avance, de fronteras, quedando como elementos estructurantes recibiendo una mayor atención del poder. Ciudades, territorios y paisajes en su sentido más amplio van a ser transformados desde los proyectos territoriales de Alfonso X, hasta las acciones específicas y ocasionales a cargo de cabildos, grupos sociales o personajes específicos, como fueron los señores que protagonizaron las principales empresas militares en representación de los Reyes, como el Duque de Medina Sidonia, el de Arcos, o familias de gran influencia religiosa y cultural como los Mendoza⁵⁰. En todos estos casos el territorio y las empresas edilicias concretas se encuentran íntimamente enraizados, hasta el punto que cada obra no puede ser entendida de forma aislada, sino como parte de una compleja red de relaciones. Pongamos un ejemplo, la fundación del monasterio de la Cartuja en Jerez de la Frontera (Fig. I. 14) en el lugar que hoy ocupa fue resultado de una concatenación de decisiones en las que el territorio, el sentido de la propiedad y el mecenazgo estuvieron íntimamente relacionados. Reproduzcamos el documento del protocolo de fundación.

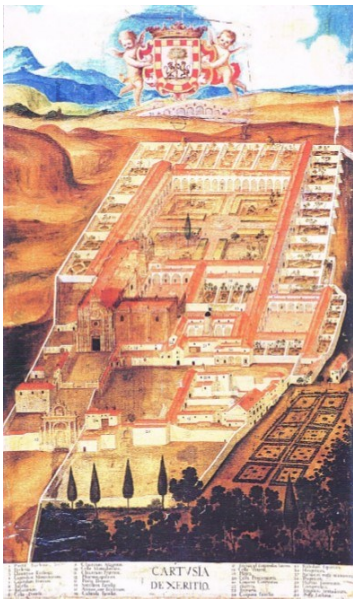


Fig. I. 14 Cartvsia de Xeritio, siglo XVII, anónimo. Colección Monasterio de la Grande Chartreuse.

“Después de haber el noble caballero Álvaro Obertos de Valetto hecho las suso dichas donaciones, parecióle no ser cosa justa que el Monasterio se fundase en la ermita de Sidueña, como estaba acordado, y la causa que le movió fue por ser en el término de la villa de El Puerto de Santa María, que es del Señor Duque de Medina Celi. Porque dijo que pues él daba sus bienes y heredamientos en tierras de Jerez, que es del Rey, que su voluntad era que la Casa se fundase en tierras del Rey. Pues como el Reverendo Padre Prior de las Cuevas y su Convento conocieron

⁴⁹ López Toro, J. (1951: 104). Este viajero alemán ofrece uno de los relatos más completos del estado de las ciudades y territorios de la península en estos años de finalización de la reconquista, certificando así una gran cantidad de datos sobre distancias recorridas en las jornadas de viaje, descripción de lugares y personajes, en una especie de Chorografía escrita del territorio peninsular. Resulta especialmente relevante la descripción del camino a Lisboa desde Sevilla, del que comentaremos más adelante.

⁵⁰ Romero, R. (2016, 49-78)

*la voluntad del fundador no la contradijeron, antes la aprobaron y tuvieron por buena y allegada a toda razón. Y así luego determinaron buscar en la tierra de Jerez un sitio conveniente a su propósito y agradable al fundador. Y vistos algunos lugares contentóles éste mas así por ser cerca del río Guadalete y tener huertas, viñas, arboledas y olivares y luego procuraron de lo comprar”*⁵¹

Esta tajante decisión del mecenas determinaría no sólo la ubicación del conjunto, también las formas de las arquitecturas desarrolladas y su imbricación en la estructura agraria de la zona, los caminos, su relación con canteras, abastecimiento de aguas, su relación compleja con el río Guadalete (Fig. I. 15), o la construcción en sus proximidades del único puente que salvará este río, y que tendrá un especial protagonismo en la relación de la ciudad de Jerez con el resto de la provincia gaditana.

La relación expuesta en este simple ejemplo implica a la arquitectura, sus mecenas (Fig. I. 16), maestros, lugares de abastecimiento, vertebración de una producción agrícola y la propia geografía del lugar, factores todos ellos determinantes del concepto contemporáneo de paisaje, cuyo conocimiento implica tanto al geógrafo, al historiador, al antropólogo, el arqueólogo o al arquitecto. Esta idea de paisaje que se adjetiva ahora de cultural surge desde diversos foros científicos y sociales que demandan su conservación ante la presión de los problemas derivados de las decisiones políticas y administrativas bajo la demanda del progreso, la expansión económica y especulativa⁵². La fragmentación desde la que se ha atendido el patrimonio cultural hasta entonces ha generado un aislamiento, intencionado unas veces e ignorantes otras, de muchos de nuestros monumentos que han quedado históricamente acotados a unas realidades materiales sublimadas en sus valores estéticos y formales, tipológicos y constructivos. En parte, este aislamiento tiene origen tanto en la autonomía disciplinar, reivindicada desde tantos foros científicos, como en la ausencia de herramientas eficaces para aglutinarlas y estructurarlas en redes de significados. Muchas han sido las iniciativas llevadas a cabo en la última parte del s. XX, que se multiplican



Fig. I. 15 Monasterio de la Cartuja en Jerez. Dibujado por David Roberts, 1835.



Fig. I. 16 Detalle del retablo de Santa María de Jesús. Pintura de Alejo Fernández hacia 1520. Publicada en: Serrera Contreras, Ramón María y Sánchez Mantero, Rafael (coord.) *La Universidad de Sevilla: 1505-2005: V centenario*. Universidad de Sevilla y Fundación el Monte 2005.

⁵¹ Folio XV del Protocolo Primitivo y de Fundación de la Cartuja Santa María de la Defensa de Jerez de la Frontera, transcrito en Mayo Escudero, J. (2001:26).

⁵² Martín Gutiérrez, E. (2004: 19)

exponencialmente en el actual.

Desde esta perspectiva, y volviendo al objeto de estudio, las claves para entender la evolución del territorio andaluz al finalizar el s. XV, se sitúan tras cada etapa de la reconquista, con la pacificación del territorio, la estructuración de sus propiedades cultivadas e incultas, la amortización de las redes de caminos e infraestructuras romanas e islámicas, la consolidación de los núcleos poblacionales más importantes y la realización de empresas edilicias. Y será en este contexto donde la arquitectura desarrollada en esta época adquiera un papel relevante, no sólo porque contribuyó a la creación de un tejido industrial y productivo, sino al desarrollo del Arte que asumen su papel como resultado de la prosperidad, aunque por desgracia, esta fuera sólo la de una parte de la sociedad. Las empresas edilicias que se proyectan y materializa desde la finalización de esta etapa de reconquista hasta el inicio de la Edad Moderna, acompañada de los beneficios del papel protagonista de Andalucía en la colonización del Nuevo Mundo, entre finales del s. XV y mediados del s. XVI, coinciden con un fenómeno de expansión de un lenguaje formal y unas técnicas constructivas que serán la primera expresión más clara de una Europa en auge, y el testimonio de la colonización en las nuevas tierras. Este fenómeno no es otro que lo que viene a denominarse como Tardogótico.

Las empresas constructivas englobadas bajo esta denominación han participado de forma sustancial, el paisaje cultural actual y asumen parte de las acciones de estructuración e identidad. La interpretación completa de este territorio supondría atender los diversos modos de antropización a partir de las preexistencias, desde la ocupación de espacios para residir, trasladarse y comunicarse, cultivar o dejar sin uso. Este trabajo es de enorme magnitud, y está siendo reclamado desde distintos enfoques que demanda recursos para encontrar lugares de encuentro.

Repasemos las principales iniciativas que han intentado arrojar luz sobre este fenómeno, para plantear posteriormente diversas hipótesis de trabajo que contribuyan a situarlo en el contexto aquí trazado. Dibujaremos una cartografía del estado de la cuestión acerca de la investigación de la Arquitectura Tardogótica en la Península y, en

particular hemos seleccionado aquellas contribuciones que, de alguna forma, han esbozado la cuestión migratoria, los flujos de los profesionales⁵³.

Las investigaciones acerca de la arquitectura denominada “tadogótica” en el marco de la Corona de Castilla, una arquitectura llamada también paneuropea⁵⁴ o supranacional⁵⁵, han crecido significativamente en las últimas décadas⁵⁶. En 2004 el proyecto I+D+i “Arquitectura Tardogótica en Castilla: los arquitectos (1440-1575)”⁵⁷ se desarrolla con el objetivo principal investigar las biografías de los principales profesionales del Patrimonio Tardogótico en la Corona de Castilla. En él se creó la primera versión de la base de datos: “*Archibase 1.0*”. Además, se investigó acerca del colectivo de profesionales europeos llegados a Castilla y el conjunto de saberes que trajeron y el uso del dibujo en la creación arquitectónica. A partir de este mismo año, el “Grupo de Investigación de Arquitectura Tardogótica”⁵⁸ viene desarrollando también varias publicaciones sobre el tema. Como uno de los resultados del proyecto se ha publicado el libro “Los últimos arquitectos del Gótico”⁵⁹.

En 2010 se celebran en Santander el “I Congreso Internacional La Arquitectura Tardogótica entre Europa y América”, un encuentro asociado al proyecto I+D+i “Arquitectura y poder: el Tardogótico castellano entre Europa y América”⁶⁰. La reunión fue el foro para que

⁵³ Sin duda cabe citar las importantes aportaciones de Joaquín Yarza en el seno de los estudios artísticos del siglo XV. Y los estudios de Stephan Murray sobre la arquitectura gótica, del cual destacaría su proyecto *Mapping Gothic France* (<http://mappinggothic.org>) en el cual ha desarrollado una plataforma interactiva que relaciona imágenes, planos, fichas y geolocalización, una base de datos relacional digital que puede ser utilizada como herramienta de investigación y difusión.

⁵⁴ García Cuetos, M. P. (2011).

⁵⁵ Alonso Ruiz, B. (2011b)

⁵⁶ Sobre el estado de la cuestión anterior al XXI ver Alonso Ruiz, B. (2003:15-24). Según Alonso Ruiz, no existe hasta 2003 estudios monográficos que traten sobre los arquitectos más significativos.

⁵⁷ Proyecto HUM 2004-02530/Arte. Investigador Principal: Begoña Alonso Ruiz. Investigadores: Ana Castro Santamaría; M^a Pilar García Cuetos; Alfonso Jiménez Martín; Felipe Pereda; Juan Clemente Rodríguez Estévez; Gema Rumoroso Revuelta.

⁵⁸ Grupo de Investigación de Arquitectura Tardogótica. (s. f.).

⁵⁹ Alonso Ruiz, B. (2010).

⁶⁰ Proyecto HAR2008-04912/ARTE. Investigador Principal: Begoña Alonso Ruiz. Investigadores: Ana Castro Santamaría; Luis Cuesta; Ricardo Nunes da Silva; Juan Clemente Rodríguez Estévez.

varios expertos expusiesen sus investigaciones y estudios acerca del fenómeno y sirvió para generar futuros debates y sesiones de trabajo. De cierta manera, podríamos afirmar que tal encuentro fue quizás el punto de partida de la tesis que presentamos.

Las aportaciones y los debates de la reunión luego se materializaron en la publicación del libro “La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América”⁶¹, sin duda, una obra con una mirada transdisciplinar y de multi-perspectivas. En concreto para el presente trabajo destacamos la contribución de García Cuetos, en la cual trata de estudiar algunas piezas del puzle de las cuestiones acerca de los orígenes de los maestros que llegan a Castilla en el XV; la aportación de Alonso Ruiz, en la cual traza una cronología de la sucesión de maestros y talleres en Castilla dibujando el desarrollo de la arquitectura; Rodríguez Estévez, tratando de estudiar la producción arquitectónica de Andalucía y su proyección sobre Canarias, en especial los proyectos de gran envergadura de edificios religiosos de Sevilla y Las Palmas; Romero Bejarano y Romero Medina, enfocan en la biografía del maestro Pedro Fernández de la Zarza y su producción en la Baja Andalucía; Pinto Puerto y Romero Bejarano, profundizan en un marco local – a micro escala- acerca de la capilla del Socorro de la Iglesia de San Miguel de Jerez de la Frontera; Alfonso Jiménez, sobre ciencia del dibujo; Serra Desfilis, de la difusión e intercambios entre la Corona de Aragón y la Península; Marías, sobre la terminologías y definición del “tardogótico”.

También en 2010, se inicia el proyecto MAGISTER “*Arquitetura tardogótica em Portugal: protagonistas, modelos e intercâmbios artísticos (séc. XV-XVI)*”⁶² que proporcionará de cierta manera ampliar el marco territorial hacia Portugal para el estudio de la movilidad de los principales protagonistas, los mecanismos de contratación y la

⁶¹ Alonso Ruiz, B. (2011a).

⁶² Proyecto PTDC/EAT-HAT/119346/2010 (duración 2010-2015) financiado por la Fundación para la Ciencia y Tecnología de Portugal. Institución responsable: ARTIS – *Instituto de História da arte Faculdade de letras de Lisboa*. Investigador Principal: Fernando Jorge Artur Grilo. Investigadores participantes: Ana Patricia Rodrigues Alho, Filipe Alexandre Duarte González Migães de Campos, Ricardo Jorge Nunes da Silva, Joana Maria Balsa Carvalho de Pinho, Begoña Alonso Ruiz y Juan Clemente Rodríguez Estévez.

organización de las fábricas.

En 2012 el proyecto “Arquitectura Tardogótica en la Corona de Castilla: Trayectorias e Intercambios”⁶³ da un nuevo impulso al estudio del tardogótico, ahora profundizando en el carácter supranacional de la actividad edilicia y artística, en el intercambio de saberes y experiencias.

En diciembre de 2013 se firma un Convenio de colaboración entre los grupos de investigación de las Universidades de Cantabria, Sevilla, Lisboa y Palermo para la creación de la *Red Temática de Investigación Cooperativa sobre el Arte Tardogótico (siglos XV-XVI), Red Tadogótico*, con el fin de potenciar la investigación en dicho tema, conseguir un óptimo aprovechamiento de los recursos disponibles por sus integrantes, integrar líneas de investigación y promover la difusión conjunta de los resultados.

En 2014 el proyecto “Cultura visual en tiempos de cambio social: la promoción artística en época de Juan II y Enrique IV de Castilla (1405-1475)”⁶⁴, sigue avanzando en el estudio del gótico tardío, ahora con la mirada en la Corona, los mecenas/patronos de las obras producidas, abordando también las relaciones e intercambios que fueron establecidos no solo a escala peninsular pero también, europea. En 2014, como un primer resultado de la creación de la Red y en el marco del Proyecto, se publica el libro “Arquitectura Tardogótica en la Corona de Castilla: trayectorias e intercambios”⁶⁵.

⁶³ Proyecto HAR2011-25138. Investigador Principal: Begoña Alonso Ruiz (Universidad de Cantabria). Equipo Investigador: Emma Cahill Marrón (Universidad de Cantabria), Ana Castro Santamaría (Universidad de Salamanca), Luis Javier Cuesta Fernández (Universidad Iberoamericana, México), Javier Ibáñez (Universidad de Zaragoza), Alfonso Jiménez Martín (Universidad de Sevilla), Ricardo Nunes da Silva (Universidad de Lisboa), Julio Polo Sánchez (Universidad de Cantabria), Juan Clemente Rodríguez Estévez (Universidad de Sevilla), Amadeo Serra Desfilis (Universidad de Valencia) y Fernando Villaseñor Sebastián (Universidad de Cantabria).

⁶⁴ Proyecto HAR2014-54220-JIN. Investigador Principal: Fernando Villaseñor Sebastián; Equipo Investigador: Begoña Alonso Ruiz (Tutora, Universidad de Cantabria); Julio J. Polo Sánchez (Universidad de Cantabria); Amadeo Serra Desfilis (Universidad de Valencia); Dolores Teijeira Pablos (Universidad de León). Equipo de trabajo: Elena Martín Martínez de Simón y Delmira Custodio Espada.

⁶⁵ Alonso Ruiz, B. y Villaseñor Sebastián, F. (2014).

También en 2014 el proyecto “Los diseños de arquitectura en la Península Ibérica entre los siglos XV y XVI. Inventario y catalogación”⁶⁶ se desarrolla con el objetivo principal el desarrollo de un inventario y catalogación, un *Corpus* estandarizado con criterios de delineación definidos que permitan *facilitar la difusión y transferencia* de los estudios realizados.

En relación a los estudios y publicaciones que han aportado de manera más explícita el componente geográfico-temporal y las relaciones de flujos de profesionales, transporte o materiales habría que destacar: la investigación de José Custódio Vieira da Silva en su publicación “*O tardo-gótico em Portugal: a arquitectura no Alentejo*” que siguiendo la línea de Braudel, introduce la cuestión del espacio aportando pistas acerca de la comunicación y relación entre los centros de producción portugueses y los de Castilla y Cataluña por el mediterráneo y por las vías peninsulares que dibujará los viajes de la arquitectura tardogótica de *Évora y sus zonas de influencia*⁶⁷; las investigaciones de Juan Clemente Rodríguez Estévez⁶⁸ – en cuanto al transporte de materiales, las canteras y los canteros de la catedral de Sevilla.

Como se ha podido observar, algunas de estas investigaciones han implementado un procedimiento de investigación a partir de los actores de la producción arquitectónica tardogóticas, sean estos realizados por la biografía de ellos, solo o combinados, con el fin de percibir los resultados e influencias de sus acciones. Y que quizás lo han realizado de manera intuitiva, “algo que los mejores historiadores han practicado”⁶⁹. En este sentido, esta tesis lo que intenta es que esta “*intuición*” que proceden del método histórico realizado sea sistematizado a partir de una combinación de factores, categorías y herramientas con el fin de proporcionar relaciones entre los datos de las fuentes documentales, acercándonos a modelos capaces de leer y

⁶⁶ Proyecto HAR2014-54281-P. Investigador Principal: Javier Ibáñez (Universidad de Zaragoza). Equipo Investigador: Begoña Alonso Ruiz (Universidad de Cantabria), M^a Isabel Álvaro Zamora (Universidad de Zaragoza), Ana Castro Santamaría (Universidad de Salamanca), Alfonso Jiménez Martín (Universidad de Sevilla), Ricardo Nunes da Silva (Universidad de Lisboa) y M^a José Tarifa (Universidad de Zaragoza).

⁶⁷ Silva, J.C.V. da (1989)

⁶⁸ Rodríguez Estévez, J. C. (1998)

⁶⁹ Imízcoz Beunza, J.M. (2017: 68)

analizar la complejidad de esta producción. En lo que a este trabajo respecta, serán dos sistemas de trabajo y sus respectivas herramientas digitales las que han permitido un mayor avance, SIG y GRAFOS.

2.2 El papel de los SIG en Patrimonio Cultural e Historia

2.2.1 Breve definición

Antes de pasar a exponer el estado de la cuestión, tenemos que concretar que es un SIG. Conviene insistir en que un SIG no es meramente un programa de cartografía por ordenador, no solo es una herramienta de geolocalización, ni un software de tipo CAD (Diseño Asistido por Ordenador). Además de crear mapas, la herramienta SIG tiene ciertas funciones para dibujar, visualizar, analizar y gestionar datos. A diferencia de un CAD, un SIG es capaz de relacionar datos con elementos gráficos y generar nuevas informaciones mediante procesamiento, consulta, selección, análisis e interpretación. Lo singular del SIG reside en su capacidad para almacenar y organizar grandes masas de información georreferenciada, esto es, localizadas en un espacio exacto en el territorio, trabajar con distintas fuentes documentales (tablas, textos, imágenes, cartografías históricas, estadísticas) y realizar análisis espaciales a distintas escalas y niveles de información. En este sentido, el uso de los SIG lo hacen idóneo para resolver problemas de planificación y gestión para la toma de decisiones.

Burrough⁷⁰ define 3 categorías claves: 1) una poderosa caja de herramientas para la recolección, almacenaje, recuperación, transformación y visualización de datos del mundo real; 2) un sistema gestor de bases de datos con los que se pueden realizar un conjunto de procedimientos con el objetivo de dar respuesta a consultas espaciales y alfanuméricas; 3) la posibilidad de que una entidad institucional con una estructura organizativa que integra tecnología, recursos humanos especializados y capacidad económica suficiente para una actualización continuada, pueda centralizar y garantizar su funcionamiento y utilidad

⁷⁰ Burrough, P. A. y McDonnell, R. A. (1998).

colectiva.

También podemos encontrar otras definiciones como:

*“Un sistema computarizado que proporciona cuatro sistemas de capacidades para manejar datos georreferenciados: entrada de datos, administración de datos (almacenaje y recuperación de datos) manipulación, análisis y salida de datos”*⁷¹

*“Conjunto de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión”*⁷²

*“Un sistema de información computarizado que procura capturar, almacenar, manipular, analizar y exhibir los datos tabulares espacial referidos y asociados de la cualidad, para solucionar problemas complejos de la investigación, del planeamiento y de la gerencia”*⁷³

De esa manera, un Sistema de Información Geográfica es un sistema computacional que permite manejar información sobre fenómenos o características vinculadas a una ubicación. Tiene la funcionalidad de una Base de Datos convencional con la funcionalidad añadida correspondiente al componente espacial del dato, que permite manejar explícitamente el espacio a partir de datos alfanuméricos y gráficos⁷⁴. Con el SIG, los usuarios pueden realizar numerosos análisis a partir de un número finito de datos, como explorar la distribución de patrones y de características específicas, investigar interrelaciones, visualizar mediante superposición de capas diferentes informaciones, etc. Los análisis realizados pueden ser solamente visuales o se pueden aplicar consultas, filtros, parámetros y cálculos más complejos.

El concepto del SIG surgió durante la década de los sesenta y casi que simultáneamente en Canadá y en Estados Unidos mediante la colaboración entre sector público y privado. Si hablamos de SIG como

⁷¹ Aronoff, S. (1989).

⁷² Definición en 1990 del *National center for Geographic Information and Analysis (NCGIA)* de USA

⁷³ Fischer, M.M. y Nijkamp, P. (1992).

⁷⁴ Gregory, I. N. y Reinhold, A. (2017).

una automatización-computacional, uno de los pioneros⁷⁵ en este campo fue el grupo liderado por Roger Tomlinson, que creó el primer SIG, conocido como SIGC (Sistema de Información Geográfica de Canadá), para la gestión del uso del suelo⁷⁶. A partir de este momento el término “Sistema de Información Geográfico” pasó a ser difundido y más conocido mundialmente. En los EEUU, los Actos Nacionales de Política Ambiental (*National Environmental Policy Act – NEPA*) continúan con la línea de aumentar la gestión del uso del suelo y la protección ambiental⁷⁷. En 1962 se establece el Inventario de Tierras de Canadá (*Canada Land Inventory*), generando la información de las tierras productivas canadienses, cerca de 1500 mapas fueron creados y sus informaciones, clasificadas. En 1965, Howard Fisher funda el Laboratorio de Computación Gráfica en la Facultad de Diseño de Harvard, y crea el proyecto SYMAP (*Synagraphic Mapping Technique*), un *pack* de programas de ordenador que generaban mapas (puntos, líneas y áreas como información de entrada) a partir de combinaciones de claves alfanuméricas con salida en impresoras de línea⁷⁸ (Fig. I. 17).

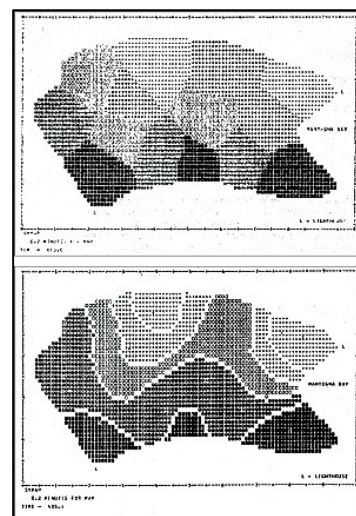


Fig. I. 17 Ejemplos de mapas generados por SYMAP. Fuente: Steiniezt, 2013. Beginnings of Geodesign: A Personal Historical Perspective. Fuente: ESRI ArcNEWS. Recuperado de <http://www.esri.com/esri-news/arcnews/summer13articles/beginnings-of-geodesign-a-personal-historical-perspective>

2.2.2 El SIG en la investigación del patrimonio y de la historia

En la década de los ochenta, con el trabajo de Hasenstab⁷⁹ el término “SIG” empieza a ser introducido en los estudios de arqueología. Siguiendo la línea de esas iniciativas, en la última década los avances en el SIG han direccionado su uso potencialmente como herramienta de análisis, gestión y visualización de gran masa de datos para toma de decisiones complejas. Asimismo, su aplicación ha expandido los

⁷⁵ Aunque debemos siempre tener en cuenta que el fenómeno de creación del SIG está asociado a muchas otras experiencias anteriores, como podría ser el proyecto TIGER o incluso las experiencias de los arquitectos y planeadores urbanos que utilizaban la yuxtaposición de planos para observar diferencias en la geografía física del espacio o mismo trazar planos temáticos (Foresman, T. W., 1997: 4).

⁷⁶ Foresman, T. W. (1997:10). En este momento Canadá pasaba por un proceso de despoblamiento de la zona rural y había una mayor necesidad de gestión de los recursos. El gobierno de Canadá empieza a ver y pensar en su papel cuanto a la toma de decisión en la gestión del uso del suelo y de recursos naturales, y en la monitorización de las transformaciones del territorio.

⁷⁷ Foresman, T. W. (1997:10)

⁷⁸ Foresman, T. W. (1997:37)

⁷⁹ Hasenstab, R. J. (1983)

trabajos específicos realizados inicialmente en geografía y ciencia a otras disciplinas como la economía, arqueología, historia, las ciencias sociales y otros campos.

En el caso de su aplicación al ámbito patrimonial, el SIG se introduce más significativamente en estudios de arqueología a partir de los 80⁸⁰. Kvamme, por ejemplo, subraya la importancia de la aplicación del SIG en el trabajo arqueológico enfocando su uso para el desarrollo de pruebas estadísticas de datos medioambientales (datos de naturaleza continua) mediante SIG, antes difíciles de implementar dado la cantidad de información. Con este estudio Kvamme⁸¹ muestra la rapidez y eficacia de la herramienta, pero también los nuevos problemas surgidos, como por ejemplo la cuestión del tamaño de la celda a ser considerada⁸².



Fig. I. 18 Portada publicación «GIS and Cultural Resource Management». Fuente: Paul Box, 1999. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001162/116270Eo.pdf>

El registro del patrimonio, la recopilación y tratamiento de documentación y la gestión de la información son actividades fundamentales en todos los niveles de preservación histórica. El SIG fue adoptado por primera vez en la UNESCO *World Heritage Site* en 1992 para crear el Plan de Gestión en Angkor⁸³. Las varias experiencias iniciales condujeron luego a una importante publicación «*GIS and Cultural Resource Management*», un manual para la introducción y empleo de los SIG como herramienta para la gestión de los recursos culturales tanto a una escala local como nacional ⁸⁴ (Fig. I. 18). Esta publicación, a pesar de ser bastante resumida, apunta ya en este momento no solo el reconocimiento de la utilidad de la herramienta SIG por parte de la UNESCO, también demuestran su interés por incentivar su aplicación para la gestión de recursos culturales «*culture resource management*» (CRM en adelante). El manual plantea una

⁸⁰ Hasenstab, R. J. (1983); Kvamme, K. L. (1983; 1990a; 1990b); Van Leusen, P. M. (1993; 1999); Burton, D. (1996); CIDOC (1995); Fisher *et al.* (1997).

⁸¹ Cada ráster (imagen) está formada por una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en cuadrícula. Cada una de las celdas contiene un valor que representa una información.

⁸² Kvamme K. L. (1990b).

⁸³ Wager, J. (1995); Fletcher, R. *et al.* (2007). Avances considerables han sido alcanzados en el campo de la arqueología con modelos de predicción aplicando SIG, consultar Verhagen, P. *et al.* (2013), Verhagen, P. *et al.* (2016), Whitley *et al.* (2010). Para ver detalles sobre el estado de la cuestión acerca del empleo de SIG en arqueología consultar Verhagen, P. (2018).

⁸⁴ Box, P. (1999)

introducción al SIG, la primera parte discurre acerca de los conceptos básicos, componentes, tipos de consultas, análisis y visualizaciones; la segunda acerca de la adquisición y gestión de los datos espaciales y la tercera acerca de la estrategia de implementación para la CRM. Asimismo, en los últimos años, el desarrollo de aplicaciones webs ha proporcionado una mayor accesibilidad e interacción entre nuevos usuarios y el SIG permitiendo mayor difusión de su empleo a la vez que reducir los costes de mantenimiento y de softwares.

Desde entonces, el uso del SIG en patrimonio, en las diversas disciplinas que el trabajo patrimonial conlleva (arqueología, geología, historia, geografía, arquitectura, química, etc.) se ha elevado considerablemente. El uso del SIG actualmente se encuentra muy extendido en el ámbito patrimonial y han demostrado una mejora sustancial tanto para la generación de conocimiento como para la gestión y difusión de la información patrimonial. Como referencia, a nivel nacional podemos citar la Base de Datos del Patrimonio Inmueble de Andalucía (SIPHA)⁸⁵, el Sistema de Información Patrimonial de Santiago de Compostela⁸⁶ o la *Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Arqueológica da Idade de Ferro de Galicia*⁸⁷. Después de las instituciones, el cuerpo académico es quizás el mayor generador de datos patrimoniales. Debido a su componente espacial, gran parte de esos datos podrían ser guardados o relacionados con la herramienta SIG, es decir, publicados como una IDE⁸⁸. No obstante, debido a una serie de cuestiones, como la aplicación de estándares que racionalicen su uso, como por al propio mantenimiento de la información, todavía no hemos conseguido alcanzar un avance considerable en este tema ⁸⁹.

⁸⁵ IAPH (s. f.). Sobre el trabajo que viene realizando el Centro de Documentación y Estudios del IAPH desde 2007 consultar Torres, D. V. y Piñeda, A. P. (2011) y Cacho, S.F. (2011)

⁸⁶ Consorcio de Santiago (s.f.)

⁸⁷ IdeCastrexo. (s. f.)

⁸⁸ Proyectos como “Casa Montero Project” dan los primeros pasos en esta dirección. El proyecto permite el acceso a los datos generados durante el proceso de excavación y estudio arqueológico. Mediante una plataforma online, la estructura de datos puede ser consultada, permitiendo no solo la visualización, pero también las relaciones entre las características, artefactos y objetos. Proyecto Casa Montero es una IDE arqueológica (CSIC). Ver Portal Casa Montero. (2011)

⁸⁹ Con relación a iniciativas/estudios acerca de la preservación y sostenibilidad de la información patrimonial espacial, se destaca a nivel nacional la tesis doctoral desarrollada por

A partir de finales del s. XX y principios del s. XXI el SIG empieza también a ser aplicado en investigaciones históricas⁹⁰. En marzo de 2004, el congreso «*History and Geography: Assessing the Role of Geographical Information in Historical Scholarship*» organizado por la Biblioteca Newberry en Chicago consiguió reunir importantes investigadores como Anne Kelly Knowles y Ian Gregory. Las publicaciones de Knowles junto con las realizadas por Ian Greogory y Ell⁹¹ acabaron por marcar gran parte de las bases iniciales del HSIG⁹². Más recientemente, otras aportaciones significativas en este campo son: «*DECIMA Project We put Florentine history on the map*» desarrollado por la Universidad de Toronto⁹³; el proyecto «*Mapping Gothic France*» de la *Media Center for Art History, Columbia University* y *Art Department, Vassar College* dirigido por Stephen Murray, Andrew Tallon, y Rory O'Neill⁹⁴; el proyecto y publicación «*Spatio-Temporal Narratives: Historical GIS and the Study of Global Trading Networks (1500-1800)*» dirigido por Anna Crespo Solana⁹⁵; el proyecto «Signos Lapidarios» dirigido por Rafael Fuster Ruiz, Jordi Agudé Torrell y Álvaro Rendón Gómez⁹⁶; el proyecto HISD-MAD IDE histórica de la ciudad de Madrid desarrollado por el CSIC⁹⁷; los estudios desarrollados y publicados por Bonnell y Fortin⁹⁸ y

Álvaro Rodríguez Miranda (Rodríguez Miranda, A., 2014) de la Universidad del País Vasco. Asimismo, este tema es actualmente parte de una convocatoria europea H2020 – “*Curation of digital assets and advanced digitisation*”(topic identifier: DT-Transformations 12-2018-2020) lo que indica la búsqueda de una solución eficiente para esta cuestión. Volveremos a discutir esa cuestión en la Parte II y III de esta tesis.

⁹⁰ Bonnell J. y Fortin, M. (2014).

⁹¹ Knowles, A. K. (2002); Knowles, A. K. y Hillier, A. (eds.) (2008); Gregory, I. N. (2005); Gregory, I.N. y Ell, P. (2007).

⁹² Sistema de Información Geográfico Histórico. En los últimos años se empieza a designar la terminología HSIG para los estudios que utilizan datos espaciales históricos, entendiendo por esos datos no solamente historiográficos sino datos del pasado, pudiendo también representar datos físicos geográficos antiguos. Esa misma transformación terminológica también ha ocurrido con otras herramientas/tecnologías, como es el caso del HBIM (*Historic Building Information Modeling*), un modelo de información 3D para patrimonio cultural y edificios históricos.

⁹³ Terpstra, N. (2016)

⁹⁴ Murray, S., Tallon, A. y O'Neill, R. (2011)

⁹⁵ Crespo Solana, A. (2014)

⁹⁶ Fuster Ruiz, R., Agudé Torrell, J. y Rendón Gómez, A. (2013)

⁹⁷ Ramiro Fariñas, D. dir. (2013)

⁹⁸ Bonnell J. y Fortin M. (2014)

Bentkowska-Kafel, Hugh y Drew⁹⁹; las investigaciones en de la ámbito de la “literatura espacial”, como los realizados por Ian Gregory¹⁰⁰ y Daniel Alves¹⁰¹. Otras aportaciones que presentan una mayor profundización acerca del empleo de la herramienta SIG enfocando al análisis geo-temporales son los publicados por Langran¹⁰², Peuquet¹⁰³, Wachowicz¹⁰⁴ y Massey¹⁰⁵.

A principios del siglo XXI, han sido también creadas importantes encuentros científicos que han dado lugar a publicaciones que tratan de la aplicación del SIG en el ámbito patrimonial como el *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* y el *Digital Heritage Conference Proceedings*. Y, por otro lado, algunas series de publicaciones de editoriales de prestigio como la *Lecture Notes in Computer Science* de la editorial Springer también ha sido una importante fuente de publicación de proyectos y estudios.

Asimismo, en las últimas dos décadas se observan algunas iniciativas (desde cursos, manuales a plataformas de enseñanza digitales)¹⁰⁶ que buscan la enseñanza de la herramienta para investigadores y profesionales de las disciplinas de Humanidades¹⁰⁷. Estas iniciativas buscan enseñar:

⁹⁹ Bentkowska-Kafel, A., Denard, H. y Baker, D. (2012).

¹⁰⁰ Murrieta-Flores, P., Donaldson, C. E., Gregory, I. N. (2017); Porter, C., Atkinson, P., Gregory, I.N. (2018); Taylor, J. E., Donaldson, C. E., Gregory, I. N., y Butler, J. O. (2018)

¹⁰¹ Alves, D. y Queiroz, A. I. (2013); Queiroz, A.I. y Alves, D. (2015)

¹⁰² Langran, G. (1992);

¹⁰³ Peuquet, D.J. (1994; 1999).

¹⁰⁴ Wachowicz, M. (1999).

¹⁰⁵ Massey, D. (1999)

¹⁰⁶ Entre los manuales/guías destacaríamos Owens, J. B (2014); Gregory, I. N. (2003); Blossom, J. (2015)

¹⁰⁷ Lo que hoy se configura como el área de “Humanidades Digitales”. En esta nueva área el SIG es también una de las tecnologías para tratar de “problemáticas” en casos de estudios de Humanidades. Algunos investigadores incluso adoptan términos como Humanidades Espaciales (*Spatial Humanities*) (Bodenhamer, D. J., Corrigan, J. y Harris, T. M., 2010) o GeoHumanidades (*GeoHumanities*) (Fish, S., 2011, junio 13)

“cómo se manejan las nuevas tecnologías y cómo traducir la información digital a interfaces legibles con el fin de asegurar su correcta transcripción y análisis.

*Dado el tiempo necesario que puede implicar aprender aspectos de las disciplinas, como la geografía o las ciencias computacionales, son cada vez más comunes las colaboraciones entre las mismas, aunque el desafío sigue estando en la idealización que cada uno tiene del proyecto respecto a la realidad de lo que realmente puede lograr¹⁰⁸. Este aspecto nos llevaría a plantear la necesidad de una formación que permitiese la incorporación de los conocimientos digitales con más protagonismo en las Humanidades, como la iniciativa del proyecto *Programming Historian*¹⁰⁹ o los cursos que están siendo impartidos por diferentes instituciones, especialmente en los últimos cinco años¹¹⁰. La gran acogida de esos cursos y proyectos docentes y su demanda empieza a consolidar la idea de que es necesario el aprendizaje de cara a adquirir los conocimientos básicos y entender el vocabulario y terminologías de lo digital. Del mismo modo, esta tendencia propicia la colaboración entre disciplinas, ya que el nivel alcanzado en estos momentos de iniciación, en la mayoría de los casos, no alcanza una profundidad de desarrollo suficiente.”¹¹¹*

2.2.3 Revisión Sistemática de la Literatura. La aplicación de los SIG en patrimonio cultural¹¹²

El objetivo del presente apartado es presentar una revisión sistemática (RS) de la literatura sobre la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el ámbito del patrimonio cultural. Para ello fueron consideradas las bases de datos WOS y Scopus. Actualmente, se carece de revisiones específicas de literatura y resúmenes de la producción científica acerca del uso del SIG en el ámbito patrimonial. Por lo tanto, queremos aportar a la comunidad científica un estudio objetivo y

¹⁰⁸ Jaskot et al. (2015)

¹⁰⁹ The Programming Historian. (2018)

¹¹⁰ Entre otras experiencias, las realizadas en *Middlebury College*, *Lancaster University*, *Oxford University*, y los workshops en los congresos Humanidades Digitales (*Digital Humanities – DH*) y en el *European Social Science History Conference* (ESSHC).

¹¹¹ Ferreira Lopes, P. (2018b)

¹¹² Este apartado es parte de la publicación Ferreira-Lopes, P. (2018a).

sistemático de ese tema con el fin de responder a cuestiones como: en qué categorías patrimoniales y dominios es más aplicado; qué tipos de análisis son realizados y cuáles son las otras TIs o herramientas que han sido utilizadas en conjunto con el SIG. La revisión de la literatura ha permitido una evaluación detallada sobre el enfoque del empleo de los SIGs en las investigaciones actuales, verificando donde se han producido los resultados más sólidos, pero también sus desafíos y problemas más frecuentes.

Revisiones de la literatura existentes

La búsqueda por revisiones de la literatura con los términos «GIS Y literature review» y «Geographic Information Systems Y literature review» fue realizada en las bases de datos de Scopus y Web of Science (WOS) sin límite de fecha de publicación y sin restricción de idioma. Fueron encontradas revisiones no sistemáticas¹¹³ y sistemáticas¹¹⁴. Sorprende que el número de revisiones es bastante reducido, tan solo 8, y tratan fundamentalmente de estudios que aplican el SIG en disciplinas como ciencias ambientales, salud, geografía y antropología (Tabla I. 1). Este resultado preliminar subraya la necesidad de realizar una revisión de la literatura del SIG en las Humanidades, y

Fuente Base de Datos	Título	Autor(es)	Año	Publicación/Fuente	Campo/disciplina	Revisión Sistemática
WOS	GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature	Jacek Maczewski	2006	International Journal of Geographical Information Science	Geografía	Sí
WOS	Identifying GIS Measures of the Physical Activity Built Environment Through a Review of the Literature	Eboneé N. Butler, Anita M.H. Ams, Jill Reedy, and Heather R. Bowles	2011	Journal of Physical Activity and Health	Salud	Sí
WOS	GIS Technology in Environmental Protection: Research Directions Based on Literature Review	Malgorzata Gajos y Edyta Sierka	2011	Polish Journal of Environmental Studies	Ciencias Ambientales	Sí
WOS	Exploring Childhood Lead Exposure through GIS: A Review of the Recent Literature	Cem Akkus y Esra Ozdenerol	2014	Int J Environ Res Public Health.	Salud y Ciencias Ambientales	Sí
Scopus	Human Factors in GIS Use: A Review and Suggestions for Research	Tonda Bone y Dena Johnson	2007	Proceedings of the Information Systems Education Conference	Antropología	No
Scopus	Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems in Flood Management: A Review	Emmanuel Opolot	2013	Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology	Geología y Ciencia del Suelo	No
Scopus	Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review	M.M. Maina, M.S.M. Amin & M.A. Yazid	2014	Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science	Agricultura	No
Scopus	Evaluation of Microalgae Biofuel Production Potential and Cultivation Sites Using Geographic Information Systems: A Review	Sharma, B., Brandes, E., Khanchi, A. et al.	2015	Bioenergy Research	Agricultura y Ciencias Ambientales	Sí

Tabla I. 1 Publicaciones de revisión de la literatura del SIG. Elaboración propia.

¹¹³ Bone, T. y Johnson, D. (2007); Opolot, E. (2013); Maina, M.M., Amin, M.S.M., Yazid, M.A. (2014)

¹¹⁴ Malczewski, J. (2006); Akkus, C. y Ozdenerol, E. (2014); Butler, E. N. et al. (2011); Gajos, M. y Sierka, E. (2012); Sharma, B. et al. (2015)

especialmente en el campo del patrimonio cultural.

A través del estudio de un compendio de publicaciones de una determinada temática, los investigadores podrán conocer con mayor facilidad y claridad su estado de la cuestión. Igualmente, un examen continuo de la literatura permitirá una visión integral y enseñará las debilidades y potencialidades de esas áreas. En este sentido, la revisión ofrece la oportunidad de averiguar carencias, enseñar dónde las investigaciones han sido insuficientes, mostrar tendencias y contribuir al desarrollo del conocimiento.

Método de la revisión

Esta revisión sistemática (RS) fue realizada de acuerdo con las guías de Gough, D., Oliver, S. y Thomas, J.¹¹⁵ y dividida en 10 fases: (1) Verificación de la necesidad de revisión la literatura; (2) Definición de las preguntas, esas aportarán la estructura particular de cada revisión y van a determinar las decisiones claves, por ejemplo, qué tipo de estudios incluir, dónde realizar la búsqueda, cómo acceder a ellos o cómo unir sus hallazgos; (3) Definición de los criterios de inclusión de la publicaciones para la muestra, por ejemplo, por idioma, ubicación o fecha; (4) Elección de las bases de datos bibliográficas para la búsqueda de las publicaciones; (5) Realización del proceso de cribado. En esta fase se verifica si las publicaciones cumplen con los criterios de inclusión y con los requisitos para responder a las preguntas de la fase 2; (6) Codificación y selección de las informaciones relevantes de los estudios para contestar las preguntas de la fase 2; (7) Mapeo, clasificación y categorización de la información de las publicaciones con el fin de completar las fases 8 y 9; (8) Valoración de la calidad y relevancia de los estudios; (9) Sinterización de los datos codificados para contestar las preguntas; (10) Difusión de los resultados.

El corpus empírico fue recopilado a través de búsquedas en las bases de datos WOS y Scopus con el fin de identificar las publicaciones que abordaban específicamente el SIG y el patrimonio cultural. Si bien esas bases de datos bibliométricas son bastante utilizadas para realizar

¹¹⁵ Gough, D., Oliver, S. y Thomas, J. (2012; 2013)

análisis y revisión de la literatura es importante apuntar que tienen algunas características a considerar: están predispuestas a una mayor cantidad de publicaciones en el ámbito de las ciencias naturales, ingeniería y biomedicina en comparación con las ciencias sociales, arte y humanidades; se declinan lingüísticamente hacia el inglés; poseen mayoritariamente publicaciones de revistas o actas, pocos son los libros monográficos incluidos. No obstante, tanto WOS como Scopus cubren las publicaciones de Elsevier, Taylor y Francis, Sage e importantes actas de congresos como el *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (ISPRS Archives), en las cuales se pueden encontrar buena parte de las publicaciones de patrimonio y tecnologías de la información.

Utilizamos como términos de búsquedas (1) «*Geographic Information Systems Y heritage*» y (2) «*GIS Y heritage*». Las búsquedas fueron realizadas para título, resumen y palabras claves en ambas bases de datos. Los criterios de inclusión fueron: (a) trabajos publicados entre los años de 2010 y 2017; (b) trabajos escritos en inglés, español y portugués. Las últimas búsquedas fueron conducidas en septiembre de 2017 y un total de 366 publicaciones fueron identificadas, 157 en WOS y 209 en Scopus.

Una vez definido los criterios de inclusión y realizada la recopilación, se realizó un análisis genérico del material para definir las preguntas que aspirábamos contestar (Tabla I. 2). En una RS las preguntas son una parte clave de la metodología, una vez que éstas guiarán las fases de cribado, mapeo, valoración y síntesis. Como el objetivo de la Revisión Sistemática fue saber qué tipo de aplicación ha tenido el SIG en el patrimonio cultural, las siguientes preguntas fueron definidas:

- P1. ¿Qué objeto/categoría patrimonial ha sido objeto de estudio? Fueron consideradas 3 categorías: Patrimonio Inmueble (subcategorías: arqueología, arquitectónico y paisaje), patrimonio mueble (subcategorías: documentos, objetos, etc.) y patrimonio inmaterial. Algunas publicaciones abarcan más de una categoría.

- P2. ¿Cuáles dominios se aplican el SIG? Se han agrupado en 5 dominios: Inventario y Catalogación; Análisis e Investigación; Desarrollo de planos de gestión y protección; Predicción y evaluación de impactos; Difusión (Box 2009).
- P3. ¿Cuáles análisis fueron realizados?
- P4. ¿Cuáles otras Tecnologías Digitales fueron utilizadas?

CI ₁	Publicaciones que claramente traten de la aplicación del SIG en el patrimonio cultural (P1)
CI ₂	Publicaciones escritas en inglés, español y portugués
CI ₃	Publicaciones publicadas entre 2010-2017
CI ₄	Publicaciones que claramente describa en cual dominio ha aplicado el SIG (P2)
CI ₅	Publicaciones que claramente describan los métodos y análisis utilizados (P3)
CE ₁	Publicaciones que no traten de la aplicación de los SIG en el patrimonio cultural
CE ₂	Publicaciones que tengan contenido repetido
CE ₃	Publicaciones que no estén en las bases de datos consultadas

Tabla I. 2 Definición de los criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE) para la revisión cualitativa. Elaboración propia.

El número total de publicaciones encontrados fue de 366, de las cuales 35 estaban en ambas bases de datos, de manera que procedió a la exclusión de las duplicadas. Tras el primero cribado que se hizo mediante el análisis del título y del resumen de las publicaciones recopiladas un total de 198 permanecieron dentro de la muestra. De esas, un total de 25 no han podido ser accedidas para leer el texto completo, por lo tanto, fueron excluidas de la muestra. Durante el 2º proceso de cribado, en el cual se procedió a la lectura completa de las 173 publicaciones, fueron excluidas 65. Teniendo la muestra para los análisis cuantitativos y cualitativos un total de 108 publicaciones. Los detalles del flujo del proceso de revisión pueden ser observados en el diagrama de la Fig. I. 19.

Para la realización del proceso de revisión fue diseñada una base de datos con estructura de hojas de cálculo en formato *.xml* en las cuales cada publicación contiene una serie de atributos relacionados con las informaciones básicas de las publicaciones (autores, fecha, título, fuente publicada, resumen, palabras claves, DOI, numero citas) y con las preguntas con el fin de facilitar el proceso de codificación. Para todos los artículos que no fueron falsos positivos, se desarrolló un

conjunto de códigos para dibujar patrones de clasificación y respuestas para todas las preguntas. Por lo tanto, los códigos utilizados son, de tipo verdadero - falso (1 o 0) y de palabras o frases cortas que corresponden a la clasificación establecida por las preguntas. Como apoyo para las fases de Valoración y Síntesis también fue incorporado un campo para observaciones.

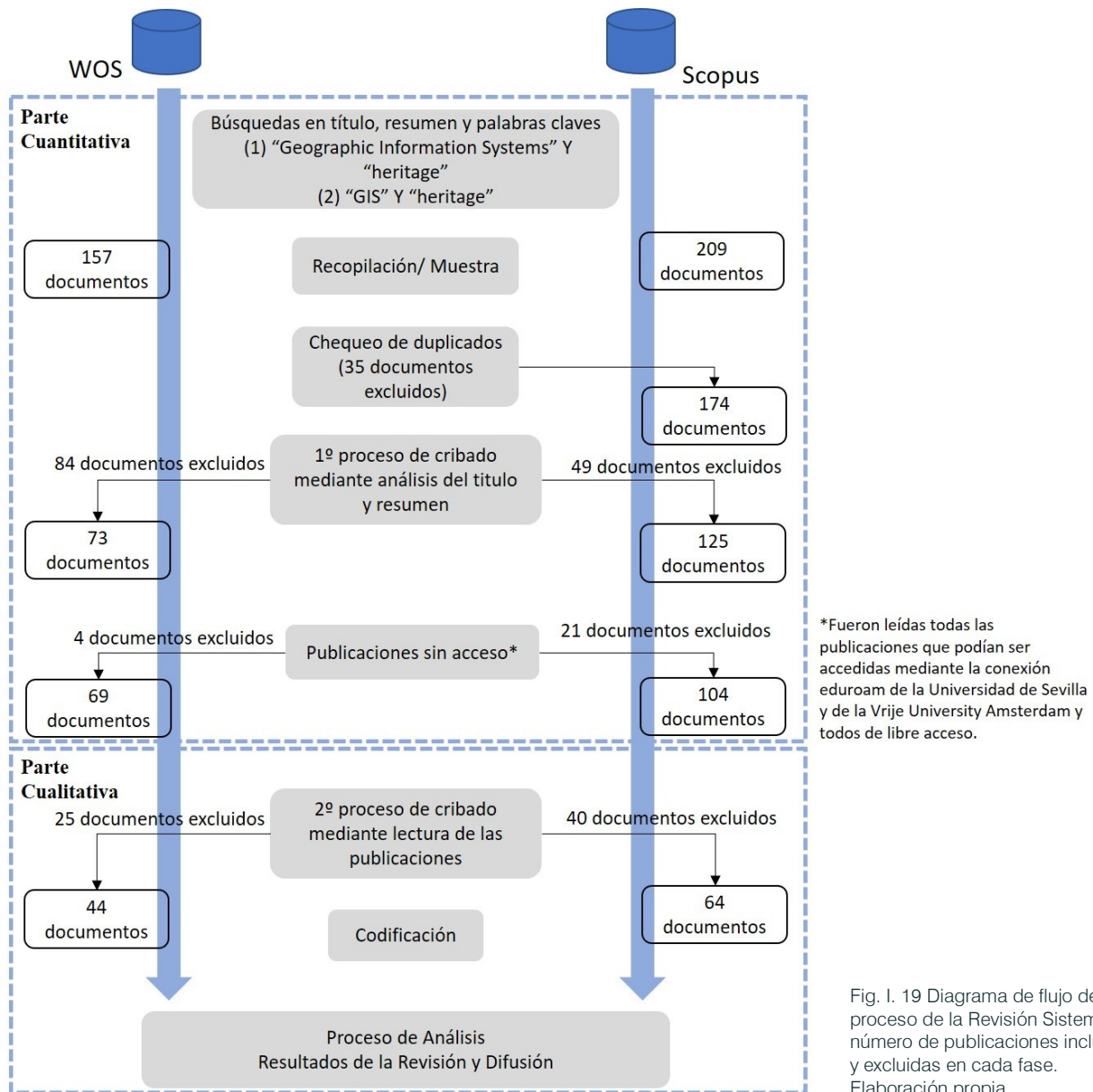


Fig. 1. 19 Diagrama de flujo del proceso de la Revisión Sistemática, número de publicaciones incluidas y excluidas en cada fase. Elaboración propia.

Resultados de la revisión sistemática

Analizando los años del total de publicaciones se observa un mayor

número en el año 2015. Entre los años 2014 a 2017 el número aumenta casi un 45% cuando comparado con el periodo de 2010 a 2013, pasando de 147 a 219. La tendencia de crecimiento se repite cuando analizamos las publicaciones incluidas en la revisión, pasando de 43 a 66 (Fig. I. 20). Como resultado de un análisis cuantitativo, también podemos verificar las fuentes en las cuales más se han publicado, destacándose la «ISPRS Archives» con 14 publicaciones, la «Lecture Notes in Computer Science» con 9 y «Proceedings of the Digital Heritage» con 6 (Tabla I. 3). Estos datos demuestran que las fuentes que más publican pertenecen mayoritariamente al ámbito de las TIs y de la Ciencia de la Computación.

En los siguientes apartados, contestaremos las preguntas de la investigación.



Fig. I. 20 Gráfico comparación número de publicaciones al año. Elaboración propia.

Ranking	Fuente	n° publicaciones
1	International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives	14
2	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	9
3	Proceedings of the Digital Heritage	6
4	Journal of Archaeological Science	4
5	International CIPA Symposium	3
5	Science of the Total Environment	3

Tabla I. 3 Listado de las fuentes de publicaciones con más de tres artículos. Elaboración propia.

P1: ¿Qué objeto/categoría patrimonial ha sido objeto estudio?

Los objetos de estudio fueron analizados y categorizados para descubrir en cual categoría patrimonial (Inmueble, Mueble, Inmaterial) se ha aplicado más la herramienta SIG. Un 92% de las publicaciones tienen como objeto de estudio el patrimonio inmueble, solo un 6% corresponde a publicaciones que aplican el SIG en investigaciones del patrimonio mueble y apenas 2%, patrimonio inmaterial. En apenas un caso ocurre el estudio del patrimonio inmueble y mueble¹¹⁶. En cuanto a la categorización del objeto patrimonial, un 52% de las publicaciones aplican el SIG en el patrimonio arquitectónico, un 30% en el arqueológico, un 10% en el paisaje, y un 2% en el patrimonio inmaterial (Fig. I. 21).

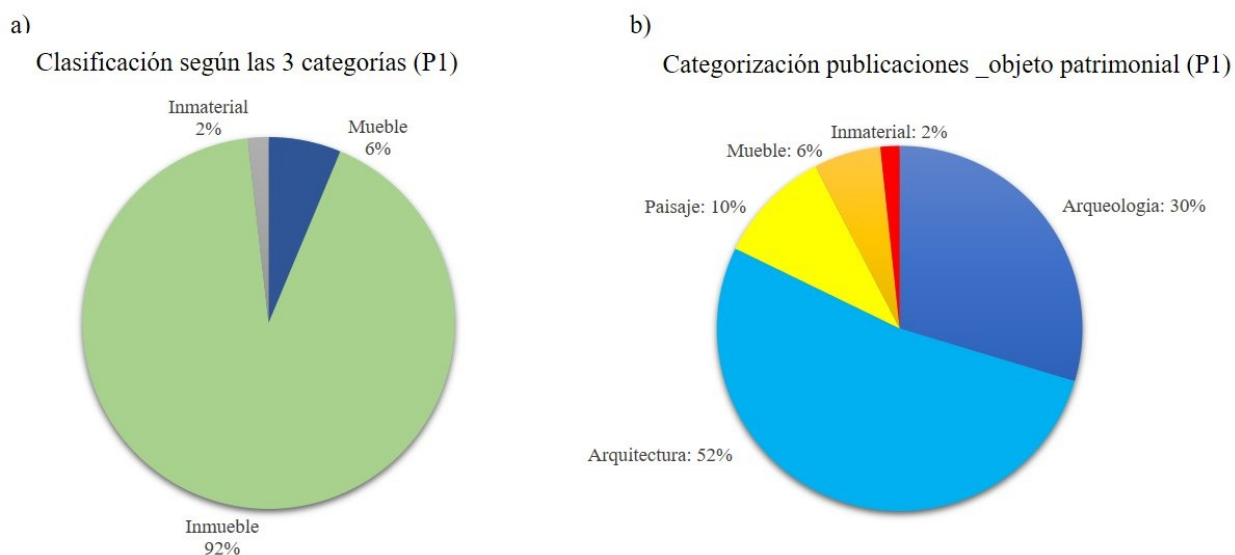


Fig. I. 21 En a) véase la clasificación del objeto de estudio; b) véase la categorización de los objetos de estudio. Elaboración propia.

P2: ¿Cuáles dominios predominan la aplicación del SIG?

El análisis de los dominios de aplicación fue realizado mediante la inclusión de la codificación en las tablas de listado *.xml*. En cada publicación y para cada dominio se ha introducido un valor «0» o «1», negativo o positivo respectivamente, pudiendo una misma publicación obtener dos o más dominios positivos. Como los trabajos clasificados

¹¹⁶ Soler, F., Melero, F.J. y Luzon, M.V. (2017)

en positivo en el dominio “Inventario y Catalogación” están todas aquellas publicaciones que han creado una base de datos espacial para registro e identificación patrimonial. Para el dominio Análisis e Investigación fueron clasificadas en positivo aquellas publicaciones que han desarrollado análisis a través del SIG para el conocimiento patrimonial, como: densidad, mapas de calor, cuenca visual, comparación y yuxtaposición de capas y datos, consultas, área de influencia, análisis estratigráfico, mapas temáticos, análisis temporales, etc. En el dominio Desarrollo de planos de gestión y protección, aquellas que han elaborado un sistema de monitoreo, control y gestión, de un objeto patrimonial o conjunto patrimonial. En el dominio de Predicción y evaluación de impactos, aquellas que tratan de detectar o predecir riesgos ocasionados por fenómenos que ponen en peligro la preservación del patrimonio como: inundaciones, terremoto, incendio, contaminación, acciones antrópicas, entre otras. Y, por último, el dominio de Difusión, aquellas publicaciones que enfocan en acciones de transmisión del conocimiento patrimonial.

Un 68,5% de las publicaciones han utilizado el SIG para la realización de inventario y catalogación, un 66,7% para Análisis e investigación, un 28,7% para difusión del patrimonio, un 23,1% para desarrollo de planos de gestión y protección y un 18,5% para predicción y evaluación de impactos (Fig. I. 22). En este sentido, podemos verificar que la aplicación de la herramienta se ha centrado significativamente en las labores de inventariado, análisis e investigación patrimonial que de cierta manera corresponden a las primeras fases de la “cadena

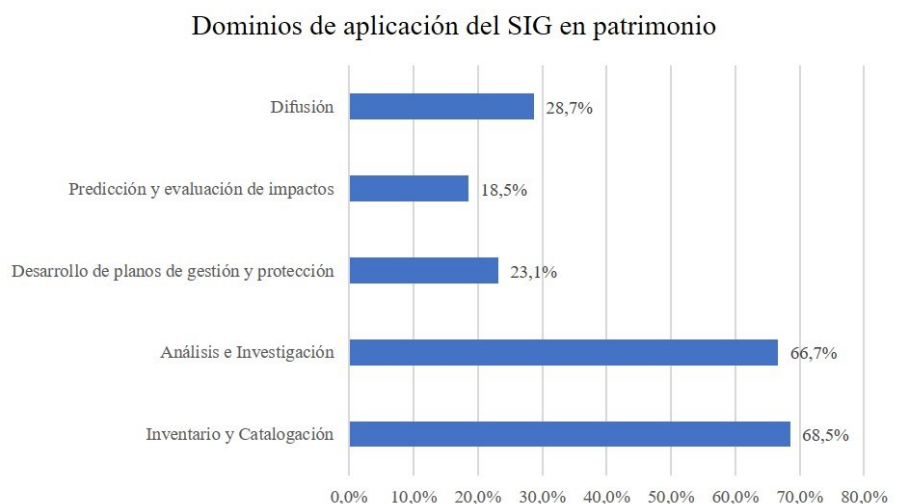


Fig. I. 22 Gráfico con los dominios de aplicación del SIG en patrimonio. Elaboración propia.

patrimonial”¹¹⁷ como modelo de gestión integral del patrimonio: la identificación, la documentación, el registro y significación.

P3: ¿Cuáles fueron los análisis realizados?

Los análisis realizados con el SIG dependen de la categoría patrimonial y del dominio en los cuales los trabajos han sido desarrollados. Se ha procedido a la codificación con el fin de obtener un mayor detalle acerca de los tipos de análisis realizados. Fueron codificados 14 tipos, pudiendo un mismo estudio presentar más de un tipo de análisis: 1) Análisis y/o consultas alfanuméricas, Análisis SQL; 2) Mapas temáticos; 3) Análisis Temporal; 4) Visualización en 3D; 5) Análisis Geométricos; 6) Yuxtaposición de capas; 7) Análisis densidad; 8) Patología; 9) Análisis visibilidad (conectividad visual); 10) Análisis multicriterio; 11) Procesado de imágenes; 12) Accesibilidad; 13) Estratigráfico; 14) Orientación solar/ sombra (Fig. I. 23). Los análisis más frecuentes son el análisis alfanumérico (50) y los mapas temáticos (58). Esas publicaciones analizan la información patrimonial mediante atributos, haciendo consultas y/o filtros y generando a partir de ahí mapas temáticos que serán utilizados para la visualización del análisis. De los 108 artículos apenas 20 realizan visualizaciones en 3D, dato que puede ser explicado tanto por el desarrollo de la propia herramienta SIG en los últimos años como también por la mayor accesibilidad a técnicas como la fotogrametría y el escaneado.

Asimismo, los resultados de la codificación de los análisis realizados apuntan a una tendencia en los últimos años de la utilización del SIG para resolver problemáticas más específicas del patrimonio, como el análisis de patología (8 publicaciones) y análisis estratigráfico (3 publicaciones). Con relación al análisis de patología se observan tres metodologías o procedimientos: 1) mediante la tabla de atributos que se asocia a la entidad geométrica¹¹⁸; 2) a través de la asociación de una escala del nivel patológico a los elementos o partes del edificio definida en la tabla de atributos¹¹⁹ o 3) el análisis cuantitativo de deterioro en el

¹¹⁷ Azkarate *et al.* (2009)

¹¹⁸ Lazzari M., Patriziano M.S. y Aliano G.A. (2014))

¹¹⁹ Chatzigrigoriou, P. (2016)

elemento¹²⁰.

Cuando el interés del estudio reside en el análisis de conectividad visual, se han realizado análisis de cuenca visual y puntos de observador para ayudar en la toma de decisiones del planteamiento urbano¹²¹ o para entender el sistema de conexión visual de un determinado objeto o conjunto patrimonial¹²².

Con relación al procesado de imágenes (7 publicaciones) se observan tres aplicabilidades: para la sistematización, creación de nueva información y generación de hipótesis o predicciones, como en Lamenza¹²³ que utiliza imágenes *Landsat*, de *GoogleEarth* y del modelo DEM; para visualizar la evolución a partir de imágenes aéreas históricas; e para identificar nuevos elementos a partir de algoritmos¹²⁴.

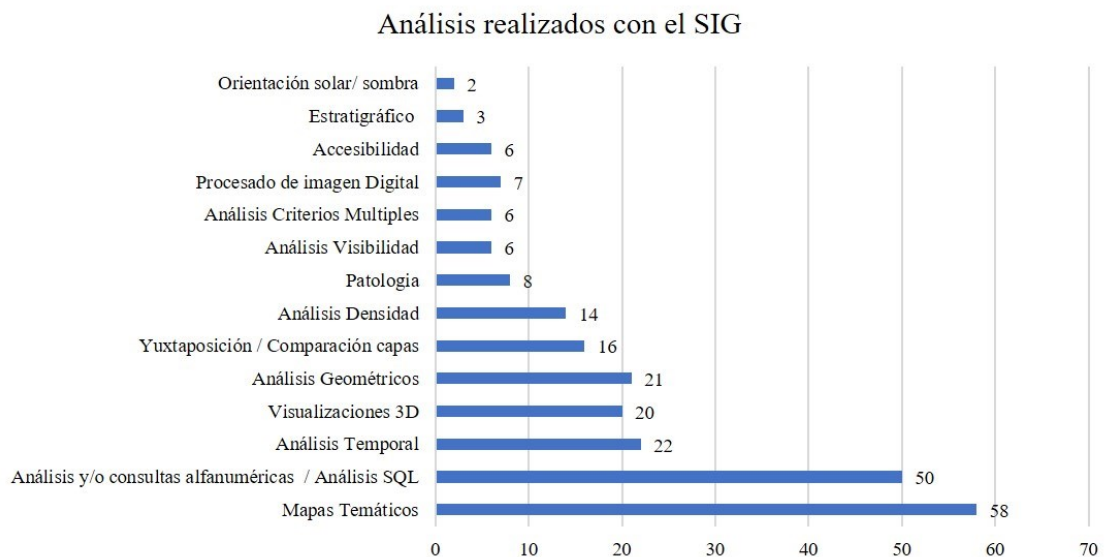


Fig. I. 23 Tipo de análisis en SIG que han realizado en los estudios. Elaboración propia.

¹²⁰ Marie-Françoise, A., Franck Vautier, O. y Voldoire, E. R. (2014)

¹²¹ Cassatella, C. y Carlone, G. (2013)

¹²² De Montis, A. y Caschili, S. (2012); Salvador, I. y Vitti, A. (2011)

¹²³ Lamenza, G.N. (2015).

¹²⁴ Abrate, M. *et al.* (2013)

P4: ¿Qué otras Tecnologías Digitales fueron utilizadas?

Con relación a otras tecnologías o herramientas utilizadas en conjunto con el SIG hemos analizado tres: Fotogrametría, Laser/Scanner, BIM (Fig. I. 24). Dieciocho de las publicaciones revisadas han utilizado Laser Scanner, siendo la mayoría aplicadas en arqueología. La gran utilidad y potencialidad del uso del escaneado, en especial el uso del LIDAR, radica en el registro y predicción de nuevos de yacimientos¹²⁵. En otros casos se emplea para adquirir una mayor precisión del MDT¹²⁶ o para la reconstrucción virtual¹²⁷.

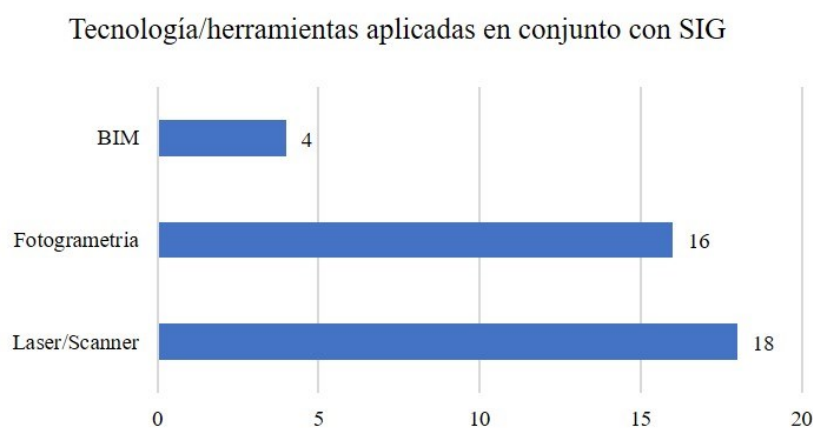


Fig. I. 24 Análisis cuantitativo de las tecnologías/herramientas aplicadas en conjunto con SIG. Elaboración propia.

El método de la RS propuesto considera y combina los resultados de búsquedas de dos bases de datos digitales heterogéneas y permite una evaluación que puede ser aplicada a otros estudios y análisis. Mediante la implementación de una búsqueda basada en ecuaciones de palabras claves y teniendo en cuenta los resultados del análisis de los metadatos de las publicaciones, pudimos minimizar el riesgo de parcialidad durante el proceso de revisión de la literatura. Finalmente, hemos podido responder a las preguntas de la investigación iniciales y proporcionar nuevos estadísticas y análisis del estado de la cuestión del SIG en el patrimonio.

Durante el proceso de la RS se ha verificado el aumento de publicaciones a partir de 2014. Este dato refleja el crecimiento del desarrollo y el interés en las TIs, bien como el aumento de las

¹²⁵ Stein, S. *et al.* (2017); Smith, N.G. *et al.* (2014)

¹²⁶ Paolini, P. *et al.* (2013)

¹²⁷ Berthelot, M. *et al.* (2015)

investigaciones multidisciplinares. No obstante, gran parte de los estudios se limitan a procesar la información alfanumérica vinculada a la entidad patrimonial para la generación de mapas temáticos, predominando de esa forma el uso del SIG para la realización de inventarios y catalogación. Algunas razones podrían estar asociadas a esta limitación, como la carencia de formación y la actualización profesional, cuestiones que ya han sido abordadas en el campo de las humanidades¹²⁸. Con esta RS se ha revelado la necesidad de nuevas contribuciones que dominen el SIG para sacar partido de su potencialidad de análisis enfocados en el conocimiento y gestión de la información patrimonial. Además, se ha verificado la escasez de estudios que contemplan la cuestión del mantenimiento y sostenibilidad de la información. En algunos casos se han creado nuevas plataformas para difundir y facilitar la accesibilidad de la información generada en la investigación, pero con el tiempo han dejado de funcionar, sea por la falta de continuidad del proyecto o de financiación. En este sentido, existe todavía una gran laguna a ser estudiada. ¿Dónde se quedan todos los datos generados en la investigación? ¿Se han aplicado alguna política o protocolo para su uso y ampliación en el futuro? Esas y otras preguntas no han sido contempladas en ninguna de las publicaciones analizadas y podrán ser perfectamente objeto para una futura línea de trabajo.

2.3 La aplicación de modelos basados en Grafos en patrimonio e historia

2.3.1 Breve definición

Una de las formas de estudiar un fenómeno o un problema es aplicar algún sistema¹²⁹ formal de representación, un modelado. No obstante, dependiendo del fenómeno o problema, esta representación, que

¹²⁸ Ayers, L. E (2010)

¹²⁹ Según Moriello, S. A. (2005) un sistema *“es una abstracción que simplifica la realidad y que remite a un conjunto de elementos o partes que interaccionan dinámicamente entre sí (y con el entorno que lo rodea), que tiene una cierta permanencia dentro del espacio-tiempo y que intenta alcanzar un objetivo concreto”*. En este sentido, podemos observar que la definición de sistema aborda también el concepto de influencia mutua entre sus elementos, “A” afecta “B” y viceversa: *“existe una influencia mutua entre sus elementos componentes, es decir, que el cambio experimentado en uno de ellos repercute y afecta inevitablemente el resto”* (Moriello, S. A., 2003).

plasmaría las características de los elementos que queremos estudiar, puede convertirse en una tarea difícil debido a la cantidad de información que un determinado fenómeno/realidad puede requerir y que necesitemos manejar. Una de las soluciones actuales que abordan esos problemas complejos es la Ciencia de los Sistemas Complejos. Esta intenta traducir los diferentes fenómenos en sistemas “haciendo énfasis en su descomposición en elementos simples y en la interacción entre ellos mismos” ¹³⁰. Dentro de las herramientas que pueden representar (modelar) las informaciones de un sistema complejo está la estructura en grafo, basada en un modelo matemático de la Teoría de Grafos.

Formalmente, podríamos definir un grafo como una colección de vértices conectados por aristas, es decir, un conjunto de nodos y las relaciones que conectan ellos¹³¹. Cada nodo es una entidad (puede que sea persona, lugar, cosas, etc.) y las aristas que conectan estas entidades representan como los nodos se asocian y relacionan (Fig. I. 25). Por ejemplo, los datos de una familia o de un trabajo puede ser fácilmente representado mediante grafo. Trabajar con ese modelo

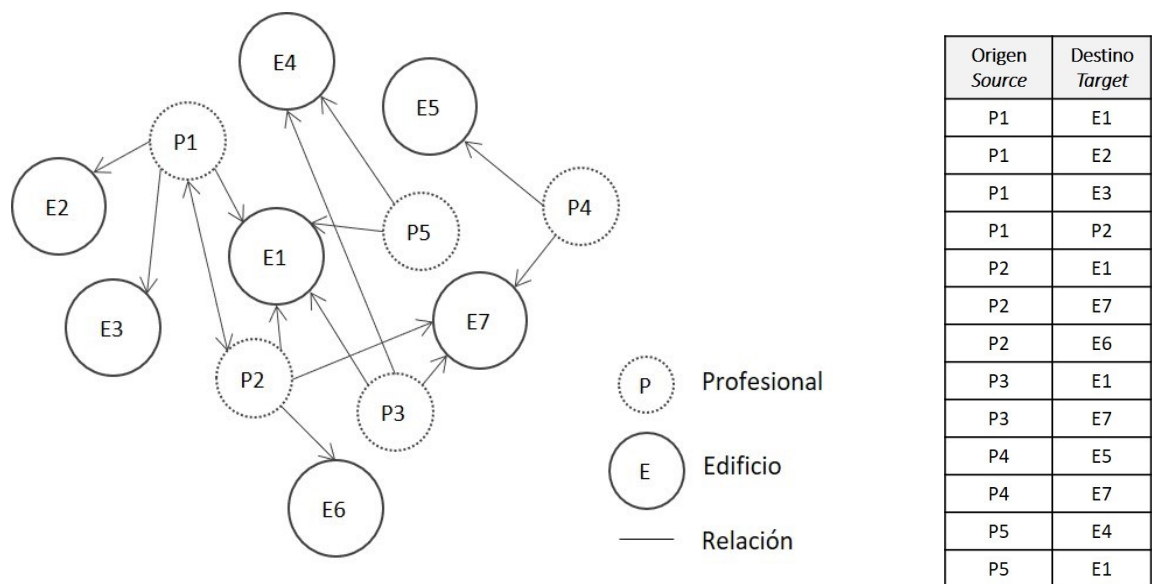


Fig. I. 25 Esquema ilustrativo de una estructura de grafo: nodos y relaciones. Elaboración propia.

¹³⁰ Suárez, J.L., Sancho-Caparrini, F. (2016)

¹³¹ Robinson, I., Webber, J. y Eifrem, E. (2013)

abstracto hace que consigamos modelar diferentes tipos de escenarios: desde redes de relaciones entre individuos, hasta sistemas de caminos o autorías de obras, cualquier sistema que sea definido por relaciones puede ser modelado en grafo.

Una red *-Network-* es un grafo con atributos/características asociados a sus nodos y aristas. Esos atributos sirven para clasificar o categorizar determinado nodo y aristas, de manera que se pueda investigar patrones a partir de ellos (Fig. I. 26). Un Grafo con propiedades tendría que reunir las siguientes características: 1) Contener nodos y relaciones; 2) Los nodos han de tener atributos/propiedades (un valor); 3) Las relaciones deberán ser nombradas, directas y siempre salir de un nodo y terminar en otro; 4) Las relaciones pueden presentar, como los nodos, propiedades¹³².

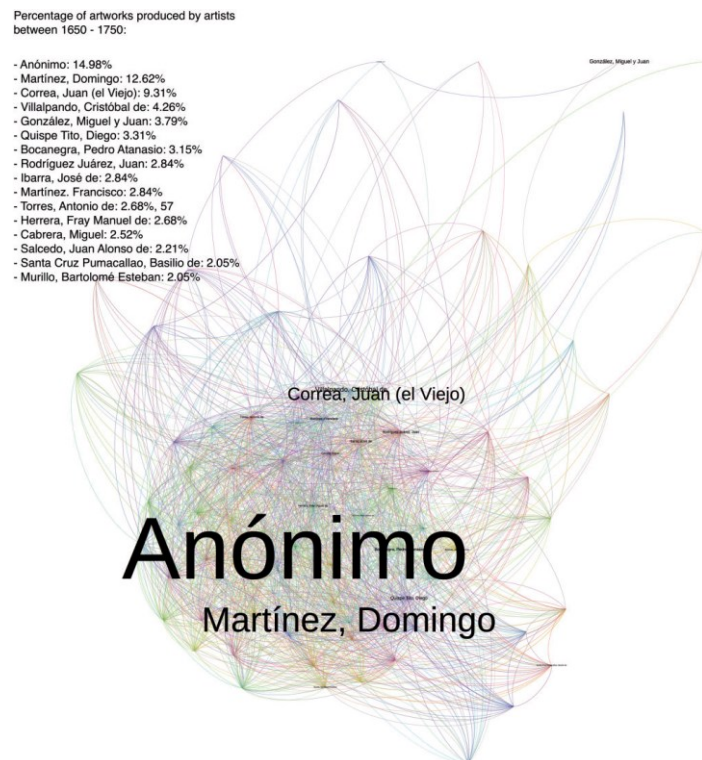


Fig. I. 26 Ejemplo de representación utilizando un modelo tipo grafo. Proyecto Barroco Hispánico, representación de la producción artística entre 1650-1750 en el que una gran variedad de artistas ejercía su influencia al mismo tiempo. Fuente: Suárez, J. L. et al. (2013).

¹³² Robinson, I., Webber, J. y Eifrem, E. (2013)

2.3.2 La teoría de grafos y el análisis de redes en las Humanidades

Aunque hoy tengamos una avanzada tecnología para aplicarlo, el Modelo Grafo ya se había usado para entender relaciones complejas en culturas del pasado¹³³. Su gran ventaja de aplicación en el patrimonio cultural es su capacidad de articulación y análisis de relaciones a distintas escalas y su potencialidad para integrar actores y elementos. Sus limitaciones, la complejidad de implementarla, pues la definición y construcción de los nodos y aristas de una Red histórica (*historical network*) no es una decisión tan sencilla¹³⁴.

A pesar de que los Grafos han sido implementados en investigaciones de las más diversas disciplinas como arte¹³⁵, literatura¹³⁶, biología¹³⁷, fue la ciencia social, utilizando las ideas de los Análisis de Redes Sociales (*Social Network Analysis, SNA*) la que más influenció su aplicación en el ámbito patrimonial, principalmente en los estudios historiográficos y en el campo de la arqueología.

En el campo patrimonial e historiográfico, el análisis de redes ha sido aplicado para explorar movimiento de personas y objetos¹³⁸, transporte y comercio¹³⁹, descripciones y simbologías¹⁴⁰, poder político¹⁴¹, transmisión de ideas/conocimiento¹⁴², mecenazgo¹⁴³ o relaciones personales de una determinada elite¹⁴⁴. A pesar de los diferentes enfoques, herramientas y objetivos, dos puntos fundamentales son

¹³³ Ver trabajo de Pitts, F. R. (1965)

¹³⁴ Knappett, C. (2013)

¹³⁵ De la Rosa, J. y Suárez, J. L. (2015); Rodríguez-Ortega, N. y Cruces Rodríguez, A. (2008)

¹³⁶ De la Rosa, J. y Suárez, J. L. (2016)

¹³⁷ Bascompte, J. (2009)

¹³⁸ Jackson, C. (2017); Brughmans, T. y Poblome J. (2012); Brughmans, T. (2010).

¹³⁹ Polonia, A., Pinto, S. y Ribeiro, A. (2014)

¹⁴⁰ Suárez, J. L. et al. (2013)

¹⁴¹ Scholnick, J.B., Munson, J.L. y Macri, M.J. (2013)

¹⁴² Graham, S. (2006)

¹⁴³ McLean, P. D. (2007)

¹⁴⁴ Rose, I. (2011)

comunes: el protagonismo de las relaciones frente a las entidades, avanzando hacia un estudio historiográfico no-lineal, que permite entender el hecho patrimonial desde enfoques más complejo y poliédrico, y su aplicación no solo para descubrir patrones y explorar propiedades, también como herramienta que en si misma sirve para plantear nuevas cuestiones, nuevas preguntas. En este sentido el grafo supone un nuevo modo de lenguaje, donde la estructura no pretende expresar una idea concreta, un relato o una imagen del mismo, sino un conjunto de relaciones abiertas, que quedan representadas todas a la vez, y que permite múltiples interpretaciones en función de lo que vayamos buscando y encontrando.

En los últimos años, han aumentado los encuentros científicos que tienen como objetivo principal poner en evidencia los estudios e investigaciones en las que convergen las ciencias informáticas y las humanidades. Esos estudios han “definido” una nueva área de investigación denominada “Humanidades Digitales”. Tanto a nivel nacional como a Internacional son varias las organizaciones que han empezado a dar eco a esta rama: la *Allience of Digital Humanities Organization*¹⁴⁵, la *Canadian Society for Digital Humanities*¹⁴⁶, la Asociación de Humanidades Digitales Hispánicas de España¹⁴⁷ o la RedHD en México¹⁴⁸, entre otros. Lo cierto es que en esos foros es común el debate y presentación de casos de estudios en las humanidades (literatura, arte, historia, etc.) que aplican tanto el modelo Grafo como el SIG, siendo el primero, el más comúnmente utilizado. Asimismo, han crecido las revistas que enfocan en esta perspectiva multidisciplinar, como es el caso de *Digital Humanities Quarterly*, *Digital Scholarship in the Humanities* o *Digital Literary Studies*, entre otras.

Asimismo, en el ámbito nacional, encontramos ya algunas iniciativas recientes que buscan aplicar el concepto de la teoría de grafos o del análisis relacional en los estudios históricos, como es el caso de la

¹⁴⁵ ADHO. (s. f.)

¹⁴⁶ CSDH / SCHN. (s. f.)

¹⁴⁷ Humanidades Digitales Hispánicas. (s. f.)

¹⁴⁸ Red de Humanidades Digitales. (s. f.)

revista “Redes”, que empieza a difundir publicaciones sobre investigaciones históricas que aplican análisis de redes sociales¹⁴⁹. O revistas como “ArtNodes” que, a pesar de no tener un enfoque direccionado a este tema, abarca publicaciones que lo aplican en el ámbito del arte¹⁵⁰.

¹⁴⁹ En especial, en el volumen 21 (2) de esta revista se ha publicado el monográfico “Análisis de redes e historia: herramientas, aproximaciones, problemas” en el cual se publican aportaciones y casos de estudios interesantes como el de Imízcoz, J.M y Ruiz, L. A. (2011).

¹⁵⁰ En particular, el número 22 de ArtNodes será dedicado especialmente a proyectos y trabajos en el área de las “humanidades digitales” lo que marca también esa tendencia.

3. LA INVESTIGACIÓN

Es una constante que el relato histórico de la Arquitectura ha estado siempre condicionado por el contexto cultural y social en el que se produce, unido a las formas de percibir y entender el paso del tiempo y su relevancia para valorar las variantes e invariantes que podemos llegar a percibir. En la actualidad asistimos a una creciente diversidad de los registros a través de los que es interpretado este transcurrir del tiempo y sus consecuencias; historiográfico, geográfico, sociológico, arqueológico, constructivo, geométrico, espacial, semiológico, entre otros, lo que requiere nuevas herramientas que permitan abordarlos de forma que faciliten su integración en pro del avance en el conocimiento. Así se plantaron las bases del proyecto I+D+i en el que nace este trabajo de tesis²⁶⁶.

Y esta es también la situación que plantea el conocimiento de la arquitectura tardogótica en la Península Ibérica. Una arquitectura que surge en un contexto enormemente complejo donde confluyen la consolidación de un territorio tras la última etapa de la reconquista cristiana de la Península, la construcción de una identidad como nación bajo la monarquía y la oligarquía imperante, la creación de vínculos con una incipiente Europa, y la expansión territorial y comercial a las nuevas tierras recién conquistadas al otro lado del Atlántico.

De esa manera, todo ello supuso una transformación en la concepción del mundo y del espacio conocido, un auténtico cambio de paradigma en la que tuvo una especial relevancia los avances surgidos en las

²⁶⁶ En la memoria técnica del proyecto HAR2012-34571 quedaba recogida esta idea: “El presente proyecto plantea obtener desde un planteamiento multidisciplinar y sobre la base de las nuevas tecnologías, un modelo de herramienta permanentemente abierta y de gran flexibilidad, como una entidad virtual compleja que pueda quedar adosada al monumento real. Esta herramienta se concibe rodeada de un entorno científico que mantenga un debate permanente, donde se concilie la investigación sobre el edificio con la problemática del modelo. Esta base de datos - instrumento, artefacto o máquina - estaría constituida por líneas, superficies y elementos paramétricos, llenos y vacíos, grafismos, textos, ilustraciones, signos..., posibilitando el relacionar objetos, medidas y partes visibles del mismo con información, ideas, conjeturas e hipótesis.”

ciencias y artes del momento²⁶⁷. No podemos obviar que todos estos factores influyeron en la arquitectura y que ésta participara como un elemento más de la red de relaciones entre los agentes que intervinieron en ellos, circunstancias sociales, geopolíticas y acontecimientos físicos y naturales, saberes y técnicas, que adquirieron en este momento una escala transnacional. Visualizar esta red de relaciones es sumamente difícil desde los medios tradicionales, y más aún desde cada una de las disciplinas que aún suelen operar de forma autónoma (Fig. I. 27).



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Fig. I. 27 Mapa realizado a principios del XVI por Juan de la Cosa. La información es representada con un alto carácter gráfico simboliza diferentes aspectos del territorio y del contexto en el cual fue producido. Junto con los patrones establecidos para la creación del dibujo de un mapa (sujeto a cierta configuración estandarizada y administrativa del territorio) dan como resultado la cohesión de un conjunto de datos que configurarían la imagen del nuevo mundo. Fuente: Biblioteca Nacional. Autor: Juan de la Cosa(1510).

En este sentido, hacer que esta información sea visible en relación a la materialidad de la fábrica o hacer reconocible esta última a través de una referencia documental adquiere una gran importancia y significado, desde el momento que ambas (materialidad y documentos) son fuente de conocimiento. No obstante, este conocimiento se agota

²⁶⁷ Estas transferencias tuvieron especial relevancia en los sistemas de control formal de las formas construidas, lo que implicó una transformación sustancial de los mismos a lo largo del siglo XVI, Pinto Puerto, F. (2015: 91)

a partir del momento que la información documental²⁶⁸ carece de una estructura organizativa interrelacionada.

3.1 Objetivos

Esta tesis persigue cinco objetivos principales que han direccionado el proceso metodológico y las cuestiones técnicas que se han adoptado como premisa para el estudio de la información recopilada.

- i. Crear un registro de información acerca del objeto de estudio basado en una IDEH y en un Sistema de Base de Datos relacional con el fin de permitir su organización, acceso y análisis. El crecimiento de la información histórica generada por los anteriores profesionales e investigadores podrá beneficiarse con su digitalización y sistematización.
- ii. Establecer una valoración desde el punto de vista patrimonial de los sistemas y subsistemas que configuran el Tardogótico en relación con el paisaje, los territorios, las instalaciones y las arquitecturas más significativas. Se trata de observar la arquitectura como fruto de las circunstancias y relaciones producidas en el territorio por un conjunto de agentes, como también la arquitectura como productora que generó industrias y actividades de producción que terminarían por modificar su entorno.
- iii. Generar consultas y análisis sobre la producción arquitectónica desde dos perspectivas: espaciotemporal, mediante el Sistema de Información Geográfica y abstracta-biográfica, mediante Grafos. Observamos una tendencia creciente de investigaciones y proyectos patrimoniales con mayores capacidades y estrategias metodológicas inter y transdisciplinares. En esta investigación proponemos, mediante las herramientas digitales, un nuevo canal para la realización de nuevas interpretaciones que contemplen estas múltiples visiones.

²⁶⁸ Nuestro conocimiento sobre el fenómeno del tardogótico depende mucho de las fuentes documentales conservadas y como tal es naturalmente imperfecto, pero con el tiempo, los investigadores y estudios realizados acerca de este tema lo irán tornando suficiente.

- iv. Generar sistemas de visualización dinámicos que faciliten el análisis del objeto de estudio, que alterne lo sincrónico diacrónico permitiendo una lectura estratigráfica de los hechos y los procesos.
- v. Activar una nueva metodología de investigación patrimonial mediante modelos digitales de la información, en un marco temático aún reacio a estos recursos que permita, en un futuro cercano, su “replicación” o “trasferencia” a otros proyectos o casos de estudio.

Como objetivos secundarios se plantean: Facilitar a los estudiosos del patrimonio, del paisaje y de la ciudad nuevas interpretaciones que sean útiles para sus trabajos; Generar nuevos debates acerca del tema de manera abierta y participativa; Reivindicar la representación de narrativas a través de la imagen gráfica y de nuevos estereotipos visuales que faciliten visualizar la historia; y reflexionar sobre la sostenibilidad y re-uso de la información generada y su interacción con la sociedad. Cuestiones todas ellas de la máxima importancia, pero que necesitan de una experiencia previa en el desarrollo de los objetivos que hemos determinado como principales.

3.2 Problemas y Preguntas de la investigación

Se plantea como hipótesis de partida que la arquitectura es un producto cultural, resultado de la complejidad de las obras humanas y, por tanto, su interpretación depende de un conjunto amplio de factores, que la condicionan hasta lograr particularizarla. Estos factores, más allá de su condición formal, entendida ésta en el sentido que ya anunciara Grassi²⁶⁹, puede ser un punto de partida desde el que se analizan el resto de los factores, un indicador o dato desde el que

²⁶⁹ Al plantear su teoría sobre la construcción lógica de la arquitectura, Giorgio Grassi reconoce la limitación de esta opción como un planteamiento metodológico ante la complejidad de los factores que la condicionan: *“es evidente que esta opción es una opción limitativa, en relación con todos aquellos factores que concurren en la complejidad de las obras humanas; a pesar de todo, equivale a aquella exigencia de elementos ciertos y constantes, que caracteriza precisamente esta dirección de la opción. Se trata, por tanto, de una opción consciente, que se basa en la concepción precisa del «significado» de la arquitectura, en una idea precisa de arquitectura y del proyecto, ante la experiencia de la arquitectura en el tiempo”* Grassi. G. (1973:25).

poder interpretar su complejidad, una visión complementaria. En este sentido, cada edificio es un documento en sí mismo y un testimonio material de los acontecimientos que queremos desvelar, un lugar desde el que observar los acontecimientos del pasado a la vez que un nodo en la red de relaciones que le une a una realidad mayor en cuanto a fenómeno cultural y territorial. Podríamos, entonces, explorar como históricamente cada edificio fue *“cosido en su lugar por una red de asociaciones fragmentadas, de múltiples escalas y multi-localizada”*²⁷⁰.

Buscamos así, nuevas formas de reconstruir la Historia de la Arquitectura, poniendo en valor otras claves que hasta ahora se habían interpretado de manera aislada o tangencial, como los espacios de los yacimientos que actuaron como canteras, hoy abandonados a su suerte frente al monumento al que dieron origen. La consideración de uno junto a lo otro da cabida a una expansión tanto disciplinar como del objeto de estudio.



Fig. I. 28 Vista del puerto de Sevilla, con los barcos que van y vienen de América. En primer término, resalta la gran actividad del puerto sevillano. También se puede apreciar el trabajo de los astilleros y cómo se reparan y construyen las naves destinadas a la navegación atlántica. Al fondo, la ciudad en la que desde 1503 se encontraba la Casa de Contratación. Datación (1576=1600). Atribuido a Alonso Sánchez Coello. Fuente: oai:euromuseos.mcu.es:euromuseos/MAM-00016. ©Ministerio de Educación, Cultura y Deporte ©Museo de América Fotografía, ©Museo de América.

En este sentido la principal cuestión de investigación abordada en esta disertación es, por lo tanto:

¿Qué contribuciones significativas pueden aportar los métodos digitales y las tecnologías de la información (Base de datos, SIG y Grafos) en las

²⁷⁰ Jacobs, J. (2006:3)

investigaciones sobre las dimensiones históricas, sociales, geográficas y arquitectónicas del patrimonio en el territorio?

Los recursos digitales existentes hoy en día para el almacenamiento y sistematización de la información son indispensables para alcanzar la racionalización de múltiples investigaciones, permitiendo una mayor sostenibilidad, ahorro de tiempo y esfuerzo para la generación de conocimiento. La dispersión de la información sea esta dada por la propia naturaleza heterogenea de las fuentes o por el desarrollo de estudios aislados, algunas veces con enfoques unidisciplinarios, dificultan la labor patrimonial. La sistematización de la información mediante bases de datos y modelos digitales de información -SIG y Grafos - son una alternativa para entender esa gran complejidad, relevancia y el carácter supranacional del contexto Tardogótico, facilitando la interrelación de sus distintas documentaciones e informaciones para generar análisis alternativos y complementarios a los tradicionales. Las posibilidades de visualización de los datos en su contexto geográfico (SIG) o en un contexto abstracto – análisis de redes (Grafos), de análisis a diferentes niveles y escalas, aportarán una nueva manera de pensar la información histórica y arquitectónica a través de las imágenes gráficas generadas. La visualización en la geografía de los datos permitirá establecer relaciones con otras capas facilitando la percepción de relaciones antes quizás no evidentes.

I Problema y Pregunta de Investigación (P1)

En este sentido, el primer problema a los que nos enfrentamos fue la diversidad en cuanto a la tipología de las fuentes (cartografías, documentación histórica formato texto, tablas, fotografías, publicaciones, imágenes, planos) y de las terminologías/vocabulario, u otras dificultades como la de gestionar los topónimos, diferentes opiniones de atribución de obra, falta de datos cronológicos, etc. Además, el colectivo activo de investigadores que han tratado del objeto de estudio es bastante heterogéneo en cuanto a su formación y disciplinas – historiadores, arquitectos, arqueólogos, geógrafos, etc. – y aportan diferentes visiones, métodos y maneras de trabajo. De manera que el intercambio de los datos y de la información entre esos

investigadores demanda una adaptación y sistematización con el fin de facilitar el acceso y la usabilidad de los datos.

Considerando este problema, la presente investigación plantea la siguiente pregunta:

P1.: ¿Cómo la uniformización, clasificación y sistematización de los datos pueden ser desarrolladas con el fin de mejorar el avance en investigaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias, llevando en consideración las particularidades y necesidades de las distintas disciplinas y la heterogeneidad de las fuentes documentales?

Las acciones derivadas del proceso para contestar a esta pregunta fueron la base necesaria para el diseño de la Base de Datos y la implementación de los modelos SIG y Grafos²⁷¹.

II Problema y Pregunta de Investigación (P2)

El segundo problema de la investigación está relacionado con la aproximación digital e innovadora de los modelos propuestos aplicados al objeto de estudio. Como anteriormente explicamos, el objeto de estudio ha sido tratado hasta el momento de manera unidisciplinar, de cierta forma fragmentaria o aislada, utilizando en la mayoría de los casos métodos no digitales. No obstante, pensamos que este problema es un reflejo de un proceso de transición que estamos ahora presenciando: la implementación de las tecnologías digitales en el campo de las humanidades. Para abordar este problema, algunos conceptos o enfoques para estudios históricos ya han sido desarrollados, como el “SIG Histórico”, la aproximación “espacio-temporal”, el “giro espacial”, e incluso la creación de una nueva área del conocimiento llamada “Humanidades Digitales”²⁷². Este problema ha sido el gran motor de esta tesis y fue debatido a lo largo de su

²⁷¹ Con relación a la cuestión interdisciplinar de la investigación, la autora ha tenido la oportunidad de presentar cómo esta cuestión fue abordada en el presente proyecto en el encuentro científico “*Interdisciplinary Futures: Open the Social Sciences 20 Years Later International Conference*” realizado en Lisboa. El resumen de la intervención se ha publicado en las actas del encuentro, ver Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017a).

²⁷² Acerca de la definición de las “Humanidades Digitales” ver Alves, D. (2016)

desarrollo. De esa manera, esta cuestión nos lleva a la siguiente pregunta:

P2.: ¿Cómo el estudio de la producción arquitectónica del tardogótico podrá ser realizado mediante modelos digitales SIG y Grafos con el fin de generar una aproximación integral e interdisciplinar?

El conjunto de datos tratados podrá servir como repositorio de información previo y servirá de base para la realización de análisis que permitirán acercarse a una visión más integral del objeto de estudio. Estos análisis, a priori, no están cerrados en cuanto a tipo y número, pues pueden surgir en el futuro nuevas formas de ver o valorar el problema. Por ello, es tan importante que la información sobre la que se sustenta esté ordenada y localizada al margen de los mismos.

III Problema y Pregunta de Investigación (P3)

El tercer problema contempla la cuestión del reuso de los datos y su difusión, y de la generación de análisis que proporcionen nuevos mecanismos de interpretación del objeto de estudio. Por un lado, al ser esta tesis una experiencia novedosa en la manera como aborda el objeto de estudio, la producción arquitectónica tardogótica, nos hemos planteado también el reto de cómo los registros en la base de datos podrían ser difundidos, re-utilizados y ampliados. Por otro, sabemos que el conocimiento de herramientas complejas, como puede ser SIG y los análisis de redes, no son todavía ampliamente utilizadas por historiadores o arquitectos en investigaciones que aborden objetos similares al tratado en este trabajo. Existiendo, así, la problemática de la familiarización con las herramientas y el entendimiento de su arquitectura interna. Esos dos aspectos han producido ciertos desafíos y también limitaciones, una vez que los análisis serán aquí presentados limitándose a una representación analógica²⁷³. Estas cuestiones encaminan a la tercera pregunta de la investigación:

²⁷³ Los análisis hasta el cierre de la presente tesis no podrán ser disponibilidades de manera digital (en una plataforma o aplicación digital de SIG y Grafo) debido a limitaciones del propio proyecto de tesis.

P3.: ¿Cómo los modelos de la Base de Datos, del SIG y de los Grafos van a ser creados llevando en consideración la posibilidad de compartirlos, reusarlos y editarlos?

Las futuras aportaciones en el campo de la difusión del conocimiento podrán ser vinculadas a los modelos generados a partir de soportes más tradicionales y analógicos, mediante la difusión de la visualización de los mapas temáticos y de los análisis, o de soportes digitales, como la construcción de una web semántica, de un visualizador SIG o del acceso sistematizado a la base de datos creada.

IV Problema y Pregunta de Investigación (P4)

En el cuarto problema se plantea una reflexión acerca de la implementación de los modelos aquí propuestos para la investigación del proceso histórico del objeto de estudio. Debemos subrayar que las tecnologías aquí aplicadas (SIG y Grafos) son herramientas que se utilizan también para hacer simulaciones y visualizaciones, en nuestro caso, simulaciones de dinámicas espaciales y/o de relaciones para estudiar eventos pasados con el fin probar hipótesis para estimar registros incompletos, para visualización de datos o simulaciones de análisis de redes sociales para visualizar y observar las relaciones entre los agentes. Un desafío en estos análisis y simulaciones es que ellos representarán y son reflejo de los datos que en él son tratados. De manera que, una vez que la base de datos crezca o sufra alguna edición, las simulaciones podrán cambiar. Eso nos ha llevado en de cierta manera a restringir algunos tipos de análisis a casos muy concretos (mediante cortes o filtros de datos) en los cuales teníamos una mayor cantidad y calidad de datos. De esa manera, hemos podido en la medida de lo posible lidiar con las lagunas de datos. Así, la pregunta que hemos formulado con relación a este problema es:

P4: ¿Cómo se pueden observar y estudiar la red de la producción arquitectónica del tardogótico utilizando métodos de análisis que contemplan múltiples escenarios?

3.3 Marco teórico

Existen algunos obstáculos metodológicos para desarrollar un estudio sobre la producción edilicia tardogótica en la Península Ibérica, y en especial en el antiguo reino de Sevilla, pues las aproximaciones biográficas se establecen por autores individuales o colectivos, o giran en torno de una determinada obra. Estas dificultades podrían ser superadas mediante la utilización de herramientas digitales de la información, si atendemos a factores como el comercio de obras de arte y/o la inmigración artística, cuestiones vitales para su estudio²⁷⁴. Como bien comenta García Cuetos²⁷⁵, el método hasta ahora aplicado para el análisis de esa arquitectura se ha *“basado fundamentalmente en el establecimiento de una autoría”* lo que quizás haya limitado la visión integral del fenómeno.

Los viajes y desplazamientos, por ejemplo, que los maestros realizaban, entre los distintos talleres y obras, las actividades que realizaban, los recursos materiales de cada lugar y las condiciones geopolíticas fueron innumerables²⁷⁶: en la primera década del s.XV, el maestro Carlin, Charles Guartier de Rohen, está en la Catedral de Lérida y a partir de la tercera, en la Catedral de Sevilla²⁷⁷; Ysanbarte, también maestro francés, trabajó en el castillo de Pierrefonds, en Lérida, Zaragoza, Daroca, Palencia, Tordesillas y Sevilla; Juan de Ruesga en Segovia, Palencia, Granada, Sevilla, Salamanca, Toro, Oñate; Alonso Rodríguez, de origen jerezano, en Carmona, Aroche, Gran Canaria, Antequera, Puerto de Santa María, Arcos de la Frontera, Alcalá de Guadaíra y Sevilla. Esos flujos de profesionales, tanto inmigrantes como también locales²⁷⁸, pueden ser mejor comprendido cuando los relacionamos con el papel de otros agentes (como la nobleza, el clero y la propia corona) o los cruzamos con los relatos de los viajeros durante sus

²⁷⁴ Alonso Ruiz, B. (2011b:44)

²⁷⁵ García Cuetos, M. P. (2011:35)

²⁷⁶ Naturalmente puede que haya discrepancias de detalles o atribuciones entre los estudiosos, pero que no afectan a la sustancia. Es evidente que no podremos tratar de todos los “eventos” o “actividades”, pero de varios sí.

²⁷⁷ Alonso Ruiz y Jiménez Martín (2009).

²⁷⁸ En el caso castellano encontramos los dos tipos de casos, maestros que vienen y se mueven en largos radios y maestros más locales que concentran su producción entre lugares más cercanos (García Cuetos, M. P. (2011: 34).

desplazamientos. Es el caso de Jerónimo Münzer²⁷⁹, que se desplaza de Sevilla a Lisboa pasando por Sanlúcar, Niebla, Serpa y Évora, ciudad esta última donde entonces residía el rey, distancia que cifra en “cuarenta y dos leguas muy largas”, ocupando en ello desde el 11 al 16 de noviembre. Y, por supuesto, también con cuestiones de la geografía territorial²⁸⁰ (sus características físicas y la infraestructura – conexiones - existentes).

“Los grandes talleres atraían obreros desde lugares muy lejanos y las empresas de carácter medio o menor, como muchas catedrales secundarias o las grandes iglesias parroquiales, harían lo propio con los canteros de territorios más próximos” ²⁸¹

En el caso de Sevilla, Jiménez Martín comenta la importancia de los comerciantes, del papel de los miembros de la iglesia y también del río Guadalquivir para la construcción de la Catedral Hispalense (Fig. I. 29), opinión compartida por el profesor Arévalo²⁸²:

“Fue posible gracias al Guadalquivir, de tal manera que no fue ésta “la Catedral del Mar”, sino la descomunal seo que, a contracorriente y contra todo pronóstico, piedra a piedra, depositó el gran río en su margen izquierda [...]”

Quienes estaban mejor informados eran los canónigos y otros clérigos, tanto los naturales de la mitad septentrional de la Península, que hubo muchos en la ciudad, como los sevillanos que habían estudiado en Salamanca. No conviene desdeñar el papel de los numerosos comerciantes, que algo sabrían del gótico construido en las principales plazas del comercio atlántico relacionadas con Sevilla [...]. Así pues, este paisaje eclesiástico [...] sólo pudo cambiar gracias a los viajeros, clérigos o comerciantes [...]” ²⁸³

²⁷⁹ Münzer, H. y Alba, R. (2002: 165)

²⁸⁰ Es posible que las características geográficas y de vecindad influyeron bastante en la producción edilicia pero no son las únicas variables determinantes para tener en cuenta. Este sistema complejo, como tantos otros, es un fenómeno histórico en los que interactúan otras muchas variables, en esta investigación hemos considerado algunas de ellas que luego señalaremos, y que contribuyen para una lectura más inteligible del sistema.

²⁸¹ García Cuetos, M. P. (2011:24)

²⁸² Arévalo Rodríguez, F. (2007)

²⁸³ Jiménez Martín, A. (2016: 17-18)



Fig. I. 29 Diego Cuelvis. Plano del Rio con Sevilla y Sevilla la Vieja del Tesoro Chorografico de las Espannas. 1599-1600. Londres British Library.

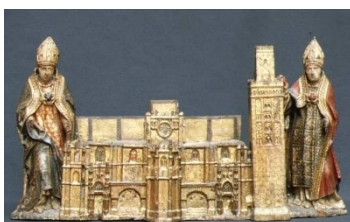


Fig. I. 30 Maqueta de la Catedral de Sevilla. Altar Mayor catedral de Sevilla. Alejo Fernández, 1511.

Asimismo, las características de las propias piedras elegidas para su construcción, que fueron transportadas desde la Sierra de San Cristóbal influenciaron el proyecto de la Catedral hispalense y su fábrica (Fig. I. 30).

“Se trata de una calcarenita de color marfileño, relativamente liviana, lo que facilitaba todos los movimientos; su extracción y labra son fáciles, por la banda que es, cualidades que proporcionaban un coste bajo, pero a cambio tiene serios defectos, como la escasa resistencia, que obligó a secciones muy grandes, lo poco que se presta a la decoración plástica y escultórica [...] lo que obligó a simplificarla y darle tamaños colosales.”²⁸⁴

Más allá de los marcos geográficos que permiten pensar en las rutas y caminos de la Península Ibérica con Europa y también con América (a principios del XVI) y las relaciones e interacciones que se empezaron a establecer gracias a las numerosas actividades desarrolladas entre ellos, tanto constructivas como económicas, culturales y políticas, cabe reflexionar sobre cómo todos esos factores acabaron por establecer y definir las conexiones entre los distintos espacios y la creación de otros nuevos. El resultado es un sistema abierto en expansión que se alimenta de cada aportación historiográfica, arqueológica, geográfica y de cada análisis arquitectónico²⁸⁵.

En este contexto, la integración de la historia con la geografía y con el análisis de redes ofrece nuevas posibilidades de estudiar esas transferencias dinámicas. Así, una proposición inicial sería considerar que: 1) los hechos históricos fuesen estudiados con conexión al lugar donde ocurrieron pero con la perspectiva de lo que pasaba también en otros lugares; 2) que la dinamicidad de los eventos y la construcción del propio territorio son procesos que presentan fases de inestabilidad y transición; 3) que las redes establecidas entre los agentes y el territorio fueron capaces de formar verdaderos “centros de producción” y que

²⁸⁴ Jiménez Martín, A. (2014: 183)

²⁸⁵ Según Capra (Capra, F. y Sempau, D., 1998) el mundo debe ser comprendido mediante una visión completamente integrada en lugar de una visión fragmentada. Capra considera tres diferentes, pero complementarias perspectivas, acerca de todo fenómeno cultural que nosotros aplicamos a lo arquitectónico: patrones, estructuras y procesos. Asimismo, enfatiza la necesidad de pensar los elementos conforme a un sistema complejo, en el cual son interdependientes y están inmersos en un proceso cíclico y abierto.

tenían una forma de organización tan compleja que su propio funcionamiento dependía de otros muchos subsistemas interconectados.

Las bases conceptuales sobre las que se apoya esta investigación ponen el énfasis en la cuestión espacial y en las relaciones antes descritas – sistemas complejos - para el entendimiento de los hechos históricos.

El énfasis en la cuestión espacial o del lugar en las ciencias históricas y sociales fue previamente defendido por Braudel²⁸⁶ y a partir de la década de 80 se define un cambio de paradigma acuñado como “el giro espacial” (*spatial turn* en inglés)²⁸⁷. El término hace referencia a una transformación en la manera de pensar, utilizando el espacio como medio y producto de la acción e intención humana y de la producción de los fenómenos culturales. En esta dirección apunta también el trabajo de Catalá²⁸⁸, en su análisis del significado de las imágenes como respuesta a estos fenómenos culturales. Una vez que la narrativa cronológica ha tenido su corpus agotado debido a su restricción únicamente al texto, surge la necesidad urgente de identificar los hechos y sus actores, y finalmente, de situarlos en el espacio (Fig. I. 31). Uno de los mayores estudiosos y defensores del giro espacial fue el geógrafo Edward Soja, que reclamaba la urgencia de la aproximación espacial:

“(...) nuestra espacialidad, sociabilidad e historicidad son mutuamente constitutivas, sin que ninguna se privilegie inherentemente a priori. (...) Esta perspectiva y la nueva conciencia espacial que está surgiendo de ella se esfuerzan por equilibrar las dimensiones de la realidad espacial,



Fig. I. 31 Fragmento del Mapamundi de Juan de la Cosa. Fuente: Cosa, Juan de la (1510).

²⁸⁶ Braudel, en su obra "El Mediterráneo en la época de Felipe II" (Braudel, F., 2011), abre el abanico histórico y nos deja la posibilidad de analizarlo en “tres tiempos” que contemplan distintas densidades, disciplinas y dinámicas. La aproximación histórica braudeliana ha sido espacial en el sentido de que son los cambios de las relaciones espaciales los que mejor explican el patrón de cambios en el tiempo. Cabe aquí resaltar también el caso de la escuela francesa de los “Annales”, en la cual autores como Lucien Febvre, Jaques Le Goff, George Duby y principalmente Fernand Braudel han aportado una ventajosa perspectiva al incorporar el análisis del lugar en el estudio historiográfico (Ferreira Lopes y Paco Pinto, 2017c; Pierre, N. y Jaques, L. G., 1986).

²⁸⁷ Soja, E. W. (2009:11-35).

²⁸⁸ Català Domènech, J. M. y Argullol, R. (2005)

social e histórica, haciendo las tres dinámicamente interactivas y equivalentes en el poder explicativo inherente” ²⁸⁹

Asimismo, Soja defiende el uso de nuevos instrumentos de análisis para la realización de estudios también más diversificados²⁹⁰. Philip Ethington²⁹¹ propone un acercamiento casi directo de la historia a la geografía – afirmando que el pasado son los lugares conformados por la acción humana. Ethington de esa forma, vuelve al enfoque espacial sojiano de la historia y además defiende que la historia no sería dada por “los cambios a lo largo del tiempo” sino por “los cambios a través de los espacios”.

Esa perspectiva ha llevado al aumento de estudios transdisciplinarios que utilizan el análisis de datos históricos y análisis de redes utilizando tecnologías de la información como el SIG que nos permiten compartir el lenguaje digital casi universal, reflejado en plataformas de navegación con sistemas de posicionamiento y mapas desplazables²⁹².

*“Hacer historia digital, pues, es crear un marco, una ontología, a través de la tecnología, para que la gente experimente, lea y siga un razonamiento sobre un problema histórico”*²⁹³

Cabe de esta forma hablar no solo de los sistemas del objeto de estudio que nos ocupa en esta investigación, también del propio territorio en sí como un sistema, un conjunto de entidades y procesos, permanentes y dinámicos, que lo conforman. Como bien define Ramon Folch:

*“Un sistema es un conjunto de elementos materiales - y no materiales – de tal modo relacionados y/o interdependientes que constituyen un todo orgánico, inexplicable por la mera aposición de sus partes.”*²⁹⁴

²⁸⁹ Soja, E. W. (2014: 51)

²⁹⁰ Soja, E. W. (2008)

²⁹¹ Ethington, P. J. (2007)

²⁹² Ferreira Lopes y Paco Pinto (2017c).

²⁹³ Cohen, D. J., *et al.* (2008).

²⁹⁴ Folch, R. (2003).

A todo eso, se suma la nueva capacidad del usuario de interacción y de adaptación a lecturas cada vez más rizomáticas²⁹⁵ (Fig. I. 32) y de lenguajes de programación para la visualización de datos que ofrecen los nuevos medios²⁹⁶, donde la información se estructura de múltiples maneras, con interfaces compuestas de varias capas y *links* permitiendo la máxima flexibilidad de navegación y mayor articulación de contenidos, incentivando a los “lectores” a investigar y establecer conexiones por su cuenta, proporcionando una experiencia de mayor inmersión y posibilidades²⁹⁷.

3.4 Acotación del ámbito de los modelos

Abordar la complejidad de la hipótesis planteada hubiera sido imposible sin el respaldo de una red de investigadores como la representada por la Red Tardogótica, liderada por la profesora Begoña Alonso Ruiz, y en particular sin los avances realizados por el profesor Juan Clemente Rodríguez en su visión geográfica y territorial de los fenómenos arquitectónicos que tuvieron a la catedral hispalense como foco, o los planteamientos metodológicos del grupo HUM-799 respecto a los modelos de conocimiento interdisciplinares. A estos trabajos se suma recientemente los liderados por Rabasa Díaz y López Mozo en torno a los sistemas de abovedamiento tardogóticos, mediante la identificación de variantes e invariantes formales y constructivas detectadas de un análisis a nivel peninsular²⁹⁸. A pesar de este soporte esencial, la propia consideración de un trabajo de tesis, de escala unipersonal, obliga ineludiblemente a una acotación, a la definición de un marco que no pierda el horizonte ni contradiga el carácter del planteamiento metodológico con el que se ha construido. En este caso

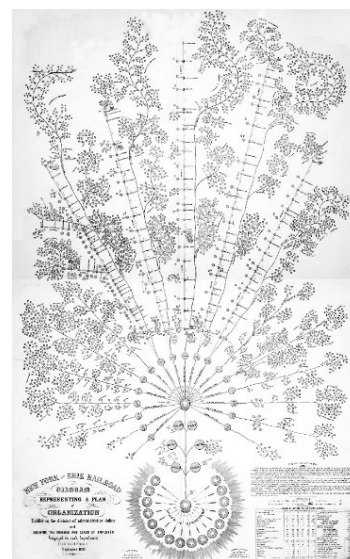


Fig. I. 32 Plano de la organización del ferrocarril de Nueva York, Daniel Craig Mc Callum y George Holt Henshaw 1855

²⁹⁵ El concepto de rizoma fue propuesto por Gilles Deleuze y Félix Guattari en 1972 para explicar modelos con estructuras no lineales o arbóreas como tradicionalmente se usaban, un modelo abstracto para estudiar sistemas complejos. Volveremos a debatir más profundamente acerca de este tema en el apartado acerca del desarrollo del Modelo Grafo propuesto en esta investigación (Deleuze, G. y Guattari, F., 1972).

²⁹⁶ Sobre la cuestión de los nuevos medios y la visualización como herramienta de investigación ver Ferreira Lopes, P. (2017).

²⁹⁷ Ferreira Lopes, P. y Paco Pinto, F. (2017c).

²⁹⁸ Rabasa, E., López Mozo, A. y Alonso, M.A (coord.) (2017).

esta acotación se ha realizado en el espacio, el tiempo, y en un tema dentro de los muchos posibles.

3.4.1 Marco territorial

Al tratar de un objeto de estudio complejo en el cual hace falta análisis a distintas escalas, la investigación abarca a lo largo de su desarrollo diferentes marcos territoriales: desde la Península Ibérica, al antiguo reino de Sevilla²⁹⁹, siendo este último el marco de partida para el tratamiento de la información. Nuestra propuesta consiste en examinar un espacio geográfico que ha tenido una especial relevancia en el tránsito a la Edad Moderna, que ocupa un lugar privilegiado en un momento en que se documentan fenómenos históricos trascendentes como el fin de la reconquista y la estabilización geopolítica de un territorio, el nacimiento de un vínculo transatlántico que amplía el horizonte de la vieja Europa y el surgir de un nuevo lenguaje clásico que muta del tardogótico hasta escindirse de él. Fenómenos que no serían posibles analizar sin tener en cuenta su relación con los otros territorios y regiones que van a marcar estas transformaciones. Es decir, en este primer proyecto piloto era necesario centrar la atención en un territorio que tuviera cierta entidad, como núcleo receptor de esa producción arquitectónica por medios tan diversos como los terrestres, marítimos y fluviales, a la vez que difusor de la misma, y en este caso el antiguo reino de Sevilla era un espacio idóneo.

3.4.2 Marco temporal

Las transformaciones producidas en el territorio de la Península Ibérica durante la baja edad Media fueron grandes, y ocurrieron *“de una forma paulatina después de la conquista castellana”*³⁰⁰. El trabajo abarca parte del fenómeno del tardogótico, no todo, pues como indica el título, se centra en el tránsito a la Edad Moderna. Se ha acotado el análisis inicialmente entre dos hitos que marcarán el devenir de la arquitectura producida en el Reino de Sevilla; entre el periodo de 1433,

²⁹⁹ El antiguo reino de Sevilla “comprendía algo más de las tres provincias de Cádiz, Huelva y Sevilla” (Collantes de Terán Sánchez, A. 2004: 47).

³⁰⁰ Valor, M. P. (2004).

año en el que empiezan las noticias sobre la fábrica de la catedral de Sevilla, hasta 1556, fecha de la abdicación de Carlos V y próxima a la muerte de Martín de Gainza³⁰¹, uno de los últimos maestros que representa la profesión entre ambos mundos, medieval y moderno³⁰², y por lo tanto el antes y el después del fenómeno quedan como tiempos latentes. No obstante, hay que subrayar que esta acotación temporal no es del todo rígida, teniendo un margen permeable hasta principios del último tercio del XVI. Aun así, como señalaremos más adelante, el principal problema al abordar este periodo será la desigualdad en los niveles de información tratada, que puede llegar a ser muy considerable entre algunos edificios, particularmente en relación a las fechas de las actividades o en los mismos datos cronológicos de la biografía de los profesionales. Lógicamente sabemos que se trata de un proceso abierto, susceptible de configurarse conforme a la obtención de nueva información, como bien hemos señalado en la presentación de esta tesis.

En este marco temporal se reconoce de partida, una importante actividad edilicia donde se repiten formulaciones constructivas y espaciales que indican pautas recurrentes, con variaciones formales reconocidas con la etiqueta “gótico tardío”, “tardogótica” o “prerrenacentistas”, que hacen patente un tiempo de tránsito e intercambio, de transferencias e hibridaciones, un lugar común que intenta caracterizarse ante la imposibilidad de ubicarlo en las grandes etapas históricas convencionales³⁰³, como indicaremos más adelante.

3.4.3 Marco geopolítico-económico

No sería posible trazar el contexto de inicio de la Edad Moderna en la Península Ibérica sin captar el sentido del fenómeno transnacional de los agentes y las circunstancias geográficas que lo envolvieron, y que dieron como resultado el fenómeno tardogótico. Las variables y cambios que van a caracterizar la arquitectura de este momento se

³⁰¹ Desde el punto de vista de ese proyecto, aunque hemos centrado el estudio solo en la producción edilicia en esta cronología, es incuestionable que los resultados serían mucho más densos y ricos si se contemplase también el periodo anterior y posterior.

³⁰² Rodríguez Estévez, J. C. (2011)

³⁰³ Al respecto Alonso Ruiz, B. y Villaseñor Sebastián, F. (2014: 9-11)



Fig. I. 33 Capilla de la Antigua de la Catedral de Sevilla. Francisco Pinto Puerto, 2016.

encuentran ya en los comienzos de la baja Edad Media, un tiempo convulso, con crisis y cambios de gran trascendencia en la Península. En primer lugar, es necesario centrar la atención sobre las escalas que consideramos direccionan las transformaciones perceptibles en la arquitectura. En segundo lugar, los resultados y transformaciones de la producción arquitectónica están vinculados a una serie de “conexiones” entre los diferentes grupos de agentes que la protagonizan, y que son en última instancia los que generan las dinámicas productivas, entendiendo que estas interacciones rompen la idea estática del espacio en el que surgen, el mapa fijo en el que solemos ubicarlas. Pongamos como ejemplo un caso que resulta paradigmático en relación a las empresas levantadas por las clases pudientes y aquellas vinculadas a la corona, como los palacios de Pilatos y Dueñas o las dependencias reales del alcázar, donde aparecen modelos de bóvedas y decoraciones murales repetitivos, casi clonados de los explorados en la Capilla de la Antigua de la Catedral hispalense (Fig. I. 33), en este caso aplicados a las capillas privadas palaciegas, que son testimonio de una red de relaciones familiares y sociales que sirven de tablero de juego y de mecanismo de transmisión de influencias³⁰⁴.

La guerra de los Cien Años (1337-1453) fue una de las causas de la gran oleada de migración de maestros, procedentes de Normandía y oeste de Francia, a Castilla durante la primera mitad del siglo XV. Con la paralización de la producción edilicia durante este periodo de guerra, muchos maestros se vieron obligados o incentivados a salir de

³⁰⁴ Guerrero, J., Pinto, F., Mora, G., Redondo, M. (2017)

Francia³⁰⁵, o cómo las guerras Husitas, que afectaron el taller de Parler y Praga, disolviendo estas fábricas centroeuropeas³⁰⁶.



Fig. I. 34 Atlas Catalán de 1375: tradicionalmente atribuido a Abraham y Jafuda Cresques. Fuente: BNE.

A su vez, el aumento del papel de las asambleas representativas y las tentativas realizadas por la elite para participar de las decisiones políticas de la época también fueron elementos que influenciaron en las decisiones de organización territorial y las empresas constructivas asociadas a ellas durante el tránsito a la Edad Moderna. De la misma manera, esa tendencia también ocurrió en la Iglesia, tras el conflicto del Cisma, abrazando el sentimiento de nacionalismo de la época, aunque dentro de sus divisiones, lo que pudo resaltar los rasgos de la producción edilicia religiosa. Si bien las estructuras continuaron siendo substancialmente medievales, el surgimiento de las “nuevas monarquías” se produjo junto con la mayor concentración del capital en las manos de los mercaderes y la aparición de un monopolio privado incipiente, creando cada vez más espacios de poder en beneficio de la burguesía y de los reyes que acabarán por reflejarse en las empresas entonces emprendidas, que trascienden el papel periférico que se ha

³⁰⁵ Así parece indicar las investigaciones de García Cuetos, que apunta principalmente los puntos de origen de los maestros llegados a la península, provenientes de los territorios que enfrentaban graves conflictos y crisis (García Cuetos, M. P., 2011: 22).

³⁰⁶ García Cuetos, M. P. (2011: 23); Stepánek, P. (1970)



Fig. I. 35 Grúa con rueda de pisar próxima a Torre del Oro en Sevilla. Ambrosio Brambilla, 1585.

dado durante años a la península³⁰⁷. Entre los aspectos más singulares que caracterizan a esta época, y que afectarán a las empresas edilicias, podríamos destacar la idea de magnificencia y ostentación como juego de presencia y poder en el panorama social y político³⁰⁸.

Los grandes ejes comerciales europeos no van a sufrir cambios notables hasta principios del s. XV. En todo el s. XIV se concentran los dominios comerciales genovés, hanseático y portugués. En el XV, la preponderancia de los genoveses seguirá, no obstante, ocupando una cierta importancia comercial en la Baja Andalucía, beneficiándose de la ruta entre Italia y Flandes que pasaba por el estrecho, de la exploración del Atlántico medio con la conquista de Canarias (segundo tercio del XIV), de las relaciones con el Magreb occidental³⁰⁹ y posteriormente con las rutas entre los puertos béticos y portugueses, con Southampton o Brujas. Lo cierto es que el papel de Sevilla (Fig. I. 35) solo será realmente significativo a partir del XV:

“Es cierto que el papel marítimo de Sevilla es bastante anterior al siglo XV, como prueba la existencia desde antiguo de un colegio de «cómities» [...]. Pero Sevilla no es entonces, más que un puerto entre otros, su actividad marítima, una actividad entre otras, no la más importante.”³¹⁰

Asimismo, los tráficos hacia Galicia y la costa Cantábrica, principalmente el comercio vizcaíno con Flandes e Inglaterra, también se intensificaron³¹¹. La comunicación entre Cantabria y Portugal a finales del XV y principios del XVI podría ser también otra ruta importante a considerar, dado que, en este periodo, como afirma Genin, cerca de 80% de los operarios activos en las principales obras de Portugal venían de Cantabria³¹². Asimismo, esa misma ruta por mar, en su continuación hacia Sevilla podría ser la vía principal para la emigración al Sur, aunque esas rutas comerciales con el Norte no

³⁰⁷ Rucquoi, A. (2014)

³⁰⁸ Bayón, D. (1991: 21); Alonso Ruiz, B. (2012)

³⁰⁹ Para profundizar en este tema ver Ladero Quesada, M.A. (1999: 78-86)

³¹⁰ Chaunu, P. (1983: 24)

³¹¹ Ladero Quesada, M.A. (1999:72-79)

³¹² Genin, S., Moreira, R. y Jonge, K. (2011: 544)

seguirán un ritmo ascendente a partir de las últimas dos décadas del XVI, al entrar en decadencia, hasta que a principios del XVII ocurrirá una ruptura.

La comunicación con Génova a través del Estrecho hizo que la Baja Andalucía, y especialmente Sevilla por su posición estratégica junto al Guadalquivir, estuviera habituada al comercio internacional, principalmente con Italia, mientras al norte quedaban Inglaterra y Flandes. La influencia de ciudades marítimas como Venecia, Génova, Pisa, o Amalfi conseguirán mantener los contactos internacionales con el mediterráneo e incentivaron el crecimiento de otras ciudades como centros comerciales³¹³ (Fig. I. 36).

El enriquecimiento de los comerciantes, de la propia nobleza y por supuesto de los obispados, sobre todo a partir de la mitad del XV, fue otro factor importante para que la gran oleada de maestros europeos llegase a Castilla. Todas las actividades comerciales que se realizaban en Sevilla a finales del XV habían “atraído a la ciudad una primer gran oleada de inmigración, totalmente asimilada a finales del siglo XV”³¹⁴.

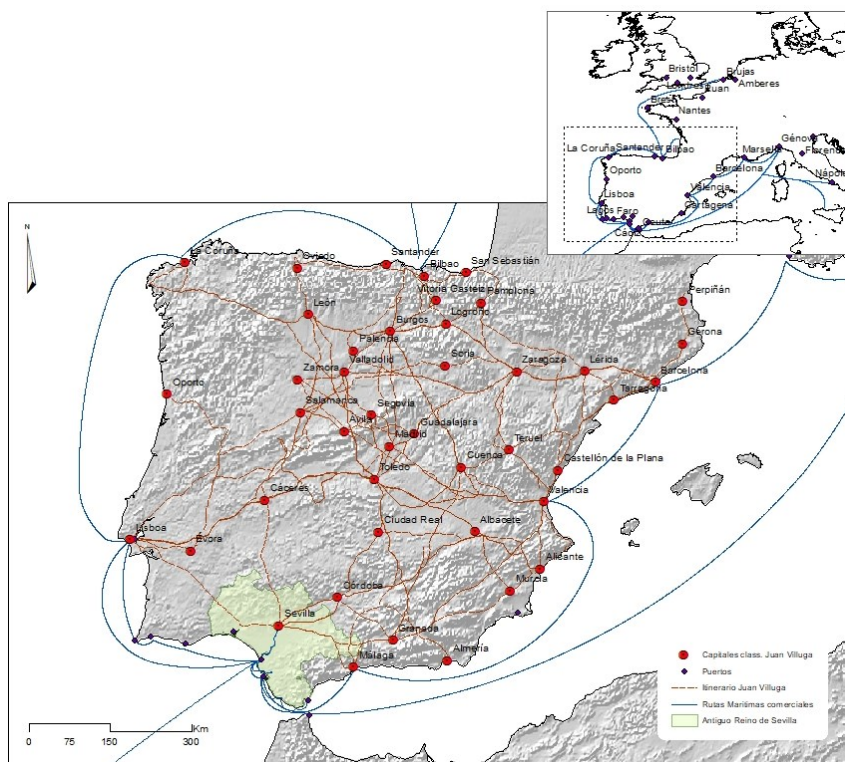


Fig. I. 36 Mapa Temático de las principales rutas e itinerarios en el contexto del fenómeno del tardogótico. Elaboración propia.

³¹³ Zaragoza Catalá, A. (2000:105-120)

³¹⁴ Chauu, P. (1983: 25), al respecto también es imprescindible el trabajo de Collantes de Terán Sanchez, A. (2006: 129-134).

A partir del primer tercio del XV, los altos cargos de las grandes fábricas en Castilla son, en su gran mayoría, ocupados por maestros extranjeros³¹⁵. En este periodo, las grandes fábricas receptoras de esa oleada de maestros son León, Palencia y Sevilla. El proceso de transferencia de ese conocimiento será también las bases para la formación de los maestros, a partir del último tercio, que actuarán en la Península³¹⁶. En ese momento, el crecimiento del comercio andaluz fue la antesala hacia la apertura para América, como bien ha señalado Chaunu:

“[...] un profundo movimiento interior que conduce, insensiblemente, al centro de Castilla cada vez más hacia el Sur. El ritmo de esta evolución hay que cargarlo al activo del Atlántico hispanoamericano. Prolonga, ciertamente, la colonización medieval de las tierras ganadas a la España musulmana.”³¹⁷

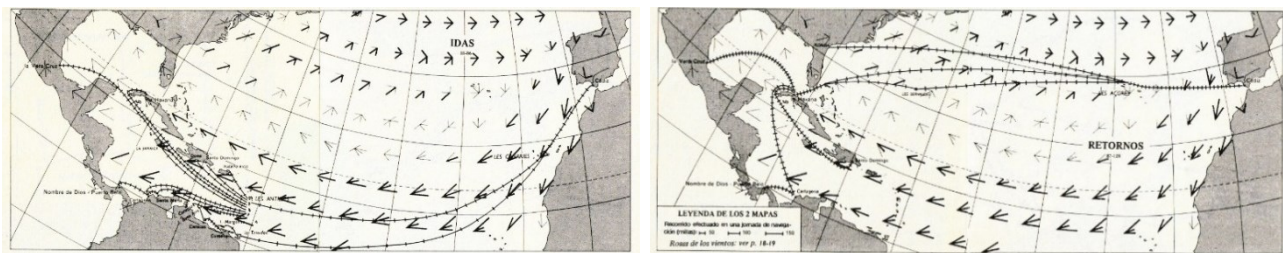


Fig. I. 37 Velocidades comparadas de los principales recorridos hacia América. Fuente: Chaunu, P. (1983: 206-207)

A mediados del siglo XV, se definen dentro de la Península Ibérica cinco entidades políticas: la Corona de Castilla, la Corona de Aragón y los Reinos de Navarra, Granada y Portugal (Fig. I. 38). Con el reinado de los Reyes Católicos se consigue las bases para el futuro Estado Moderno, reforzando y ampliando la centralidad, al mismo tiempo que comienza los avances en la conquista del Atlántico. En este contexto, la Reconquista y la conquista de América, se activa también en la península la influencia de la producción arquitectónica europea, significativamente a partir de la tercera década del XV, momento que también coincide con el inicio del proyecto de la Catedral de Sevilla. Del mismo modo, esta inserción europea no recala en un territorio vacío, pues existe en el bajo Guadalquivir una tradición asentada de maestros



Fig. I. 38 Delimitación de las cinco entidades políticas a mediados del s.XV. IDE histórica. Elaboración propia.

³¹⁵ Alonso Ruiz, B. (2011b: 45)

³¹⁶ Alonso Ruiz, B. (2005)

³¹⁷ Chaunu, P. (1983:15)

que, en obras mucho más discretas, comenzaron a poner las bases de la gran industria que representó el tardogótico. Como ejemplo la arquitectura que se desarrollaba desde finales del s. XIV y la primera mitad del s. XV en el ámbito jerezano, donde algunos investigadores sitúan un foco de producción suficientemente consolidado, que logró imponer modos y sistemas constructivos, lo que viene a denominarse como gótico-mudéjar o simplemente mudéjar jerezano³¹⁸.

La producción de obras artísticas, arquitectónicas y de ingeniería han dejado su huella en el territorio con un vasto número de modelos y tipologías de edificios: catedrales, conventos, capillas funerarias, castillos, torres, puentes, hospitales, palacios, etc. Ese fenómeno se alarga en la Península hasta la segunda mitad del siglo XVI, pero además continuará su difusión en América, donde nuevos condicionantes incentivan la creación de variantes formales y constructivas que, sin embargo, mantendrán un interesante vínculo con los precedentes peninsulares. Las condiciones sísmicas, o la necesidad de responder muchos de estos edificios a una fundación o un crecimiento urbano que se producen simultáneamente, pondrá en tensión los modelos que llegan desde Europa a través de la península. Si trasladamos esta circunstancia al proceso de reconquista que se produjo poco antes en Andalucía, entenderemos la importancia de atender al modo en que surgen las distintas fábricas, como veremos a continuación.

3.4.4 Marco arquitectónico

La investigación se centra en el análisis de la producción edilicia como resultado de la implantación de un lenguaje y unos recursos constructivos renovados a unas ciudades que empiezan a crecer con el alejamiento de las fronteras y la consolidación final del territorio tras la toma de Granada. En estos años finales del s. XV numerosas fábricas de parroquias ya tenían comenzadas reformas parciales de sus fábricas en un lenguaje gótico-mudéjar mediante la construcción del espacio simbólico del ábside, el enaltecimiento de las familias dominantes a través de la fundación de capillas, o la fundación o consolidación urbana

³¹⁸ Al respecto destacan los recientes trabajos de López Vargas Machuca, F. (2016) y Guerrero Vega (2018, *en prensa*).

de nuevos monasterios y conventos vinculados a la estructura agrícola y productiva de los territorios limítrofes. Este fenómeno, ya suficientemente señalado por la historiografía, partía necesariamente de un tejido profesional, con su estructura iniciada, que consolidará el uso de los recursos materiales y el modo en que se organizan en el territorio a la vez que también es condicionado por él. En este sentido, los modelos (SIG y Grafos) son útiles para estos análisis pues contemplan una multitud de aspectos que quedarán interrelacionados: por un lado, las actividades de la producción edilicia – que llamamos “eventos” - en el cual están asociados los profesionales, mecenas, parte del edificio, edificio, canteras, fechas y fuentes bibliográfica, estas últimas permiten la trazabilidad de cada dato y cada relación establecida. Por otro, las entidades que forman parte de la IDEH del modelo SIG contemplan entidades de categoría administrativas (reinos, diócesis, núcleos), las infraestructuras (caminos, puertos, rutas), producción (canteras). Ante la dificultad de abarcar demasiadas variantes, nos centramos en los profesionales que cumplan la condición de haber trabajado en alguna obra en el antiguo Reino de Sevilla.

En este contexto, la unidad base de significado que se ha adoptado de partida ha sido el edificio (catedral, parroquia, hospital, etc.), o conjunto de edificios que forman una cierta unidad (monasterio, convento, etc.). Cada uno de estos edificios son los testimonios materiales que alertan de la presencia de los fenómenos estudiados en un lugar y de la red de relaciones que fueron necesarias para su materialización. Esto es, cada uno de estos edificios conocidos o hallados, provoca una pregunta sobre otros elementos vinculados a ellos, que en muchas ocasiones son desconocidos, como caminos, materiales y suministros o agentes implicados. Datos que enraízan cada arquitectura tanto a un lugar o a un tipo constructivo, como a una corriente o proyecto colectivo que trasciende su consideración objetiva y explican su particularidad.

Cada avance en el proyecto de tesis, dado el volumen de datos surgidos, han requerido una necesaria acotación, que siempre es considerada provisional y coyuntural, lo que ha requerido una estrategia que permitiera su futura ampliación. La consideración de esta unidad mínima de significado no obvia la consideración del edificio

como conjunto de partes materiales y espaciales. De hecho, buena parte de la producción tardogótica se identifica no en el edificio completo, sino en partes de éste, resultado de reformas o ampliaciones de fábricas anteriores. Este será el caso más frecuente. De manera que los acontecimientos referentes a la fábrica arquitectónica son muchas veces discontinuos, muchos presentando “modificaciones de la idea original, a veces muy evidentes, otras veladas, y en ocasiones ocultas”³¹⁹, pues son muchas las reformas realizadas posteriormente al margen temporal que analizamos; renacentistas, barrocas, pero sobre todo las numerosas transformaciones decimonónicas que en muchas ocasiones hacen dudar de la originalidad del elemento estudiado³²⁰.

Con estas prevenciones, el marco arquitectónico que se ha considerado está formado por un conjunto acotado de elementos resultantes de acciones que, entre otros, podríamos apuntar:

– Construcción de nuevas parroquias priorales o iglesias mayores en poblaciones importantes que acompañan a las primeras collaciones extramuros, o sobre los restos de una antigua estructura mudéjar o islámica en el caso de las iglesias intramuros. Son los casos, por ejemplo, de las priorales del Puerto de Santa María, Santa María de Carmona (Fig. I. 39), Santiago y San Miguel de Jerez (Fig. I. 40), San Miguel de Morón, de San Mateo de Tarifa, Santa María la Coronada en Medina Sidonia, Santiago y Santa María de Mesa de Utrera, que vienen a configurar lo que el profesor Rodríguez Estévez ha denominado gótico catedralicio³²¹.

– Reformas o ampliaciones de los templos reaprovechando buena parte de las estructuras precedentes, lo que requirió de las adaptaciones de sistemas constructivos y dimensiones previas. Se han podido observar tanto naves completas conservadas a las que se añadió una capilla mayor, como la inversa, naves rehechas con un ábside previo conservado. Son los casos de Santa María de Arcos, el Salvador de Vejer de la Frontera (Fig. I. 41), Nuestra Señora de la Oliva en Lebrija

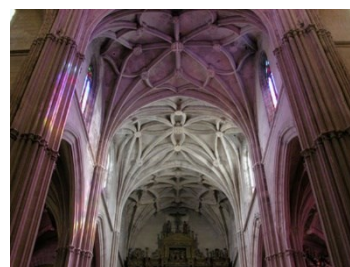


Fig. I. 39 Santa María de Carmona. Juan Clemente Rodríguez Estévez, 2015.



Fig. I. 40 Crucero de San Miguel de Jerez de la Frontera. Manuel Romero Berjarano, 2015.



Fig. I. 41 Iglesia Parroquial del Divino Salvador de Vejer de la Frontera. Manuel Romero Berjarano, 2015.

³¹⁹ Pinto Puerto, F. (2006:213)

³²⁰ Pinto Puerto, F. (2006: 213); Álvarez Luna, Á., Guerrero Vega, J. M. y Romero Bejarano, M. (2003)

³²¹ Rodríguez Estévez, J. C. (2007: 175-256)



Fig. I. 42 Presbiterio de Nuestra Señora de la Oliva en Lebrija. Manuel Romero Berjarano, 2015.



Fig. I. 43 Refectorio Cartuja de Nuestra Señora de la Defensa de Jerez de la Frontera. Francisco Pinto Puerto, 2015.

(Fig. I. 42), Santiago de Alcalá de Guadaíra, Santa María de Estepa, la Asunción de Lora del Río, San Juan Bautista de Marchena, la Encarnación de Constantina, las prioral de Niebla, Cortegana o la de Aroche, San Dionisio, San Mateo, San Juan, San Marcos de Jerez, la O de Rota, o la más tardía de Setenil de las Bodegas³²².

- Fundación de capillas, generalmente funerarias, adosadas a los templos en aquellos lugares más señalados, siguiendo en esto la tradición que se iniciara en el mudéjar. En este caso son numerosas y generalmente poco documentadas, como la actual sacristía de la iglesia del Salvador, las capillas de Santa Ana y del Capítulo en la Cartuja de las Cuevas, en Sevilla o la capilla el claustro pequeño de la Cartuja de Cazalla de la Sierra.

- Fundación de monasterios y conventos que, de nuevo, repiten la conservación de estructuras previas, generalmente resultado de las donaciones obtenidas tras la reconquista de esas ciudades en el s. XIII.

- Construcción de palacios y casas señoriales urbanas que, de nuevo, reforman o adaptan otras construcciones anteriores más discretas, o fortificaciones que dejaron de tener un uso militar.

Podríamos establecer una taxonomía de elementos constituyentes a raíz de las peculiaridades de todos ellos, siguiendo así a Paul Frank ³²³, y rastrear su origen, pues debemos subrayar que las soluciones tomadas y los estándares constructivos empleados en la producción arquitectónica del antiguo Reino de Sevilla (Fig. I. 44 a Fig. I. 48) es fruto del intercambio de agentes dentro del tejido productivo nacional e internacional, y de su adaptación a las condiciones y limitaciones del sitio en que se construyeron, como bien apuntamos en el capítulo 3 de la Parte I de esta tesis. En esta dirección apunta el trabajo de Rabasa y López Mozo, quienes han mapeado un gran número de bóvedas hispanas³²⁴. En él se dibuja un panorama de difusión de determinados modelos que proceden de los centros de producción europeos como Alemania y Francia, que penetran en la península a través de maestros

³²² De estas, Santa María de Estepa, la Asunción de Lora del Río y San Juan Bautista de Marchena no se han encontrado informaciones/datos suficientes para incluirlas en la base de datos. Esto podría indicar un nicho de investigación a ser desarrollado en el futuro.

³²³ Frankl, P. [1965](2002)

³²⁴ López Mozo, A. (2017:3-6)

extranjeros y que arraigan en las diversas fábricas desarrolladas a principios del s. XVI. Cada una de estas peculiaridades formales y constructivas son para nosotros indicadores, bien sean para identificar los elementos que van a ser registrados, como para establecer unos márgenes temporales aproximados, cuando carecemos de otras fuentes documentales. En este sentido, la catedral hispalense es el nudo principal de referencia, pues inaugura de una forma clara y contundente lo que acontecerá de forma más extensa en el resto del Reino de Sevilla. Solo de la comparación de las plantas recopiladas durante el periodo de elaboración de ésta tesis, podremos observar la escala del edificio catedralicio respecto a aquellas obras del resto del arzobispado (para consultar un mapeo de las plantas recopiladas, ver *Anexo 1*).

Dada la amplitud y complejidad que esto supone, esta tesis se sitúa en el límite del trabajo realizado por los investigadores antes citados. A pesar de haber considerado e identificado estas peculiaridades, hemos optado por profundizar en las relaciones que son posible establecer entre estos objetos materiales y la red de agentes y circunstancias implicados.

No obstante, también en este período podemos observar la existencia de soluciones más afines a nivel nacional y regional, y es esta quizás una de las tendencias que definen la producción tardogótica. Dado que la catedral hispalense estaba cerrada en 1506, no llegó a plasmar en su concepción inicial las novedades formales procedentes de Europa a partir de la segunda década del s. XVI. Pero no estuvo exenta de las mismas, pues tras la caída del cimborrio en 1511, llegó a tiempo de incorporar dichas novedades a los arreglos que sufrió, lo que supuso, de nuevo, un nuevo foco de expansión de estas soluciones en el arzobispado. Nos referimos sobre todo al uso de bóvedas de terceletes y combados, así como la exaltación decorativa de arquitecturas murales, cresterías y remates que vemos en la zona del crucero y los testereros de las fachadas de sus brazos.

Si las formas expandidas al arzobispado durante el final del s. XV y principios del s. XVI estaban preñadas de las soluciones que muestra el gran buque catedralicio, las innovaciones que se observan en su



Fig. I. 44 Capilla del Socorro de San Miguel de Jerez de la Frontera. Francisco Pinto Puerto, 2007.



Fig. I. 45 Bóveda del crucero de San Miguel de Jerez de la frontera. Francisco Pinto Puerto, 2007.



Fig. I. 46 Ménsula del refectorio de la Cartuja de Nuestra Señora de la Defensa de Jerez de la Frontera. Francisco Pinto Puerto, 2015.



Fig. I. 47 Base del Pilar del crucero de la Santa María de Carmona. Juan Clemente Rodríguez Estévez, 2015.

crucero desde de la segunda década del s. XVI parecen proceder directamente desde los focos castellanos, valencianos o portugueses, pues son coetáneo a los mismos. Nos referimos a las soluciones de bóvedas con terceletes y combados que podrían ser traslaciones literales de modelos que observamos en el resto de la península, y que, sin embargo, no existen en la catedral. Desde nuestro punto de vista, esto es un indicador de cómo a partir de la segunda década del s. XVI, las influencias llegan a través de la presencia de actores distintos, muchos de ellos sin haber pasado por la catedral.



Fig. I. 48 Enjarje de la Iglesia de la Asunción de Nuestra Señora de Aroche. Francisco Pinto Puerto, 2015.



Fig. I. 49 Capilla Mayor de la Catedral Santa María de Sevilla. Francisco Pinto Puerto, 2015.

4. METODOLOGÍA DE LA TESIS

La metodología desarrollada en la tesis doctoral seguirá un proceso experimental continuado - de ensayo y error – de manera que la toma de decisiones técnicas atenderá siempre a los objetivos establecidos y al objeto de estudio. Las diversas técnicas, herramientas y métodos de trabajo aplicadas durante el proceso de la investigación tendrán como base conceptual principal su utilidad práctica para futuros estudios. En este sentido se han establecido las directrices del proceso metodológico con el fin de establecer sucesivas fases de desarrollo:

M1. Análisis de la situación de partida. Estudio de la problemática general del contexto histórico y su reflejo en la interpretación, visualización y conocimiento del patrimonio en sus distintas escalas.

a) Análisis de los avances ya realizados en la base de datos “ARCHIBASE” (Fig. I. 50) desarrollada por le Red Tardogótica en el cual se ha desarrollado un “diccionario” de los profesionales en el contexto del tardogótico en la Península Ibérica. De este conjunto se procederá a seleccionar y analizar los agentes que han intervenido en la Catedral

The screenshot shows the ARCHIBASE 3 application interface. At the top, there is a search bar with the text "Buscar Arquitectos". Below the search bar, there are several input fields for "Nombre:", "Nacido en:", "Vecino de:", and "Palabras clave (separadas por espacios):". The search results are displayed in a table with the following columns: Nombre, Lugar Nacimiento, Vecino, Categoría Profesional, Activo Desde, and Activo Hasta. The table lists various architects and their associated data.

Nombre	Lugar Nacimiento	Vecino	Categoría Profesional	Activo Desde	Activo Hasta
ÁLVIZ, Juan de	Larinoia, Alava	Sevilla	Máestro Mayor	1507	
ABADCOQUE, Juanes	Larinoia, Alava		Cantero		1507
ALAIN, Juan	Larinoia (Garnido), Larinoia		Máestro de cantería	1505	1537
ALBAIDA, Francisco de	Arenas 7		Oficial de cantería	1510	1513
AMOR, Juan de			Oficial de cantería	1510	
ARAGON, Diego de			Máestro de cantería	1510	
ARTAGO, Onofre de			Oficial de cantería	1510	
BADAJOS, "el Viejo", Juan de		León	Máestro de cantería	1482	
BRETIENON, Onofre de	Elbaio		Máestro de cantería	1510	
CABAÑUELA, Juan de	Hornedo (Cantabria)	Valladolid	Cantero	1525	1535
CASTIL, Maestro	Sevilla		Máestro Mayor	1485	1487
CASTILLO, Juan de	Naumera	Donar	Máestro de cantería	1507	
COEMM DE BRUGELAS, Henegum	Burgos		Máestro Mayor	1482	
COZONA, Sotelo de	Burgos		Máestro Mayor	1478	1511
CORREA, Pedro			Oficial de cantería	1510	
LOZANO, Egan	Flandes	Sevilla	Máestro Mayor	1452	1495
DAZ DE BRACOS, Pedro		San Miguel de Arce	Máestro de cantería	1495	
DALMAU, Ambros			Escultor	1425	1453
EGAS, Andrés	Sevilla	Sevilla	Escultor	1475	1521
EGAS, Enrique	Sevilla	Sevilla	Máestro Mayor	1490	1554
ENCINENA, Marcos con	Utr?				
ESQUIVEL, Juan					
GAMAZ DIAZ DE BURCOS, Juan			Máestro Mayor	1428	
GAÑIZ, Martín					
GAÑIZ, Miguel					
GALLERO, Juan			Oficial de cantería	1515	1515
GALE DE HORNOSÓL, Juan	Máestro de cantería		Máestro de cantería	1495	
GALE DE HORNOSÓL, Juan	Naumera, Cantabria		Máestro Mayor	1499	1526
GALE, Juan	Saint-Pol-de-Léon (Bretaña)		Máestro pedrero, Mico de piedra blanca, Máestro pedrero entalla.	1455	1496
HEREDIA, Alonso de			Oficial de cantería	1510	
HEREDIA, Juan de		Sevilla	Máestro Mayor de cantería de las Indias	1507	1529
MOSES, Juan de	Sevilla?		Máestro de cantería	1482	1496
MOSES, Juan de las					
ISABASAT			Máestro Mayor de la catedral de Sevilla	1399	1427
ISAB, Ambros					
ISAB, Cristob					
LÓPEZ, Pedro			Máestro Mayor	1484	1523
ARZANA, Tobias de			Escultor		
LEZANA, Sebastián					
MAESTRE MARTIN	Bruselas		Vecero	1506	1520
MARQUIN, Juan de	Vilanova		Figurador	1509	1533
MARENDO, Pedro de			Oficial de cantería	1510	1513
MORANES, Juan de	Salamanca?		Máestro de cantería	1510	
MORANES, Juan de las			Oficial de cantería	1510	1513
MORANES, Juan de las	Cajano, Cantabria	Salamanca	Máestro de cantería	1487	1520
MORANES, Pedro de			Máestro Mayor	1511	
MORAN, Juan de			Máestro de cantería	1495	1498
MORAN, Juan	Novandiat?		Máestro Mayor	1495	1498
OLIVA, Juan de			Oficial de cantería	1510	
OLIVERES, Juan de			Oficial de cantería	1510	
ORLANDOS, Juan de					

Fig. I. 50 Captura de pantalla de la aplicación “Archibase 3”.

de Sevilla y en las fábricas de su arzobispado, que viene a coincidir con el Reino de Sevilla.

b) Sondeo de las principales fuentes documentales, primarias y secundarias, que podrían servir para la mineración de datos (*data mining*)³²⁵.

c) Definición del ámbito de trabajo elegido teniendo en consideración su amplitud, complejidad y extensión de información posible. Se define como ámbito de partida los profesionales que cumplan la condición de haber trabajado en Reino de Sevilla entre 1430 y 1556.

d) Rastreo y análisis de experiencias similares en el ámbito nacional e internacional. Estudio de casos de aplicaciones de SIG y Grafos susceptibles de aplicar en el proceso de modelo del objeto de estudio.

M2. Adquisición de datos. Recopilación, organización y digitalización de documentación gráfica y textual de fuentes primarias y secundarias. Entrevistas y consultas con expertos del tema.

a) Recopilación de fuentes documentales cartográficas, escritas, publicadas, etc., y su organización en base a categorías de aproximación y temática.

b) Generación de una estructura de datos a partir de la sistematización y organización de las fuentes de información.

M3. Generación de los modelos.

a) Estudio de terminologías a adoptar. Tras el tratamiento de las fuentes documentales se ha verificado una falta de homogeneidad en cuanto a las terminologías empleadas. Tal problema afectaba tanto a la descripción de elementos de los edificios como también al propio

³²⁵ Es una palabra derivada de la expresión inglesa *data mining*, que compara el depósito de datos con un proceso de búsqueda de información en el cual se pueden encontrar "vetas" de datos que pueden servir a los objetivos marcados.

nombre del edificio, apareciendo distintas denominaciones para una misma entidad. De esa manera, se ha optado por la terminología utilizada en el Tesouro Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, y para la denominación de los edificios se ha utilizado la establecida por el IAPH (Instituto Andaluz de Patrimonio histórico) y por el MECD (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte).

b) Diseño del esquema de relación del Modelo basado en Grafos.

c) Diseño de un Modelo de base de datos basado en *eventos* (*Event Database Model*)³²⁶ para ser vinculados a los modelos SIG y Grafos - que contempla los edificios, canteras, partes de edificios, elementos constructivos, agentes y eventos – y que contendrá las características y atributos pertinentes para un posterior análisis con ambas herramientas.

d) Digitalización y diseño de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) Histórica, que se utilizará en el modelo SIG – modelo conocido como modelo de “foto instantánea” (*Snapshot Model*), representaciones de determinado tema en un periodo temporal.

M4. Entrada de datos. Entrada de datos en el Sistema de Base de Datos. En esta fase se completan los campos de las tablas de la Base de Datos con los respectivos datos extraídos y tratados de las fuentes consultadas.

M5. Análisis. Se realizan las consultas, la generación de visualizaciones y los análisis de la propia base de datos y de ambos modelos: SIG y Grafos.

M6. Evaluación de los resultados logrados, revisión y corrección. Estudio de las posibles opciones de ampliación y análisis de los dos modelos con el fin de servir a futuros trabajos de los trabajos desarrollados en el Proyecto I+D y en el marco europeo e internacional.

³²⁶ Worboys, M. F. (2005)

M7. Elaboración Propuesta Metadatos.

- a) Propuesta Metadatos para la Base de Datos
- b) Propuesta Metadatos para la Infraestructura de Datos Espaciales Histórica.

M8. Difusión de los modelos.

Esta parte de la metodología ha sido desarrollada desde la fase M1 de la metodología y durante todo el proceso de la investigación mediante publicaciones, presentaciones en encuentros científicos (Seminarios, Congresos, Jornadas, etc.) y propuestas para Proyectos del Marco Europeo. Asimismo, se aspira a la propia difusión de los Modelos para su reuso. (Fig. I. 51).

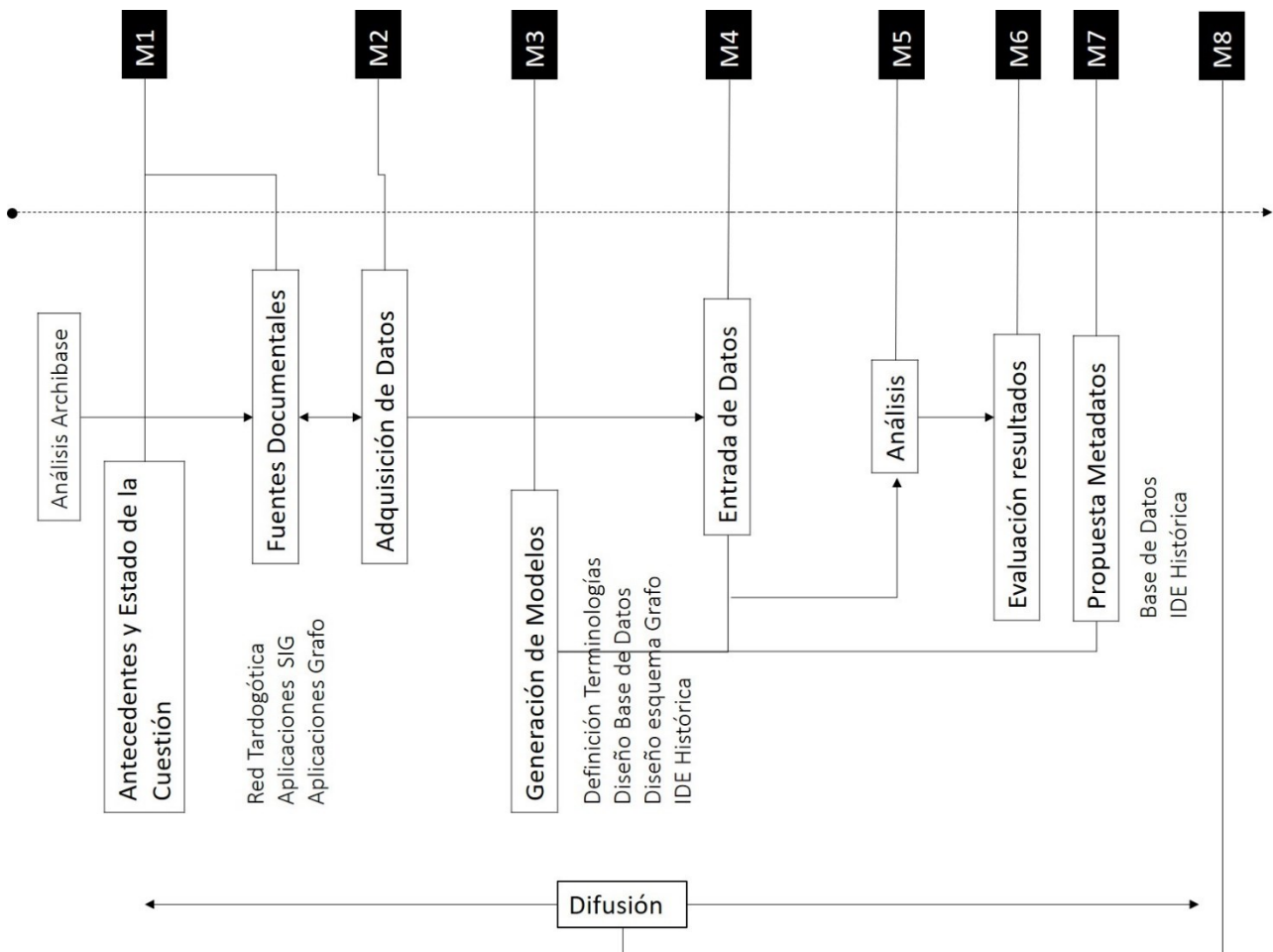


Fig. I. 51 Esquema explicativo de la Metodología del proyecto de investigación de la tesis doctoral. Elaboración propia.

| PARTE II

“You have time, you have geography, but you also have flow, for example, or you have network, or you have hierarchies. And then you also have things like uncertainty in your data, distributions, correlations. And you can mix these things together and then you will have something that’s showing you more than just one aspect of your data...It can show you for example, the evolution over time of the hierarchy, or the uncertainty in maps, for example.”

(Maarten Lambrechts, 2018)

1. BASE DE DATOS¹

Una base de datos (BD) es una colección de datos, o información, especialmente organizada y almacenada con el fin de su uso, recuperación, modificación o ampliación posterior. En su versión digital, actualmente más difundida, una base de datos es un “*sistema computadorizado de mantenimiento de registros*”². Son diseñadas para modelar aspectos de la realidad de manera a permitir su consulta y procesamiento, como, por ejemplo, modelar un catálogo de libros de un acervo de manera que permita al usuario encontrar la publicación que le interesa, forneciendo la información de la disponibilidad de préstamo de esta.

El motivo y finalidad de la creación de una base de datos en nuestro proyecto es el de sistematizar la información (contenida inicialmente en un formato narrativo, cartografía, planos, etc.) y transformarla en un lenguaje formal de datos³ posibilitando su interpretación, clasificación, comparación e interrelación. Este tratamiento y sistematización de la información ha buscado ejecutar un conjunto de instrucciones (vínculos y relaciones) y, posteriormente, análisis que pudiesen ayudar a generar nuevo conocimiento acerca de nuestro objeto de estudio.

A partir de esos datos, los modelos SIG y Grafos irán traducirlos en imágenes, visualizaciones, análisis y simulaciones. Estas representaciones se convierten luego más que simples imágenes, ellas se tornan un auténtico instrumento, vivo y dinámico, que proporcionan para el investigador una herramienta de consulta, pero también de trabajo.

¹ Parte de los avances de este apartado han sido publicados en Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a).

² Date, C. J. (2006, 3)

³ Esos lenguajes formales deben seguir estrictas reglas lógicas para que el sistema sea capaz de representar las situaciones del “mundo real” que simbolizan.

1.1 Evolución de la Base de Datos. Problemáticas y soluciones.

Las herramientas utilizadas para el análisis de Redes (basada en la teoría de grafos) y para Análisis de Información Geográfica tienen una arquitectura distinta a la hora de estructurar los datos (Fig. II. 1). Esa diferencia nos hizo inicialmente desarrollar dos modelos de Bases de Datos distintos⁴, uno para SIG (mediante una base de datos relacional - DBMS) y otro para Grafo (mediante una base de datos orientada a grafo – GDB): el primer con un enfoque más espacial, en el cual los análisis pudiesen ser realizados utilizando las informaciones alfanuméricas y espaciales de las entidades y el segundo con un enfoque más abstracto, orientado a traducir la red de relaciones de los agentes, edificios y partes de edificios⁵ (Fig. II. 2, Tabla II. 1).

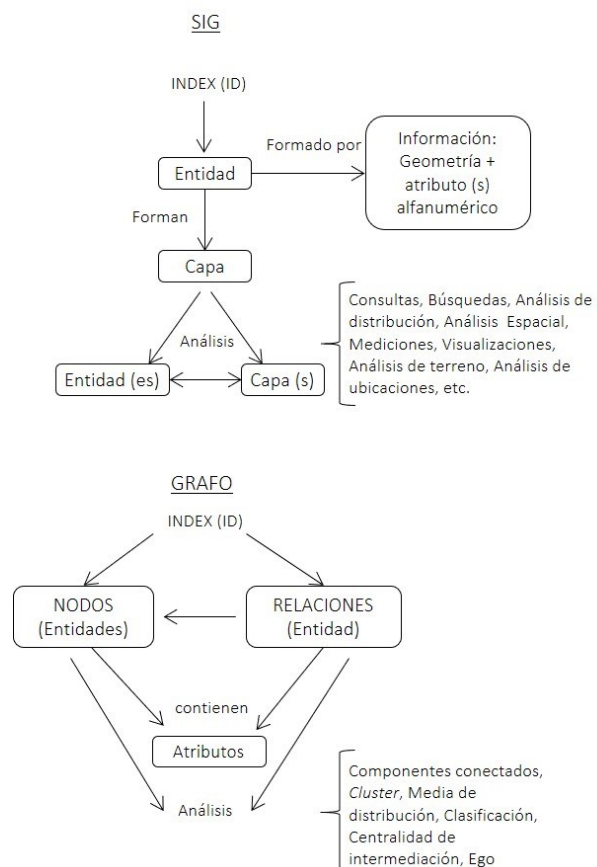


Fig. II. 1 Esquema de comparación de las dos arquitecturas: SIG y Grafo. Diseñado a partir de la publicación Ferreira Lopes, P. et al. (2016b)

⁴ Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2015); Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b); Ferreira Lopes, P., et al. (2016b)

⁵ Ferreira Lopes, P. et al. (2016a)

FID	edificio	parte_ed	profesionales	mecenas
0	Catedral Santa Maria Sede de Sevilla	<i>listado partes</i>	<i>listado profesionales</i>	<i>mecenas o listado mecenas</i>
1	Prioral Puerto de Santa Maria	<i>listado partes</i>	<i>listado profesionales</i>	<i>mecenas o listado mecenas</i>
2	Iglesia de San Miguel de Morón	<i>listado partes</i>	<i>listado profesionales</i>	<i>mecenas o listado mecenas</i>
...				

Tabla II. 1 Esquema modelo inicial de tabla de datos relacional para el modelo SIG. Elaboración propia.

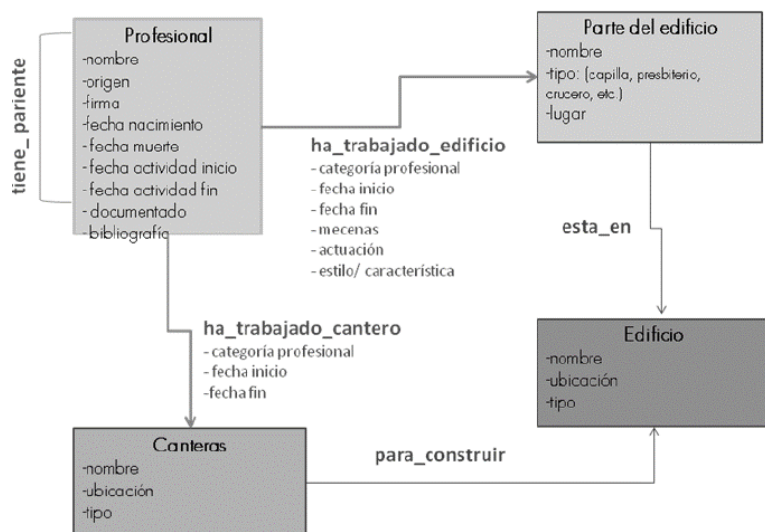


Fig. II. 2 Esquema del modelo inicial de la base de datos orientada al objeto para el modelo de Redes (utilizando SylvaDB).

No obstante, esa solución presentó algunas limitaciones y problemáticas, entre ellas: 1) tener dos modelos de base de datos requería un esfuerzo mayor de actualización y mantenimiento; 2) restricción de la posibilidad de llevar a cabo análisis conjuntos, una vez que las “fuentes” de las bases de datos eran distintas; 3) fragilidad de los programas utilizados, inicialmente la base de datos orientada a grafos fue diseñada en una plataforma en línea y abierta llamada “sylvadb”⁶. Sylvadb posibilitaba el diseño del esquema de organización de los datos, la introducción de éstos y la realización de análisis, pero dejó de contar con el mantenimiento necesario para su adecuado uso para el presente proyecto a finales de 2016 (Fig. II. 4, Fig. II. 3, Fig. II. 5, Fig. II. 6, Fig. II. 7); 4) la base de datos para el modelo SIG era muy genérica, no contemplaba la escala de las partes de los edificios de manera individual. Aunque antes de obtener el modelo final de la base

⁶ Sylvadb es un sistema de administración de base de datos que ayuda a recopilar, colaborar, visualizar y consultar grandes conjuntos de datos conectados usando un Grafo. Fue desarrollada por el CulturePlexLab de la Western University. Ver de la Rosa J., Suárez, J. L. y Sancho Caparrini F. (2013).

de datos otra tentativa fue elaborar una base de datos espacial teniendo como objeto geométrico cada una de las partes, esto supondría tener una capa para cada edificio, lo que dificultaba su actualización y la visión integral del conjunto de datos.



Fig. II. 4 Nodos y arista, cada uno de ellos con su listado de atributos del modelo orientado a Grafo realizado mediante la herramienta *Sylvadb*. Ver detalles en Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b).

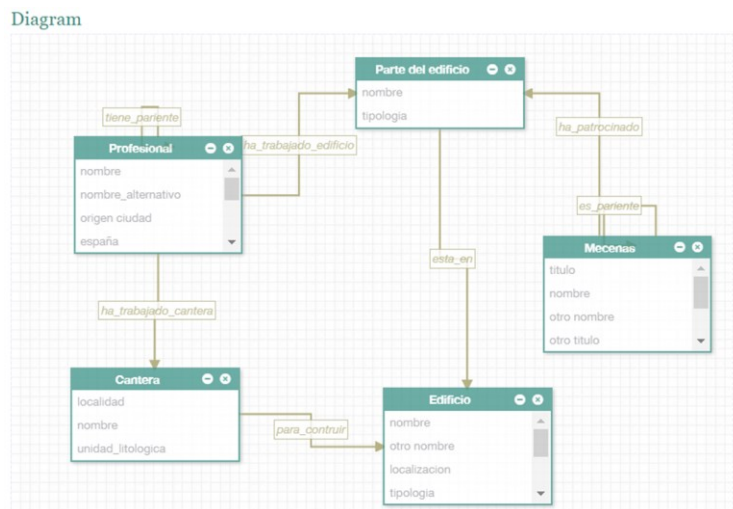


Fig. II. 3 El esquema de la estructura funcionamiento del grafo, mediante este esquema se establecen como los nodos y las aristas se conectarán. De esta manera los objetos se organizan según el esquema definido. Fuente: Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b).

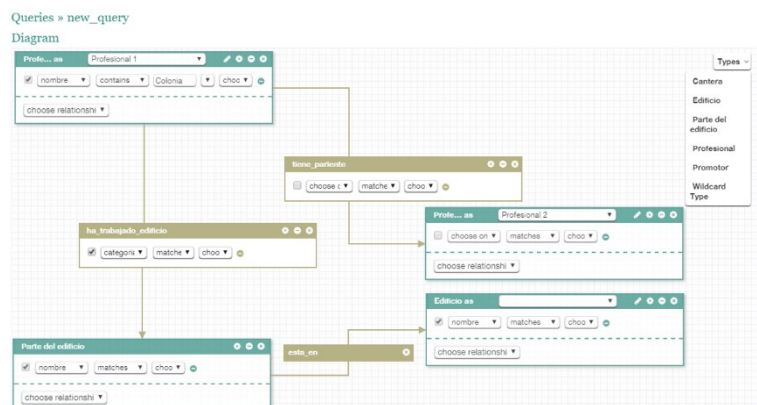


Fig. II. 5 Diagrama para establecer una consulta. La ventaja de *Sylvadb* es que no hacía falta que el usuario sepa programar, las consultas y análisis se hacen de manera bastante intuitiva. Fuente: Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b).

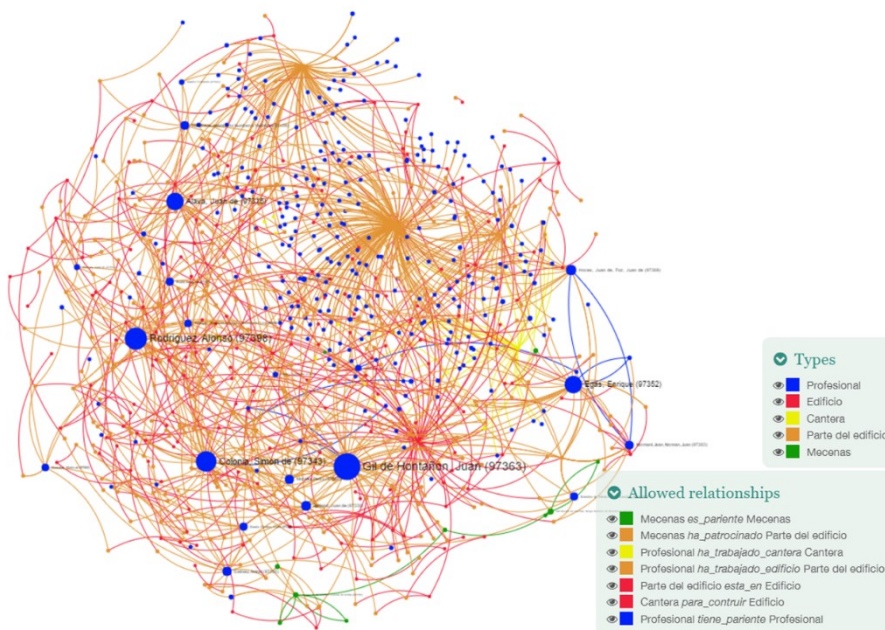


Fig. II. 6 Visualización general del grafo. Hasta diciembre de 2016 esa era la herramienta que hemos utilizado. En enero de 2017 se procedió a volcar todos los datos insertados en un Sistema de Base de Datos diseñado para ambos modelos, SIG y Grafo. Fuente: Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b).

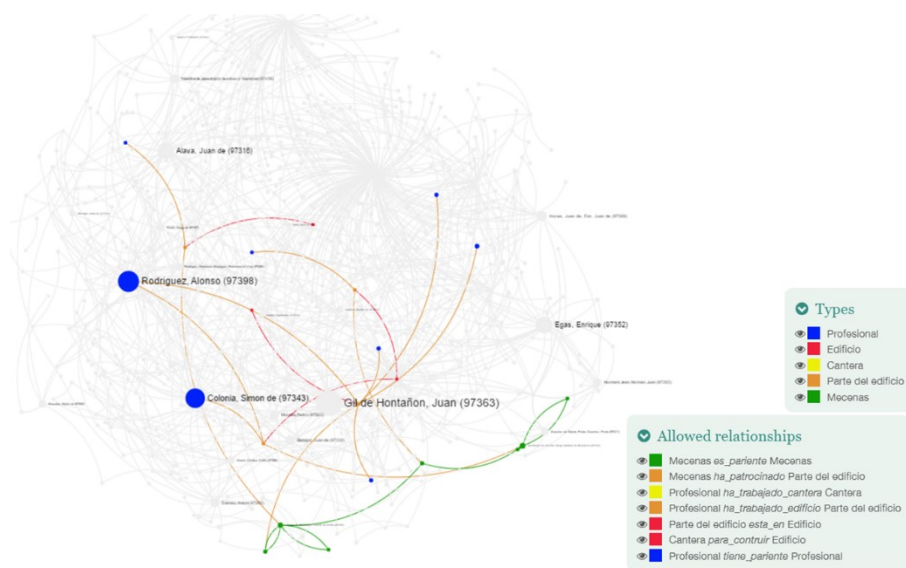


Fig. II. 7 Análisis para observar las obras patrocinadas por el "Clan de los Mendonza", visualizando las partes de los edificios, los edificios y los profesionales y el parentesco entre mecenas. Para ello se ha utilizado la herramienta SylvaDb. Fuente: Ferreira-Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b).

De esa manera, optamos por una solución híbrida – un modelo de base de datos basada en eventos⁷ (*Event-based data model*) - mediante el

⁷ En la década de 90, Worboys desarrolla el concepto de "aproximación desde la orientación al objeto" (*object-oriented approach*) introduciendo un conjunto de clasificaciones de objetos con sus propiedades y relaciones entre ellos y aplica ese concepto para la creación de modelos de datos espaciales (Worboys, M.F., Hearnshaw, H.M. y Maguire, D.J., 1990). Quince años después, Worboys avanza en este concepto con el propósito de incorporar dinamicidad a los fenómenos geográficos y extiende el modelo centrado en el objeto de manera a permitir su variación temporal. Así, las propiedades de los objetos podrían variar a lo largo del tiempo. El objetivo de Worboys era lograr una representación más próxima a la realidad, en el que si

rediseño y la creación de una BD única que pudiera ser conectada a ambos Modelos y que representaría tanto las entidades (objetos, agentes, artefactos, etc.) como sus relaciones. Esto nos permitiría tratar aspectos dinámicos, como fueron las actividades de los profesionales⁸, también en el modelo de SIG. Con la inserción de los datos recopilados y tratados en un mismo sistema de registro - la BD - conseguiríamos centralizar la información en un solo destino para luego poder utilizarla en los dos modelos.

El concepto de “eventos” adoptado para el modelo de base de datos está asociado a la idea de tratar los “fenómenos dinámicos como colecciones de acontecimientos” como puntúa Galton:

“Los datos pueden consistir en muchas observaciones en diferentes momentos, sin que haya nada como una instantánea completa en un momento dado. Puede haber, por ejemplo, datos sobre muchos eventos específicos relacionados con diferentes objetos (...). Tomados en conjunto, los eventos en una crónica podrían permitirnos hacer muchas inferencias sobre el estado del mundo en un momento dado, lo que de hecho nos permite construir al menos una instantánea parcial del mundo en ese momento.”⁹

En nuestro caso, los eventos serían los acontecimientos relacionados con las acciones/actividades de los agentes en el proceso de construcción, reforma, ampliación, etc. durante el marco temporal y espacial de nuestro objeto de estudio. No obstante, como bien afirma Worboys¹⁰, esta visión orientada al evento necesita también ser contextualizada con capas temáticas-temporales (modelo instantáneo

pudiera observar las transformaciones en el espacio y en el tiempo con el fin de simular y hacer predicciones – el modelo orientado al evento (*event-oriented model*) (Worboys, M. F., 2005). Otros autores también han propuesto la organización de datos espaciales basados en modelos a partir de eventos, entre ellos Peuquet, D. J. y Duan, N. (1995), Claramount, C., Thériault, M. (1995) y Yuan, M. (2014).

⁸ La importancia del tiempo para comprensión de las actividades humanas fue anteriormente estudiada por Hägerstrand, T. (1970), Yuan, M. (2001), Miller, H. J. (2004), Crespo Solana, A. (2014), entre otros.

⁹ Galton, A. (2004:2)

¹⁰ Worboys, M. F. (2005: 2)

o *snapshot*) contemplado en el modelo SIG con la creación de la IDE histórica.

1.2 Metodología del diseño de la Base de Datos basada en eventos

El diseño de la base de datos fue realizado en cuatro fases:

- 1) Búsqueda, estudio y análisis de base de datos similares al objeto de estudio;
- 2) Diseño de la estructura interna de la BD;
- 3) Implementación y testeo;
- 4) Entrada masiva de datos (Fig. II. 8).

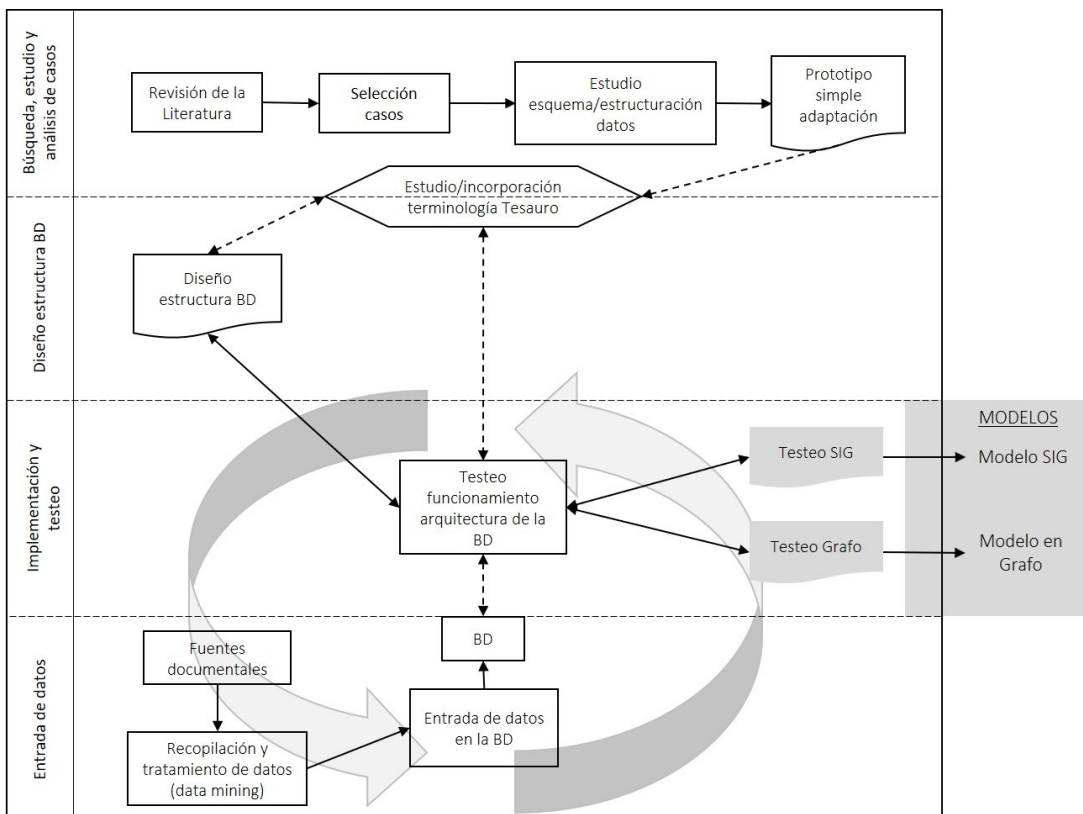


Fig. II. 8 Esquema de la metodología para diseño del Sistema de Base de Datos. Fuente Ferreira Lopes, P. (2018b)

1.2.1 Estudio y análisis de casos similares

Un ejemplo de proyecto que presenta un formato de Base de Datos próximo al que queríamos alcanzar es el que ha sido desarrollado en el proyecto “*Spatial-Temporal Narratives. Historical GIS and the Study of Global trading Network (1500-1800)*” coordinado por Crespo Solana que estudia las redes de transportes marítimos de los siglos XVI a XVIII¹¹. Para ello, el grupo de investigadores creó un tipo de Sistema de Gestión de Base de Datos conocido como ILE “*Intentionated Linked Entity*”¹² que permite el análisis espacial y de redes de los datos. Ese proyecto es especialmente importante como estudio de caso porque además de poder acceder a la publicación con los detalles del proyecto¹³, parte de la propia base de datos se encuentra disponible en línea, lo que facilitó bastante la comprensión de su arquitectura interna. La ILE se diferencia de la base de datos más comúnmente conocida, la base de datos relacional, porque soporta el modelado de relaciones complejas y dinámicas que permiten la inclusión de datos más afines a los estudios de las Humanidades y el análisis de redes y no solamente datos cuantitativos (Fig. II. 9).

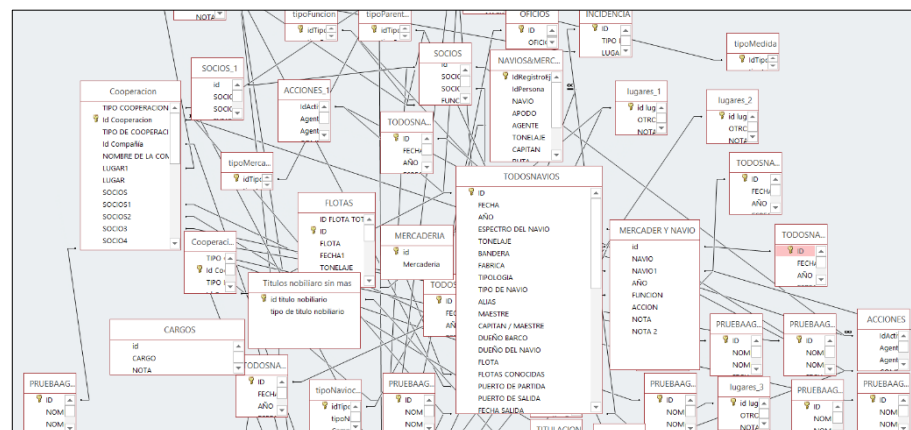


Fig. II. 9 Relaciones establecidas en las consultas de la Base de Datos del proyecto “*Spatial-Temporal Narratives. Historical GIS and the Study of Global trading Network (1500-1800)*”. Crespo Solana, A., Sánchez-Crespo Camacho, J. M. y Maestre Martínez, R. (2010).

En un Sistema de Base de Datos de tipo ILE existen cuatro componentes: entidades, conjunto de entidades, relaciones y conjunto de relaciones. En este caso, una entidad es el dato que queremos registrar, por ejemplo, un objeto o persona, o un lugar. Estas, a su vez, cuando pertenecen a una misma “naturaleza” son acopladas en un

¹¹ Crespo Solana, A. (2014)

¹² Vitra Kantabutra, J. B., Owens, J. y Crespo Solana, A. (2014)

¹³ Crespo Solana, A., Sánchez-Crespo Camacho, J. M. y Maestre Martínez, R. (2010)

mismo grupo – conjunto de entidades. De manera que la entidad pertenece a un conjunto de entidades de mismo tipo. Cada relación es representada como un “objeto de relación” en el cual se asocian entidades que tienen un “papel” en una relación particular. Por otro lado, un conjunto de un mismo tipo de relaciones es recopilado en un mismo “conjunto de relaciones”¹⁴. En este sentido el “papel” de las entidades en una relación podría ser realizado por más de una entidad, por ejemplo, una compañía comercial (en nuestro caso un taller de cantería, por ejemplo) podría ser representada por una asociación de múltiples entidades que tienen un mismo papel. Para la implementación de este Modelo ILE, el equipo del proyecto utilizó el lenguaje de programación *Ruby*. Los conjuntos de entidades fueron separados en 9 tipos: agentes, embarcaciones, rutas, mercancías, gobierno/patrón, contratos, fuente, tiempo, lugares. Y un único conjunto de relaciones – acciones – con el cual una o más entidades podrían estar relacionadas¹⁵.

En otros proyectos hemos podido encontrar distintos ejemplos de modelos bases de datos de naturaleza más sencilla, dado su objeto de estudio, pero que también han servido de referencia para la elaboración de nuestro modelo. Entre ellos destacaríamos los proyectos realizados por el *Spatial History Project*¹⁶, como el proyecto “*El mercado de esclavos em Rio de Janeiro*” en el cual se realiza un modelo para visualizar el movimiento de compra y venta de esclavos en Rio de Janeiro entre los meses de febrero y mayo de 1869. Asimismo, el anteriormente mencionado “Proyecto de la IDE histórica ferroviaria de Andalucía”¹⁷, el proyecto DECIMA¹⁸ y los estudios de casos desarrollados por la red y plataforma “*The Programming Historian*”¹⁹ fueron también referencia para el modelo.

Como la base de datos representaría tanto las entidades como las relaciones en diferentes niveles de detalles y atributos, consideramos

¹⁴ Vitra Kantabutra, J. B., Owens, J. y Crespo Solana, A. (2014)

¹⁵ Crespo Solana, A. (2014).

¹⁶ Spatial History Project. (s. f.)

¹⁷ Ferreira Lopes, P. (2015)

¹⁸ Terpstra, N. (coord.) (2016)

¹⁹ The Programming Historian. (2018).

algunos criterios para su diseño: 1) Debería admitir facilidad para editar, incorporar y expandir los datos. Eso significa que el diseño de su estructura debería ser flexible de tal manera que pudiera ser modificado y ampliado sin que eso acarretara grandes cambios en su estructura; 2) Debería posibilitar su futura asociación a otras bases de datos, sean estas privadas o institucionales. Para eso fue necesario adoptar una uniformización de terminologías y códigos conforme estándares existentes; 3) Debería permitir la exportación de consultas y datos en formatos interoperables, como *.xml* o *.csv*, para facilitar su reutilización; 4) Las herramientas utilizadas tanto para la creación de la base de datos como para el Modelo GIS y Grafo deberían tener cierta trayectoria de uso, contar con una amplia oferta de documentación, tutoriales y proyectos que garantizaran su trabajabilidad. Eso significó elegir herramientas que ya hubieran sido utilizadas en el campo de las Humanidades y que no requiriesen altos niveles de programación.

1.2.2 Diseño y estructura. Uniformización de las terminologías

Una vez analizado los casos de estudios, se procedió a esbozar el esquema y estructura de nuestra base de datos. Paralelamente se hizo necesario definir las terminologías para la estandarización a utilizar²⁰. Para ello, recurrimos al Tesoro-Diccionario de Bienes Culturales del MECD²¹, la base de datos de bienes inmuebles del MECD y del IAPH.

La estructura de clasificación en grupo y subgrupos del Tesoro-Diccionario (Fig. II. 10) nos permitió adoptar algunos de sus términos en los atributos de los campos de la base de datos, eso nos facilitaría luego la realización de análisis y disminuiría la probabilidad de errores

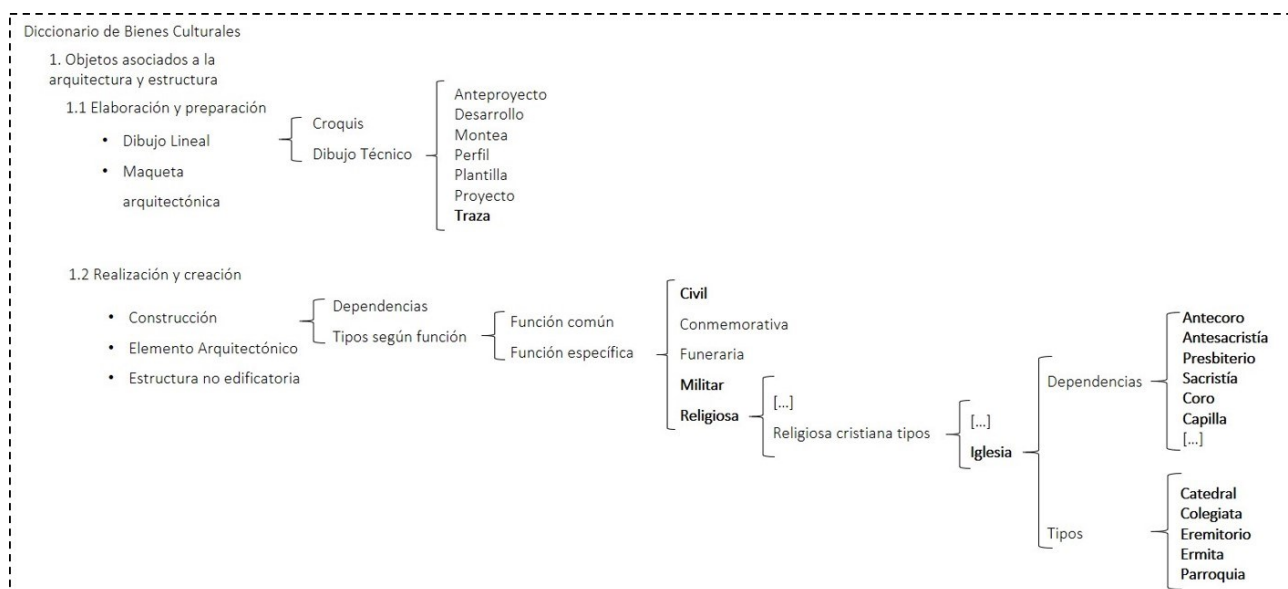
²⁰ Existen diferencias entre el Sistema de Base de Datos, el modelo SIG y Grafos y el formato de “narrativa” de los documentos en relación con la manera de representar o “pensar” la información histórica. La base de datos tiene la potencialidad de unir una gran masa de datos de diferentes fuentes y tipología, mientras que un formato de narración se queda atado a la visión individual de quien lo escribió y posee cierta limitación de extensión. Asimismo, el formato narrativo es “resistente” a la estandarización, siendo esta última la ventaja de un Sistema de Base de Datos y la razón principal por el crecimiento de su uso y difusión para análisis de fenómenos complejos temporales. Eso no quiere decir que uno formato es mejor que el otro, sino que existen diferencias y cada uno de ellos implican unas consecuencias a la hora de “representar” una realidad.

²¹ Ministerio de Educación, Cultura y Deporte – Gobierno de España (2018)

tanto en la introducción de los datos como en la exportación hacia los Modelos.

El diseño para la base de datos²² pretende integrar las entidades y relaciones de los datos recopilados referentes a las actividades realizadas por los distintos agentes. El esquema de la base de datos, es decir, la forma como se interconecta los datos fue clave para conseguir implementar un modelo dinámico en SIG y en Grafos posteriormente. De esa forma, la base de datos está compuesta por entidades y relaciones que son representadas por tablas de entidades principales (E), tablas de clasificación/valores - entidades secundarias (Ee) y relaciones (RS). Cada una de las tablas está formada por una serie de registros (cada registro corresponde a una entidad o elemento) y por columnas o campos. Para definir los campos de cada uno de esos elementos se estudió conjuntamente las necesidades de las herramientas utilizadas para el Modelo en SIG y en Grafo, esta última, requirió la inserción de campos específicos para su funcionamiento. Los campos son los que van a definir las características (atributos) de cada uno de los registros.

Fig. II. 10 Parte de la estructura del Diccionario de Bienes Culturales del Tesouro. Las terminologías del ese esquema multinivel fueron adoptadas para algunos de los atributos del Sistema de Base de Datos. En negrita, los términos más utilizados como atributos.



²² Para la creación de la base de datos utilizamos el programa Microsoft Access®. Realizamos esa elección porque es un programa bastante utilizado para creación de base de datos, posee opciones de exportación e importación en formatos estándares como son los formatos .csv y .xml y podrían ser futuramente asociados a otros modelos, como un modelo BIM, por ejemplo.

Tablas Entidades Principales

Las tablas de entidades representan un grupo de entidades (E) de un mismo tipo: E1 profesionales, E2 mecenas, E3 edificios, E4 parte_edificio (objetos asociados a arquitectura y estructura), E5 canteras, que contienen campos específicos²³. Todas aquellas entidades que luego representarían los nodos en el modelo Grafo (Profesionales, Mecenas, Canteras, Edificios, Objeto asociado a la obra arquitectónica) han tenido que contar además con un campo numérico secuencial para cada conjunto llamado “id_grafo” y un campo “type” referente al tipo de nodo, de tal modo que existieran dos entidades con el mismo atributo en los campos Id o id_grafo²⁴. Los demás campos varían de acuerdo con cada entidad. Las tablas que conforman el sistema de la base de datos y los campos que componen cada una de las tablas fueron organizados de la siguiente manera:

1. E1 profesionales: La tabla de profesionales nos ofrece un resumen de los datos biográficos relevantes a respecto de cada profesional registrado. Con un total de 13 campos y 481 registros. En este caso, ninguno de los campos posee vinculación con entidades secundarias (Ee) ya que son campos en su mayoría específicos e individualizados para cada entidad. Existe sin embargo un campo de valor único que se repetirá en todas las entidades, el campo “type”.

Los campos que forman la tabla E1 profesionales son:

- Id²⁵: valor numérico secuencial generado automáticamente por el Sistema de Base de Datos que se asocia a una entidad.

²³ Por cuestiones de compatibilidad y mayor interoperabilidad de los datos los nombres de los campos fueron escritos sin tildes y todos en minúscula.

²⁴ Así, una entidad solo aparece una única vez en la tabla E4, por ejemplo, la entidad con denominación “Muros Capilla Mayor de la Iglesia de la Cartuja de Nuestra Señora de la Defensa de Jerez de la Frontera” que se asocia a la tipología “elemento constructivo” que se define como “muro”.

²⁵ Este campo se repite en todas las tablas.

- `id_grafo`²⁶: valor numérico secuencial que servirá como el valor de identidad del nodo para el Modelo Grafo. En el caso de los profesionales el valor `id_grafo` empieza en 1000.
- `type`: el campo `type` representa la categoría de la entidad que se trasladará al nodo en el modelo Grafo. Es de valor único para todas las entidades - `type` (=Profesional).
- `nombre`: es el campo con el atributo del nombre del profesional. En este caso hemos procedido a continuar con el formato ya establecido previamente en la base de datos Archibase en el cual se representa [apellido, nombre].
- `otro_nombre`: en este campo se registran otros nombres o alias posibles que puede haber tenido el profesional.
- `origen`: registra la localización de nacimiento del profesional
- `origen_espana`: para este campo se establecen únicamente dos posibles valores: falso o verdadero.
- `vecino_de`: este campo registra la localidad en el que el profesional fue registrado como vecino.
- `fecha_nacimiento`: el año de nacimiento del profesional.
- `fecha_fallecimiento`: el año de muerte del profesional.
- `fecha_inicio_de_actividad`: el año en el que se quedó registrado el inicio de sus actividades
- `fecha_fin_de_actividad`: el año en el que se quedó registrado el cese de sus actividades.
- `firma`: el formato de la firma.

²⁶ Este campo se repite en todas las tablas de las entidades que representarán los nodos. Su secuencia numérica empieza a partir de un valor establecido para cada conjunto de entidad.

2. E2 mecenas: esta tabla nos ofrece algunos datos biográficos de los mecenas o promotores de las fábricas²⁷. Fueron definidos para ello 10 campos, que como las entidades E1, no tienen ningún campo vinculado a Entidades Secundarias (Ee). Algunos de sus campos son iguales a los de E1.

Los campos que forman la tabla E2 mecenas son:

- Id: valor numérico secuencial.
- id_grafo: En el caso de los mecenas el valor id_grafo empieza en 300.
- type: Es de valor único para todas las entidades en la tabla, *type* (=Mecenas).
- nombre
- otro nombre
- titulo: se refiere al título que posee el mecenas, por ejemplo, Conde de X
- otro titulo
- vecino de
- fecha de nacimiento
- fecha de fallecimiento

3. E3 edificio: La tabla edificio nos ofrecerá los datos que son importantes para su identificación, geolocalización y categorización. Contiene 13 campos y 249 registros.

²⁷ La procedencia del capital para financiación de los edificios religiosos venía de fuentes muy diversas; donación de bienes de los canónigos, de las propias rentas de la Fábrica, de la explotación de propiedades, etc. Los mecenas registrados en nuestra base de datos o bien estaban relacionados con la aportación de dotaciones a capillas o bien con la construcción de edificios civiles, palacios.

Los campos que forman la tabla E3 son:

- Id: valor numérico secuencial.
- id_grafo: En el caso de los edificios el valor id_grafo empieza en 9000.
- type: Es de valor único para todas las entidades en la tabla, *type* (=Edificio).
- denominacion: Denominación dada al edificio. Como criterio establecido fue el siguiente: en el caso que el edificio se encuentre registrado en la Base de Datos de Bienes Inmuebles del MECD – se procede a registrar con el mismo nombre; en el caso que no esté registrado se buscará su registro en la Base de Datos de Bienes Inmuebles del IAPH. En el caso que el edificio no se encuentre registrado en ninguna de las dos Base de Datos, se adopta el nombre dado en la fuente consultada.
- otra denominacion: Este campo registra otras posibles denominaciones del edificio. Esas otras denominaciones pueden bien aparecer en las propias Base de datos del MECD o del IAPH o en las fuentes documentales consultadas.
- localizacion
- provincia
- funcion_ed: Este campo está vinculado a la tabla de entidad secundaria Ee1 (construccion_funcion) mediante un desplegable se elige el valor correspondiente (religiosa, civil, militar, conmemorativa y funeraria)
- tipologia_ed: En este campo se introduce el dato del subgrupo de la función del edificio (iglesia catedral, prioral, iglesia parroquial, prioral, monasterio, palacio, etc.)
- estado de conservación: En este campo fueron registrados principalmente los datos cuando el estado era de ruinas, estaban muy transformados por intervenciones posteriores o desaparecidos.

- `local_precision`: Dado que algunos de los edificios han desaparecido o se encuentran en ruinas su geolocalización se torna imprecisa, en este campo hemos querido registrar esa imprecisión atribuyendo el valor “impreciso”²⁸ cuando la entidad lo ha requerido.
- `X`: Coordenada X del edificio, según el sistema de proyección ETRS89.
- `Y`: Coordenada Y, según el sistema de proyección ETRS89.

4. E4 parte-edificio: Esta tabla representa las entidades de los *objetos asociados a la arquitectura y estructura*²⁹. Contiene 7 campos y 614 registros.

Los campos que forman la tabla E4 son:

- `Id`: valor numérico secuencial
- `id_grafo`: El valor `id_grafo` empieza en 96812³⁰.
- `type`: Es de valor único en la tabla, `type` (=Produccion_ARQ).
- `tipo_class`: Este campo está vinculado a la tabla de Entidad secundaria (Ee2) y se refiere al subgrupo de clasificación del objeto.
- `parteed_tipo`: Este campo contiene el dato con la palabra clave del objeto.
- `objeto_denominación`: Denominación dada el objeto.
- `edificio`: Este campo está vinculado a la Entidad E3 e identifica el edificio del cual el objeto es parte.

²⁸ Este recurso es utilizado principalmente en Infraestructura de Base de datos especiales Históricas. Como en el proyecto *Digital Atlas of Roman and Medieval Civilizations*, McCormick, M., et al. (2018).

²⁹ Término establecido en el Diccionario de Bienes Culturales del MECD.

³⁰ En este caso el valor de la `id_grafo` se ha originado del primer modelo realizado con la plataforma Sylvadb, decisión que facilitó el volcado de información al nuevo SBD para evitar errores en las relaciones.

5. E5 canteras:

- Id: valor numérico secuencial
- id_grafo: El valor id_grafo empieza en 100.
- type: Es de valor único en la tabla, *type* (=Produccion_ARQ).
- denominación: nombre de la cantera
- localidad
- litología: corresponde a la unidad litológica donde la cantera está ubicada. Sus datos provienen del DERA 100 de Andalucía.
- X: Coordenada X, según el sistema de proyección ETRS89.
- Y: Coordenada Y, según el sistema de proyección ETRS89³¹.

Tablas Entidades Secundarias

Las tablas de clasificación/valores (Ee) representan un listado estandarizado de una clasificación que serán asociados a los campos de las entidades y relaciones:

1. Ee1 categoria agente: Esta tabla representa los tipos de categorías profesionales. La clasificación fue establecida según los documentos y estudios ya realizados y publicados³².

³¹ En este diseño de Base de datos, para cada entidad solo se admite una coordenada. Así, para las canteras que identificamos diferentes subáreas, por ejemplo, las canteras de Morón de la Frontera – Cantera Despenadero, Cantera Morguerejo, Cantera Garci-Gomes – las coordenadas en la Base de Datos corresponden al centro medio calculado desde las coordenadas de las subáreas. El centro medio es un punto construido desde los valores X e Y promedios para los centroides de entidad de las subáreas, en este proyecto, los puntos medios fueron generados a partir de ArcMap, mediante estadística espacial. No obstante, las subáreas quedarán registrada en la IDE temporal (Modelo SIG temporal por capas).

³² Entre ellos: Rodríguez Estévez, J. C. (1996), Rodríguez Estévez, J. C. (1998); Gestoso y Pérez, J. (1899).

- Id: valor numérico secuencial
- Categoría: Están registrados actualmente 23 valores: cantero, maestro mayor, maestro, aparejador, escultor, imaginero, albañil, tasador, ceramista, pintor, maestro de cantería, tracista, alarife, cantero sacador, cantero asentador, carpintero, calero, maestro de obra, aprendiz, peón, veedor, maestro carpintería, vidriero.

2. Ee2 tipo-clasificación, subgrupos de clasificación de los *objetos asociados a la arquitectura y estructura*.

- Id

- tipo: se han registrado 7 subgrupos:

(1) elemento arquitectónico: Hace referencia a las actividades en el cual el producto son elementos constructivos como: portada, bóveda, muro, pilar, techo, coro, transcoro, sala capitular, etc.

(2) objeto: Hace referencia a las actividades en el cual el producto son objetos muebles como: escultura, imagen, banco, retablo,

(3) parte edificio: Hace referencia a las actividades en el cual el producto son dependencias o partes funcionales del edificio como: sacristía, vestuario, claustro, capilla, coro, etc.

(4) docu_diseno: Asociado a la elaboración y preparación de los *objetos asociados a la arquitectura y estructura*. Hacen referencia a las actividades en el cual el producto son dibujos, informes³³, tasación, inspección, visura o traza.

(5) fabrica: Hace referencia al Taller.

(6) dirección: Hace referencia a la labor de dirección de obra.

(7) desconocido: En muchos casos, las actividades de los agentes están registradas en determinado momento y en determinado edificio, pero

³³ Estos sin duda fueron los documentos que mayores datos han aportado sobre los eventos vinculados a la *fábrica*. Asimismo, estarían otros documentos como los contratos de servicios, la compra de materiales, las informaciones acerca de los salarios que también han aportado contenido a los datos.

no está documentado en qué ha trabajado en él edificio. Para no perder la información de la relación de los agentes con los edificios se ha creado esta subcategoría de valor único igual a “desconocido”.

3. Ee3 autor-dato, listado de los investigadores que han trabajado insertando datos. Este listado nos sirve a modo de “metadato” de los datos insertados en la tabla de relación “actividades” de la base de datos.

Tablas Relaciones

Los objetos relacionales (RS) que representan los vínculos existentes entre entidades, en nuestra base de datos aparecen en las tablas de “evento” y “parentesco”.

1. RS1 Evento: Esta tabla representa los eventos, cada entidad representa la actividad/actuación realizada por los agentes. Contiene 15 campos y 1084 registros. En ella se asocian siguientes campos:

- Id
- autor dato. Campo vinculado a la tabla Ee3.
- documentado. Campo que permite solamente dos tipos de valores verdadero o falso. Hace referencia si la actividad ha sido documentada o si es una atribución realizada por un investigador. Cuando la actividad está debidamente documentada, el valor del campo es verdadero, cuando la actividad fue atribuida el valor del campo es falso.
- nombre del profesional. Campo vinculado a la tabla de Entidades E1.
- nombre mecenas. Campo vinculado a la tabla de Entidades E2.
- cantera. Campo vinculado a la tabla de Entidades E5.
- calera. Nombre de la calera
- objeto_denominacion: Campo vinculado a la tabla de Entidades E4.
- denominacion edificio: Campo vinculado a la tabla de Entidades E3.

- categoria profesional: Campo vinculado a la tabla de Entidades Ee1.
- fecha inicio. Año de inicio de la actividad.
- fecha fin. Año de finalización de la actividad.
- referencia. Referencia Bibliográfica donde la información de la actividad fue registrada/recopilada.
- actuacion. Detalles sobre la actuación realizada por el profesional.
- observaciones³⁴.

De esa manera, un mismo tipo de actividad podría ser realizado por más de un agente, lo que era muy común en nuestro caso de estudio debido a los prolongados tiempos de ejecución, las usuales paralizaciones de las obras, y las constantes consultas periciales. Por ejemplo: los maestros Juan Gil de Hontañón, Alonso Rodríguez, Juan de Ruesga, Martin de Bruselas y Enrique Egas realizaron informes sobre la caída del cimborio de la Catedral de Sevilla; el maestro Diego de Riaño, los canteros Hernando de Morgua y Martin de Alvisto y el aparejador Francisco Vuelta trabajaron en la construcción de la bóveda de la Iglesia de San Miguel de Morón de la Frontera en 1528 patrocinada por el Conde de Ureña, D. Juan Téllez de Girón.

2. RS2 tiene pariente: En el conjunto de relaciones “parentesco” se establece la relación entre los agentes con su línea directa de descendencia. El motivo por el cual creamos esa relación es porque durante los siglos XV y XVI era bastante común que el aprendizaje del oficio se transfiriera entre miembros de una familia, padre – hijo, suegro-yerno o hermanos, por ejemplo, y que el acceso a las diversas categorías profesionales quedara restringido a éstos ámbitos sociales cerrados.

³⁴ Esos dos últimos campos – actuación y observaciones – se han utilizado como campos para descripción libre asociados a la actividad correspondiente de algún detalle o información cuando esta no tiene cabida en los demás campos. El campo “actuación” se refiere a algún detalle particular, como, por ejemplo, la técnica que ha utilizado, la cantidad de tramos de naves que fue construido, etc. Las observaciones se refieren a aspectos como la cuantía recibida por tal labor, la cantidad de sillares comprados, detalles de fechas con la especificación del día y mes, etc.

En ella se asocian los siguientes datos:

- nombre agente 1: Campo vinculado a la tabla de Entidades E1.
- nombre agente 2: Campo vinculado a la tabla de Entidades E1.
- parentesco.

La falta de datos en la Base de Datos está permitida. Entendemos que trabajar con datos del siglo XV y XVI nos prometería ese gran desafío, por lo tanto, la base de datos debía permitir que el usuario especificara el dato o no. Por supuesto, siempre permitiendo bastante flexibilidad para que nuevos datos fuesen incorporados posteriormente ya que el crecimiento de la Base de Datos es un proceso abierto y continuo³⁵.

1.2.3 Implementación y testeo

Dentro del planteamiento metodológico, esta fase fue realizada simultáneamente al proceso de diseño del Sistema de Base de Datos. Fueron ejecutados pruebas para verificar tanto el funcionamiento de la BD para consultas y filtrados internos como su “enlace” a las herramientas que hemos utilizado para los Modelos SIG y Grafo. En las primeras pruebas realizadas, la BD solo reunía las entidades y las relaciones con los atributos mínimos necesarios, eso nos proporcionaba rapidez para ejecutar el testeo y las correcciones. Una vez que las pruebas iban siendo satisfactorias, poco a poco se iban incorporando los demás atributos y las entidades de listado. Ese método de testeo-error nos permitió realizar decisiones durante el propio proceso de creación, lo que nos llevó a ir ajustando el SBD a otras nuevas posibilidades que al principio no habían sido contempladas, como por ejemplo la incorporación de las terminologías del MECD y los códigos de los bienes del MECD y IAPH.

La transferencia del conjunto de datos para los modelos se realiza de dos formas. Para el modelo SIG, se realizan consultas de acuerdo con las visualizaciones o análisis que se quiere realizar. Una vez obtenida la tabla de consulta requerida se realiza la ligación con el programa

³⁵ El SBD posee la condición de retroalimentación, es decir, la capacidad de permitir la entrada de datos sin dañar u ocasionar adversidades en el propio sistema.

®ArcGIS³⁶ mediante conexión OLE-DB o *.xml*. Para el modelo Grafo, necesitamos realizar las consultas en la base de datos que originarán las tablas de nodos y aristas, exportarlas en formato *.csv* para luego importarlas en la herramienta ®Gephi³⁷ (Fig. II. 11).

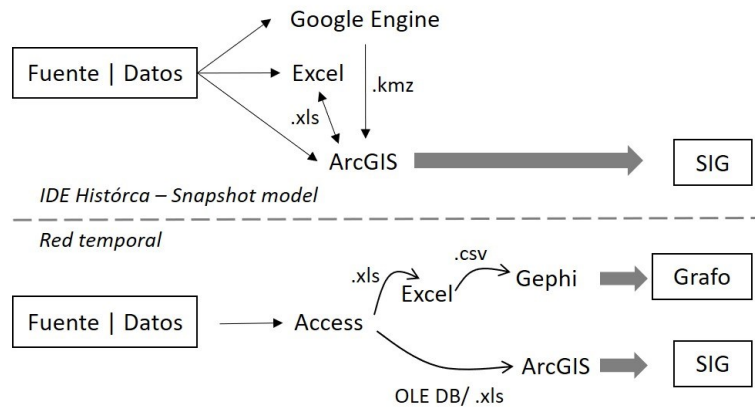


Fig. II. 11 Exportación e importación de los datos desde la Base de Datos hacia las herramientas de SIG y de Grafos. Fuente: elaboración propia a partir de Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a).

1.2.4 Entrada de datos

Esta fase consiste en la inserción de datos a partir de las fuentes documentales en la BD y se realizado durante todo el proceso de desarrollo de la tesis³⁸. Es la fase con más consumo de tiempo y que requiere un trabajo mayor de objetividad y sintetización de la información depositada en una multitud de documentos que necesitan diferenciar la información seleccionada, mediante un criterio de inclusión y exclusión.

Pongamos como ejemplo un pequeño texto narrativo referente a las actividades de Enrique Egas:

³⁶ ArcGIS. (s. f.)

³⁷ Gephi - The Open Graph Viz Platform. (2017)

³⁸ Sabemos que para recopilar y tratar una gran cantidad de datos demandaríamos una cierta cantidad de personal para el equipo de trabajo implicado en el proyecto, recurso que para la presente tesis no fue posible obtener. En este sentido, el diseño de la base de datos fue creado pensando en la ampliación del proyecto, de manera que otros investigadores y usuarios lograsen contribuir para su crecimiento.

*“En la sede **primada de Toledo**, a partir de **1498** se encarga de la remodelación de la **capilla mayor** por un encargo del **cardenal Cisneros**, comenzando una larga **dirección de obra** hasta su muerte en **1534**”³⁹*

En este ejemplo (y verificando también el texto completo de la fuente), podemos verificar los datos: Entidad Profesional (E1) = Enrique Egas; Entidad de edificio (E3) = Catedral de Toledo, Entidad de “objeto asociado a arquitectura y estructura”(E4) = capilla mayor de la Catedral de Toledo; atributo de actividad “fecha de inicio” de la actuación en la actividad relacionada con la capilla = 1498, Entidad secundaria del listado para estandarización del objeto asociado a arquitectura y estructura (Ee2)= capilla; Entidad Mecenas (E2) de la capilla = cardenal Cisneros, Entidad secundaria de categoría profesional (Ee1) = maestro, Entidad de “objeto asociado a arquitectura y estructura”=dirección de obra y Atributo la fecha final de su actuación relacionada con la dirección de obra y de su muerte =1534.

Como punto de partida, la entrada de datos se había restringido inicialmente para abarcar las actuaciones de los profesionales que en algún periodo de su carrera habían trabajado en la fábrica de la Catedral de Sevilla. No obstante, a lo largo del proceso de selección de las fuentes documentales se verificó la necesidad de expandir esta red y contemplar también las actuaciones de los profesionales que estuviesen vinculados con alguna obra dentro del área del Antiguo Reino de Sevilla⁴⁰. La razón de esta ampliación es que se observa en la producción arquitectónica registrada numerosas soluciones formales semejantes, técnicas que se repiten y transforman adaptándose al lenguaje tardogótico. En muchos de estos casos no hay atribuciones a maestros, concediéndose tradicionalmente su autoría a los maestros mayores del arzobispado. Entendemos que este hecho, más que confirmar la autoría de un maestro, pone de manifiesto la existencia de invariantes formales o constructivas que sólo podrán concretarse si cruzamos adecuadamente la información disponible.

³⁹ Alonso Ruiz, B. (2011c)

⁴⁰ Que en el período moderno abarcaría la diócesis de Sevilla, esta “contemplaba lo que conocemos actualmente como provincia de Sevilla, Huelva y parte de Cádiz y también algunas localidades de Málaga, y los obispos sufragáneos de Cádiz, Málaga y Canarias.” Pineda-Alfonso, J. A. (2015)

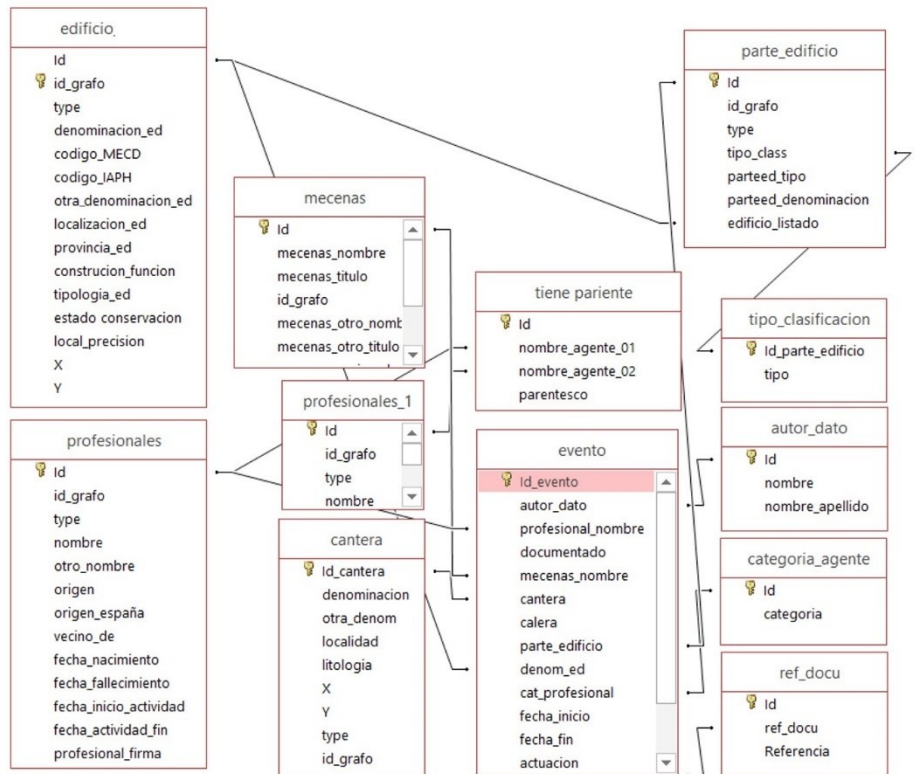


Fig. II. 12 Estructura de vínculos de la Base de Datos, tablas de Entidades principales y secundarias, y tablas de Relaciones.

2. MODELOS

Un modelo es definido como un proceso de “representar un problema del mundo real en un sistema formal (matemático o computacional) con el fin de estudiarlo”⁴¹. Según la RAE, un modelo es:

“Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento”

Según la ISO 19109:

*“es una abstracción de algunos aspectos de un universo de discurso.”*⁴²

En el caso que nos ocupa, la realidad compleja que buscamos estudiar es el fenómeno del tardogótico en el antiguo reino de Sevilla. Con los modelos generados en esta investigación, se ha podido extraer informaciones y características de ese fenómeno proporcionando herramientas acerca del proceso estudiado. Esa idea del uso del modelo como herramienta contempla, dentro de una perspectiva científica, la visión integral sobre una época el s. XV- s. XVI, desde otra, la actual.

Varios softwares fueron utilizados durante las diferentes fases del proceso de elaboración de los modelos, incluyendo Microsoft Access® (utilizado para la base de datos), Microsoft Excel®, Google Engine – My maps⁴³, ArcGIS® y Gephi®. Siendo ArcGIS® y Gephi® las principales herramientas. ArcGIS® fue el paquete de software principal para la creación de la IDE Histórica, una vez que ha permitido la geolocalización y la vectorización de datos espaciales provenientes de fuentes históricas (como cartografías y planos) y la asociación de datos alfanuméricos a las entidades geométricas creadas. Asimismo, el

⁴¹ Suárez, J.L. y Sancho-Caparrini, F. (2016)

⁴² ISO (2015)

⁴³ Google Maps. (s. f.)

paquete de softwares de ArcGIS® también fue utilizado para la realización de los mapas temáticos, simulaciones, visualizaciones y análisis espacio temporales. En el caso del Modelo Grafo, Gephi®, herramienta para visualización y análisis de base de datos orientada a grafos, fue la principal herramienta utilizada.

Software	Aplicación	Formatos entrada	Formatos de visualización y representación, formatos de salida	Especificaciones Sistemas	Licencia
My Maps	Herramienta para digitalizar cartografía/planos, georreferenciación y vectorización - puntos, líneas, polígonos	.CSV, .TSV,.KML, .KMZ, .GPX, .XLSX	bitmap images (.jpg, .pdf), .KMZ, .KML	Mac OS; Windows; Chrome OS; Linux	Abierta, online (Google My Maps)
Access	Herramienta para recopilar, organizar, sistematizar datos. Diseño BD	.CSV, .XLS	.CSV, .XLS	Mac OS; Windows; Chrome OS; Linux	Licencia de Pago (Microsoft)
ArcGIS	Herramienta para digitalizar, integrar datos alfanuméricos y espaciales, crear SDI históricos, análisis y visualización de datos espacio-temporales	.XLS, .SPH,.KLM,.KMZ, OLE DB	.SPH, .JPG, .PDF, .XLS, .KMZ, .KML	Windows	Licencia de Pago (ESRI)
Gephi	Software de visualización y análisis de red que usa representación gráfica.	.CSV, GEXF	.CSV, DL, .GBF, GEXF,.GML, .GRAPHML, .NET, .VNA, .PDF,.PNG, SVG, .XLS	Mac OS; Windows; Chrome OS; Linux	Abierta (GEPHI)

Tabla II. 2 Tabla resumen de las herramientas utilizadas. Se especifican la aplicación de cada una de ellas, los formatos de entrada y salida, las especificaciones del sistema requerido y el tipo de licencia. Fuente: A partir de Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a)

2.1 Modelo SIG-temporal

2.1.1 Definición y aspectos técnicos del SIG

Un Sistema de Información Geográfica es la unión de un conjunto de herramientas informáticas (programas y hardware) y datos espaciales (información geográfica) con el fin de ejecutar una serie de acciones (almacenar, organizar, manipular, analizar, gestionar, etc.) para solucionar problemas. Su entorno permite combinar datos heterogéneos, de orígenes y formatos muy diversos, en formato digital. Los datos espaciales pueden ser representados o bien en formato vectorial (punto, línea, polígonos) o bien en formato ráster (imagen).

A diferencia de un entorno CAD, a cada entidad vectorial se le asocian datos no espaciales – los atributos (datos referentes a las características

de los elementos)- que son de formato alfanumérico⁴⁴. Así, cada capa contendrá una tabla de atributos en la cual las columnas representan los campos de atributos y cada línea representa una entidad geométrica espacial. De esta manera, el SIG nos permite explorar una base de datos de manera geográfica, permitiendo reflexionar acerca de las implicaciones de la localización de los datos en el desarrollo del fenómeno que estudiamos.

Las capas en un SIG están separadas según su definición temática. Si tomamos como ejemplo los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)⁴⁵, la capa con información relativa a las marismas (hd05_marisma) recogerá las entidades geométricas que representan estas marismas; una capa relativa a provincias (da03_provincia) contiene entidades espaciales en formato de vectorial que corresponden a las delimitaciones de las provincias andaluzas. En el caso de que las capas provengan de fuentes distintas, ellas pueden estar integradas en un mismo entorno SIG, lo que permite la construcción de modelos complejos mediante el uso de fuentes de datos espaciales dispersos.

2.1.2 Del SIG al SIG Histórico

El SIG Histórico es un campo de investigación en el cual se aplica métodos para la creación de mapas y análisis espaciales, cuantitativas o cualitativas, para investigar como la geografía ha influenciado en la historia o como la geografía ha sufrido transformaciones en un periodo de tiempo determinado. Mientras que para los historiadores el tiempo es el principal hilo conductor de su metodología de estudio y análisis, para la herramienta SIG es el espacio el que direcciona el método, desde la propia arquitectura interna de los datos, hasta su representación y análisis. En este sentido, la creación y uso de una base de datos espacial con datos históricos en un SIG podría significar una unión de esos dos hilos o líneas de trabajo. Como bien ha afirmado

⁴⁴ Los últimos avances en el SIG han permitido que además de atributos alfanuméricos sean posibles la vinculación con atributos en formato de imágenes y sonidos (normalmente aparecen como *hyperlinks* en la tabla de atributos asociado a elementos vectoriales).

⁴⁵ Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). (s. f.)

Anne Knowles “casi todos os documentos históricos contienen algún tipo de información geográfica”⁴⁶, lo que lo hace posible que puedan ser tratados e introducidos en un entorno SIG.

Ese “giro espacial”⁴⁷ que el empleo del SIG representa para la Historia y las Humanidades ha tenido eco en varias reflexiones y estudios⁴⁸. Asimismo, algunos autores han tratado la problemática de inserción del “tiempo” en el SIG⁴⁹. Tanto la aproximación de la historia a la visión geográfica como de la geografía a la visión temporal han servido para asegurar la necesidad de relacionar esos dos hilos, generando un concepto único de espacio-tiempo.

De esa manera, las investigaciones que aplican el SIG Histórico tratan fundamentalmente de integrar datos espaciales y temporales en un sistema de información capaz de representarlos y analizarlos. Esa integración puede ser realizada de dos maneras: (i) mediante capas temporales, es decir una determinada fecha o intervalo cronológico es asociado a cada capa; (ii) mediante la asociación del tiempo como atributo de cada entidad/elemento (Fig. II. 13, Fig. II. 14).

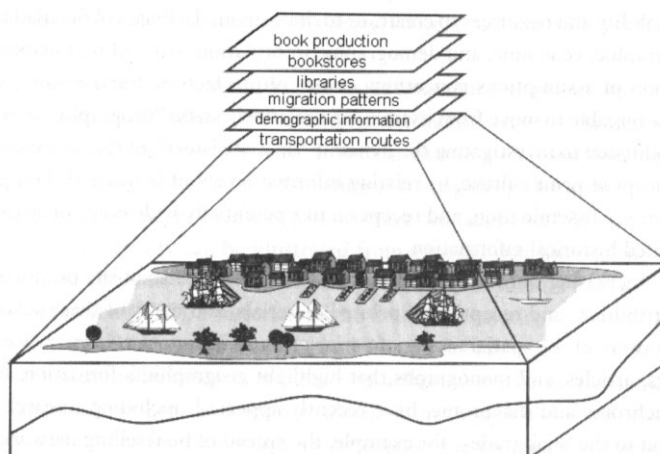


Fig. II. 13 Esquema que representa la estructuración de capas temporales en un entorno SIG. Fuente: MacDonald, B. y Black, F. (2000).

⁴⁶ Knowles, A. K. y Hillier, A. eds. (2008: 2)

⁴⁷ El término en lengua inglesa “*spatial turn*” es más difundido.

⁴⁸ Withers, C. (2009); Bodenhamer, D. J., Corrigan, J. y Harris, T. M. (2010) (2010); Knowles, A. K. (2010); Dear, M., Ketchum, J., Luria, S., y Richardson, D. (2011). Ver apartado “Estado de la Cuestión”.

⁴⁹ Peuquet, D. J. (1994); Langran, G. (1989), Wachowicz, M. (1999).

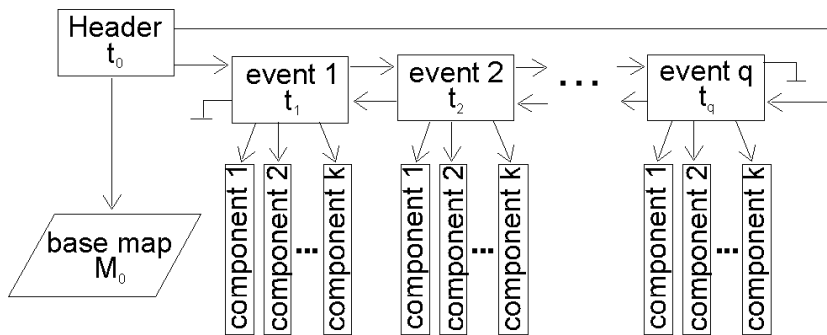


Fig. II. 14 Modelo de una base de datos espacio-temporal en la cual la información temporal se encuentra asociada a los eventos. Fuente: Peuquet, D.J. y Duan, N. (1995).

El primer método, también conocido como “*snapshots*” es utilizado más comúnmente en los modelos SIG que utilizan imágenes aéreas o remotamente detectadas, o para estudios que utilizan datos estadísticos históricos como los demográficos o censales. También es ampliamente utilizado en proyectos que objetivan construir Base de Datos Espaciales Históricas sobre la evolución del territorio, como el proyecto SIG histórico de Gran Bretaña⁵⁰, el Atlas Digital de las civilizaciones Romanas y Medievales⁵¹ y el SIG Histórico de China⁵² (Fig. II. 15).

El segundo método, es comúnmente usado cuando un modelo SIG es creado para representar eventos, actividades, flujos y movimiento⁵³. Cuando la dimensión temporal está en los atributos de las entidades espaciales cada registro tienen su propio dato temporal (en siglos, años, fechas, horas, minutos, dependiendo de las necesidades del objeto de estudio y de las fuentes), lo que permite que en una misma capa coexistan entidades de temporalidades distintas. Esta aproximación, orientada hacia el objeto y no a la capa, es más acorde con la realidad que estudiamos, una vez que enfoca su atención en los aspectos conceptuales y ofrece un mayor nivel de detalle⁵⁴, como bien afirma Wachowicz “*mejora el nivel de abstracción de una manera cercana a*

⁵⁰ Gregory, I.N., Bennett, C., Gilham, V.L. y Southall, H.R. (2002)

⁵¹ McCormick, M. et al. (2018)

⁵² China Historical GIS CHGIS (2018)

⁵³ Un análisis extenso sobre diferentes experiencias puede ser consultado en Wachowicz (2014)

⁵⁴ Rubenstein, R. y Hersh, H. (1984).

nuestra percepción del mundo real, ofreciendo un mecanismo para expresar nuestra comprensión del dominio del conocimiento”⁵⁵.

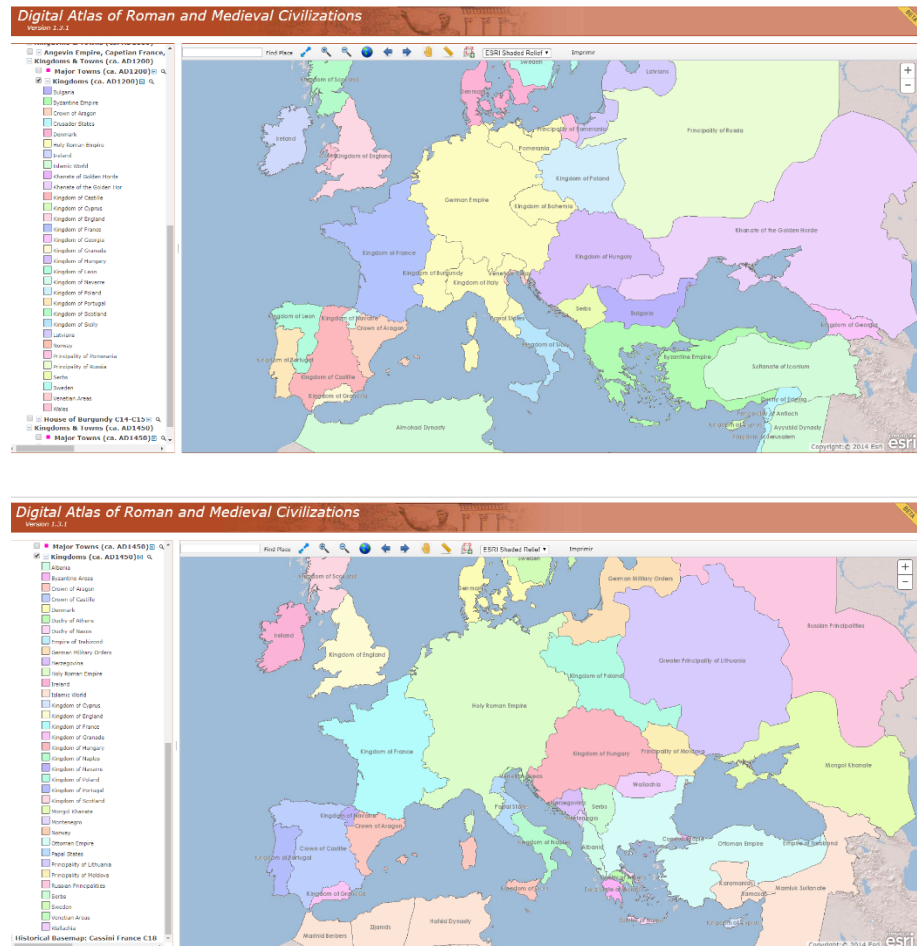


Fig. II. 15 Captura de pantalla del "Atlas Digital de las civilizaciones Romanas y Medievales". Se ha empleado el método por capas temporales en la cual todos los polígonos que representan los reinos en un mismo periodo cronológico. En la primera la capa visible es la de los reinos (ca. 1200d.c.). En la segunda, los reinos (ca. 1450 d.c.). Con este método se puede visualizar la superposición de las capas y observar las diferencias. Fuente: McCormick, M. et al. (2018).

En este proyecto hemos aplicado ambos métodos. Por un lado, se ha creado una IDE histórica compuesta por un conjunto de capas cada una relacionada con un tema y asociada a un periodo cronológico particular. Por otro, la base de datos creada mediante Entidades y Relaciones (ver capítulo 1, Parte II) es enlazada al programa de SIG generando un modelo de base de datos espaciales en el cual la información temporal se encuentra asociada a los eventos y actuaciones de los agentes en los edificios.

⁵⁵ Wachowicz, M. (2014: 2).

2.1.2.1 Modelo SIG temporal - instantáneo. La IDE histórica, modelo temporal por capas

La construcción de una Infraestructura de datos Espaciales (IDE) Histórica fue creada de manera que cada capa temática representara un conjunto de elementos que correspondiesen a un mismo periodo cronológico. Así, todos los elementos que están registrados reflejan un periodo único – una instantánea o “*snapshot*” – de esos datos espaciales. Estas capas representan elementos de contextualización de los “eventos” y también serán objeto de análisis espaciales y de visualizaciones.

La generación del modelo de la IDE histórica se ha desarrollado en 7 fases: 1º diseño del esquema de base de datos espaciales, a partir de evaluación previa de las fuentes documentales se define un listado de capas temporales; 2º selección de fuentes; 3º adquisición de la fuente documental en formato digital mediante digitalización/escaneado o adquisición del archivo digital de repositorios; 4º Georreferenciación⁵⁶; 5º Vectorización de datos; 6º Creación de la IDE (entidades + tablas de atributos); 7º Visualización (Fig. II. 16).

Los Datos Espaciales Históricos creados son un repertorio de bases cartográficas digitales de diferente naturaleza geométrica (punto, línea

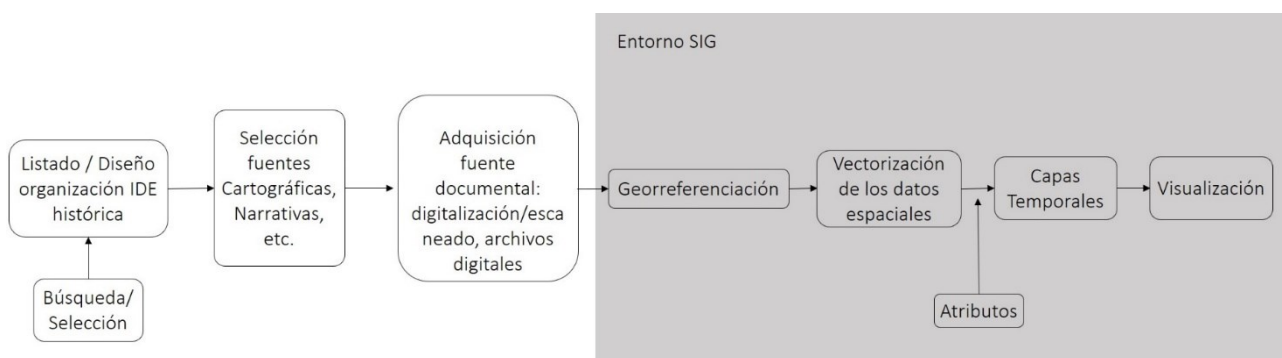


Fig. II. 16 Fases para la construcción de las capas temporales de la IDE Histórica. Para las fases desarrolladas en un entorno SIG fue utilizado el programa ®ArcMap 10.4.1. En algunas capas, la tabla de atributos fue creada en Excel y luego unida a las entidades geométricas. En otras, los atributos fueron incorporados directamente en la propia tabla de atributos en el entorno SIG. En cuanto a la georreferenciación de los datos, pueden ser realizadas de dos formas: (i) escaneado o adquisición del archivo digital, georreferenciación en un entorno SIG a partir de puntos de control enlazando con una base vectorial fiable ya existente (como el DERA 100), (ii) a partir de trabajo de campo, registrando puntos mediante GPS y se vinculan en un entorno SIG a los puntos de la cartografía o plano digitales. Elaboración propia.

⁵⁶ En este modelo de SIG temporal por capas, la georreferenciación se refiere al proceso de insertar fuentes documentales de formato imagen como mapas antiguos, imágenes vectoriales, planos arquitectónicos en el espacio geográfico. Para ello, es necesario especificar datos espaciales, coordenadas de latitud y longitud, escala y sistema de proyección.

y polígono) referidas al marco cronológico del objeto de estudio. Las capas temporales abarcan diferentes escalas y ámbitos territoriales (Europa, Península Ibérica y Andalucía). Se presenta en bloques temáticos – administrativo, infraestructura, producción, edificios – que favorecen el acceso centralizado a la información de diferentes procedencias en un formato vectorial (formato shapefile *.shp*). Asimismo, incorpora un bloque de información de tipo ráster georreferenciado que permite visualizar las fuentes cartográficas más significativas para la generación de las capas vectoriales en un entorno SIG. Todo ese conjunto de datos facilita a investigadores, profesionales y docentes elaborar sus propias salidas de información y cartografía, análisis cualitativos y cuantitativos. Para las capas correspondientes al marco territorial de la Península Ibérica, la información se encuentra en el sistema de referencia geodésico ETRS89 y proyectadas en UTM huso 30. Para las capas correspondientes a la escala europea, en sistema de referencia WGS84 (*World Geodetic System 84*).

Bloques temáticos	capa	geometria	marco territorial	sistema de proyección
shp00_contexto reconquista	cr01_reconquista_crono	poligonos	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
shp01_administrativo	ad01_reinos_1266	poligono	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
	ad02_reinos_1482	poligono	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
	ad03_diocesis_siglo XV	poligono	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
	ad04_diocesis_siglo XVI	poligono	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
	ad05_antiguo reino de sevilla	poligono	Andalucía	ETRS89 30N
	ad06_ciudadesdiocesis siglo XVI	punto	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
	ad07_nucleos villuga_1543	punto	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
shp02_infraestructura	if01_caminos villuga_1543	polilinea	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
	if02_calzadas romanas Andalucía	polilinea	Andalucía	ETRS89 30N
	if03_rutas maritmas	polilinea	Europa Occ.	WGS84
	if04_puertos_ppXVI_peninsula iberica	punto	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N
	if05_puertos_ppXVI europa occidental	punto	Europa Occ.	WGS84
shp03_produccion	pd01_cantera_carmona	punto	Andalucía	ETRS89 30N
	pd02_cantera_chiclana	punto	Andalucía	ETRS89 30N
	pd03_cantera_jerezdelafrontera	punto	Andalucía	ETRS89 30N
	pd04_cantera_puertoreal	punto	Andalucía	ETRS89 30N
	pd05_canteras_morondelafrontera	punto	Andalucía	ETRS89 30N
	pd06_canteras_sancrintobal	punto	Andalucía	ETRS89 30N
	pd07_canteras_morondelafrontera_centromedio	punto	Andalucía	ETRS89 30N
	pd08_canteras_sancrintobal_centromedio	punto	Andalucía	ETRS89 30N
shp04_edificios	ed01_edificios	punto	Peninsula Ibérica	ETRS89 30N

Fig. II. 17 Listado IDE histórica. Elaboración propia.

Dependiendo de la complejidad y de la cantidad de información en las fuentes documentales, el proceso de vectorización (*digitizing*) requiere mayor o menor tiempo (ver mapas de la IDE Histórica en *Anexo 2*). En el presente documento no procederemos a describir el proceso en detalle de cada una de esas capas, pero nos parece pertinente mostrar el caso de la fuente documental “*Repertorio de*

*todos los caminos de España en el año de gracia de 1543*⁵⁷ por tratarse de una fuente en la que capas con diferentes geometrías e informaciones fueron digitalizadas.

2.1.2.2 El proceso de digitalización y el tratamiento de datos espaciales históricos. El caso de los caminos de Juan Villuga⁵⁸.

Dentro de la gran heterogeneidad de fuentes documentales patrimoniales, las cartografías son fundamentales para interpretar los espacios (ciudades, regiones o naciones). Investigadores y profesionales que trabajan con patrimonio están ya habituados a utilizar cartografía y planos, aunque estos suelen ser imágenes fijas, representaciones que ilustran un relato. La incorporación del uso de los SIG en sus trabajos genera una mayor capacidad de edición y crecimiento de información, a través de la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales Histórica (IDEH), y la posibilidad de asociar datos espaciales con información alfanumérica, referente a informaciones cronológicas, métricas, de autoría, etc. Por otro lado, permite modificar al tiempo que evoluciona la investigación, las visualizaciones resultantes. Esas características proporcionarán mayor capacidad en la generación de visualizaciones, interconexión de datos y en las tomas de decisiones, además de ofrecer la oportunidad de reusar los datos en otros objetos de estudio o proyectos. Así, la cartografía histórica en un medio SIG se transforma en otras herramientas en sí misma, en la cual los datos podrán ser exploradas durante el proceso de investigación⁵⁹.

De esa manera, la cartografía adquiere otras posibilidades de exploración, admitiendo ser analizada de una forma no lineal y poli cronológica, proporcionando una interpretación temporal del espacio como base de las cuestiones históricas y viceversa que se acerca más a las complejidades de los fenómenos reales⁶⁰. De la misma forma, la precisión y la técnica utilizada en la elaboración del propio mapa, es por si solo otra fuente de información que refleja el estado del

⁵⁷ Villuga, J. (1543)

⁵⁸ Parte de este apartado se encuentra en vías de publicación, Ferreira Lopes, P. (2018c).

⁵⁹ Gregory, I. N. y Ell, P. (2007)

⁶⁰ Von Lünen, A. y Travis, C. (2012); Del Bosque González, I., *et al.* (2012)

conocimiento científico del momento de su creación⁶¹ y está fuertemente conectada a la historia de las civilizaciones. Sólo recordar la importancia de la cartografía en la construcción de la imagen del Nuevo Mundo descubierto en el periodo temporal que nos ocupa. El mapa de las nuevas tierras fue construyéndose poco a poco, a medida que cada expedición volcaba sus hallazgos en los patrones reales. Cada uno de estos dibujos es la expresión precisa de lo conocido en cada momento. Del mismo modo, la incorporación de las informaciones cartográficas en investigaciones que aplican los SIGH provocan un nuevo interés en el estudio de esas fuentes que, sin duda, tiene mucho que ofrecer para alcanzar la visión integral del patrimonio, contemplando las dimensiones espacio-temporales⁶². Igualmente, favorece una mayor eficacia en el trabajo interdisciplinar y sistémico exigido por el propio proceso de valoración patrimonial contemporáneo, principalmente en las dos primeras fases de la “cadena de valor”⁶³: i) identificación y contexto, ii) documentación y registro.

En las últimas dos décadas, el tratamiento de las fuentes cartográficas y los planos históricos ha tenido un significativo avance en su preservación, digitalización y catalogación por diversas instituciones⁶⁴, contribuyendo también para su salvaguarda y mayor accesibilidad. El avance se concretiza sobre todo en una mayor facilidad para acceder a esos documentos de manera telemática y obtener su archivo digital de calidad de manera rápida o casi inmediata. Con el objetivo de dar un paso más allá, el empleo del SIG permite nuevas oportunidades de visualización y análisis de esos documentos históricos, difíciles de alcanzar con los métodos tradicionales (comparación uno a uno de las fuentes impresas o escaneadas) mediante su georreferenciación,

⁶¹ Rumsey, D. y Williams, M. (2012)

⁶² Schlögel, K. y Arántegui, J. L. (2007)

⁶³ Askarate, A., *et al.* (2009)

⁶⁴ Se destacan los avances obtenidos en los últimos 5 años, especialmente relacionado con la digitalización y difusión de cartografías históricas en instituciones españolas como: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Cartografía Histórica de Andalucía. (s. f.); Instituto Geográfico Nacional (s.f.); Cartoteca Digital: mapes i fotografies antigues de Catalunya i tot el món. (s. f.); Archivo General de Simancas - Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (s. f.). A nivel internacional se destacan fuentes digitales como: Rumsey, D. (2018); GmbH, K. T. (2018); Europeana Collections (s. f.).

análisis métricos, comparación entre documentos cartográficos yuxtapuestos, visualización de modificaciones de elementos en el tiempo y espacio, procedimientos analíticos de índices y tendencias relacionados, construcción virtual métrica, análisis de la geografía física y sus interferencias en el proceso histórico, etc. Todo esto supone una oportunidad de lograr un nuevo nivel de entendimiento del pasado y su proyección al futuro, pues una vez digitalizados y tratados en el entorno SIG, las cartografías y planos históricos adquieren una mayor posibilidad de utilización interrelación y convergencia de varias disciplinas en un determinado objeto de estudio proporcionando un entendimiento más profundo del mismo. Por otro lado, informaciones textuales y numéricas recogidas de otras fuentes patrimoniales (textos, tablas, datos numéricos, etc.) pueden ser igualmente vinculadas a las entidades espaciales creadas a partir de las cartografías y planos, mejorando su comprensión como hechos complejos. En este apartado presentamos el proceso de creación de una infraestructura de datos espaciales histórica (IDEH) de una importante fuente cartográfica que ha sido de especial utilidad: el Repertorio de todos los caminos de España en el año de gracia de 1543 de Juan Villuga⁶⁵ (Fig. II. 18, Fig. II. 19).

La metodología desarrollada abarca tres bloques principales:

i) Búsqueda, recopilación, selección y organización de las fuentes documentales. Como factores principales del criterio de inclusión de las fuentes estaban: el estado de conservación de las fuentes, su

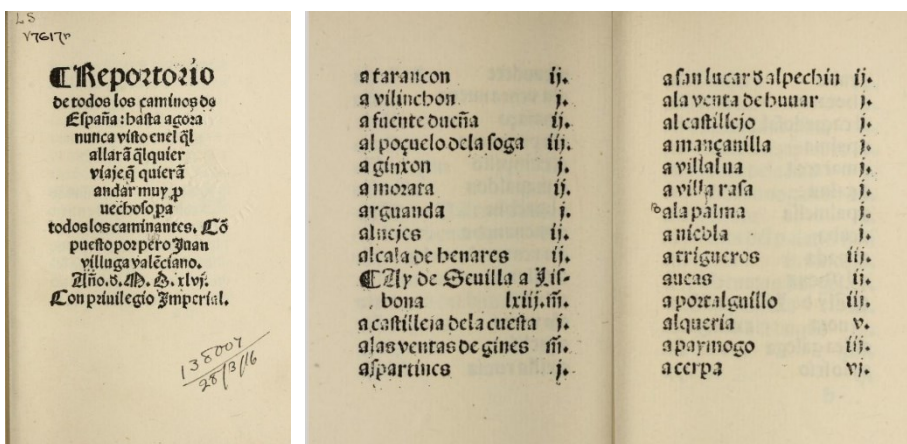


Fig. II. 18 Hojas del "Repertorio de todos los caminos de España; hasta agora nunca visto en el q̄i allará q̄lquier viaje q̄ quierá andar muy puechosopa todos los caminantes". Versión digital disponible en "Internet Archive" en <https://archive.org/details/reportoriode todo00vill>

⁶⁵ Villuga, J. (1543)

disponibilidad y accesibilidad, la calidad del archivo digital y el análisis de los datos posibles de ser tratados y trasladados a un entorno SIG.

ii) Tratamiento, digitalización y vectorización de la información contenida en la fuente. Esta sin duda fue la etapa más larga del proceso que requiere mucho tiempo de trabajo y dedicación. Para este caso en concreto, cerca de 4 meses.

iii) Análisis a partir de la IDE histórica creada con la utilización de la herramienta SIG. Este punto será presentado en capítulo 3 de esta parte de la presente tesis doctoral.

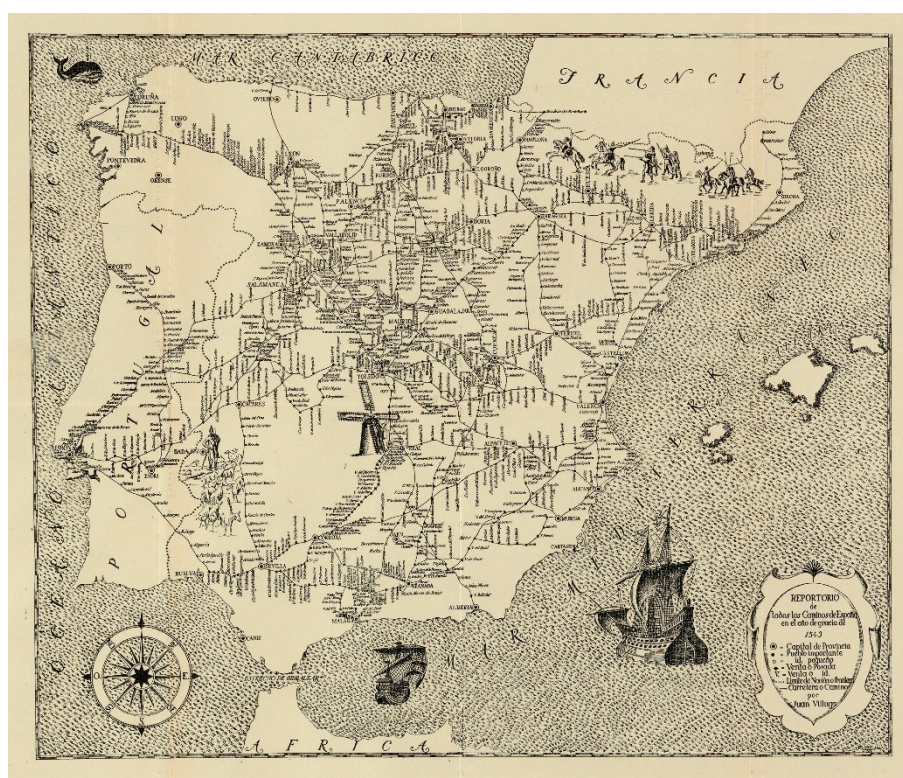


Fig. II. 19 Repertorio de todos los caminos de España en el año de gracias de 1543. Autor: Juan Villuga. Fuente: Cartoteca Digital del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Recuperado 9 de septiembre de 2014 de <http://cartotecadigital.icgc.cat/cdm/singleitern/collection/espanya/id/2618/rec/1>

Entre los factores que más influyen en la conformación del territorio están los flujos de personas, conocimiento, técnicas de construcción, servicios, comercio, capital, producción y distribución de materiales, etc., que se interrelacionan transformándolos desde sus múltiples escalas⁶⁶. Para poder observar esos movimientos era necesario evolucionar de la representación puntual de los acontecimientos históricos para un estudio de las conexiones de esos eventos con una visión más humana de los acontecimientos. Así, conseguiremos analizar

⁶⁶ Castells, M. (1995); Lyster, C. (2016); Soja, E. W. (2010).

los trayectos posibles de los viajeros, en nuestro caso principalmente de los profesionales involucrados en la construcción de la arquitectura, y relacionarlo con la fábrica arquitectónica, las soluciones constructivas usadas y la transferencia de conocimiento. Además de ver cuáles fueron los centros de producción más importantes. Algunos aspectos relacionados sólo con el sistema de comunicación ya fueron objeto de estudio, tales como los realizados sobre las comunicaciones y los itinerarios de la Corona de Castilla en la época de los Reyes Católicos⁶⁷, algunos de ellos logrando, incluso trazar la historia de los caminos de España de una periodización bastante amplia⁶⁸, con base en herramientas y recursos analógicos. Sin embargo, otras interpretaciones pueden ser obtenidas con la aplicación de técnicas digitales capaces de relacionar datos heterogéneos con el objetivo de ofrecer una relectura tanto de las fuentes documentales como del propio fenómeno histórico. La "traducción" de esas fuentes para un nuevo lenguaje digital e infográfico permitirá una nueva dimensión de su información, además de proporcionar una mejora en su diseminación y, consecuentemente, en su conocimiento.

Metodología aplicada al tratamiento, digitalización y vectorización de los datos del repertorio de Villuga

Dentro de la problemática para la comprensión integral de la arquitectura del pasado, existe la complejidad de realizar un análisis relacional de las fuentes documentales y de los testimonios materiales e inmateriales de su contexto social y productivo. Para comprender los productos creados por los hombres se hace necesario entender las actividades que lo originaron, su diversidad y las marcas que dejaron. También no podemos olvidar que ese modo de comprensión es parte de un proceso en el cual varias fases y acciones son realizadas y que ese proceso es en sí mismo conocimiento⁶⁹.

El "Repertorio de todos los caminos de España" es una de las primeras publicaciones sobre los repertorios de caminos en lenguaje moderno en Europa. La publicación tenía el objetivo, como definido por el propio

⁶⁷ Alcázar Molina, C. (1953); Rumeu de Armas, A. (1974).

⁶⁸ Uriol Salcedo, J. I. (1990); Hernando, M.D. y Ladero Quesada, M.A. (2009).

⁶⁹ Freire, P. y Shor, I. (2014)

autor, de representar y definir todas las ciudades, villas, lugares y ventas que existían en España, aportando el camino cierto y verdadero entre los “nodos” y la distancia existente de un sitio a otro. Un total de 139 itinerarios. Sabemos que, a pesar de la ambiciosa intención de Villuga, él no consiguió catalogar/registrar todos los caminos y ciudades, una apreciación que también nos interesa pues será también objeto de análisis en una micro-escala concentrada en el antiguo reino de Sevilla, área que se verifica mayor escasez de itinerarios según Villuga. Por otro lado, como ha afirmado Uriol⁷⁰, el repertorio de Villuga, además de catalogar y describir los caminos, sirvió de guía para las peregrinaciones, lo que de cierto modo corrobora nuestra intención de verificar esos caminos para apreciar las conexiones y flujos de los agentes de las empresas edilicias de la época. Debemos reseñar, además, que el trabajo de Villuga se sitúa en un contexto temporal que corresponde al final del marco temporal que hemos adoptado en la tesis, y por tanto, recoge todo un proceso de transformación en muchos casos consolidado, pero que son consecuencia de todo lo sucedido anteriormente. A pesar de esta circunstancia, entendemos que es suficientemente cercana en el tiempo a los acontecimientos analizados como para ser valorada como un documento de gran relevancia.

Este mismo mapa, también conocido como “mapa de los caminos de Villuga”, fue rediseñado por Gonzalo Menéndez Pidal en 1951⁷¹. Las diferencias más notables entre las dos versiones son varias: 1) la variación de los nombres de las ciudades, villas y ventas representados; 2) un número menor de núcleos representado en la versión de Pidal; 3) el cambio de toponimia de los núcleos, en muchos casos hubo una transformación de los nombres designados por Villuga (“Lucernich”, “Dalagon”, “Segovia”, “Sinás”) por otros renombrados por Pidal (“Luceni”, “Alagón”, “Seóvia”, “Encinas”); 4) la pérdida de la información en cuanto a la clasificación de los núcleos aportada por Villuga: capital, ciudad importante, ciudad pequeña y venta; 5) la evolución en la

⁷⁰ Uriol Salcedo, J. I. (1990)

⁷¹ Pidal, G. M. (1951)

técnica cartográfica, la precisión de la localización geográfica de los núcleos es más precisa en la cartografía de Pidal.

En la primera etapa para la construcción de los datos espaciales históricos se ha realizado la localización de los documentos en los diferentes repositorios de Instituciones, Organizaciones y Archivos. A partir de esta búsqueda se generó una base de datos de las fuentes con los atributos característicos de cada una de ellas con el objetivo de organizar la información que luego sería añadida a los metadatos de las cartografías tratadas en un entorno SIG (Tabla II. 3, Fig. II. 20).

A partir de la recopilación, se procedió al análisis de la información contenida en las cartografías de Villuga y Pidal con el fin de crear los primeros testeos de la estructura de la tabla de atributos y su asociación a las entidades geométricas en SIG. Una vez que los ensayos dieron resultados positivos se ha procedido al tratamiento y digitalización de las fuentes. Procedimos a la incorporación de las imágenes de las cartografías de Villuga y de Pidal en un entorno SIG⁷², realizando el proceso de georreferenciación mediante la toma de puntos de control teniendo como referencia las capas vectoriales en *shapefile* del grupo (G19) “Contexto España” de los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)⁷³.

categoria	titulo	archivo_colección	enlace	fecha
general península	1482 - Tabula Secunda de Europa		http://www.coleccioncartografiagm.com/mapas-de	1482
general península	Mapa de España de Vicentius Corsulensis, Venecia			1551
general península	Hispania novella	Instituto Cartografio e geologico de Catalunia	http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/colle	1482
general península	Hispania nova tabvla / Nicolaus Germanus fecit	Instituto Cartografio e geologico de Catalunia	http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/colle	1482
camino S.XVI	Repertorio de todos los caminos de España	Instituto Cartografio e geologico de Catalunia	http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/colle	1543
general península	España. Mapas generales. 1555-1570	IECA	http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadis	1555-1570
general andalucía	Andalucía occidental. Mapas generales. 1555-	IECA	http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadis	1555-1570
general andalucía	Hispalensis conventvs delineatio / auctore Hie	Instituto Cartografio e geologico de Catalunia	http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/singleitem/colle	1579
general península	Regni Hispaniae post Omnium	IGN	http://www.ign.es/fondoscartograficos/Cartografia	1570
general andalucía	Andaluziae nova descript	IGN	http://www.ign.es/fondoscartograficos/Cartografia	1606
camino romano	Mapa itinerario de la España romana con su	Biblioteca Digital Real Acedemia de la Historia	http://bibliotecadigital.rah.es/dgbrah/es/consulta/r	1892
camino romano	Cartografía caminos romanos Huelva	Archivo Español de Arqueología, vol. 79	http://aespa.revistas.csic.es/index.php/aespa/articl	-
camino romano	Cartografía de otras fuentes documentales	Publicación Atlas Andalucía	https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadis	2012
camino S.XVI	Repertorio de los Caminos de Villuga por Pic	Biblioteca Digital Real Acedemia de la Historia	http://bibliotecadigital.rah.es/dgbrah/es/consulta/r	1951
caminos romanos	Roman Road Network	Harvard University	https://docs.google.com/file/d/0B4KitLDpLpYfN3hk	2008

Tabla II. 3 Parte de la Tabla con las distintas fuentes cartográficas. En este listado especificamos datos relativos a cada cartografía: categoría, título, archivo o colección, enlace, fecha, autoría, medidas, nº de hojas, escala aproximada y técnica. Elaboración propia.

⁷² Para este proyecto hemos utilizado el ArcMAP de ArcGIS.

⁷³ Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). (s. f.)

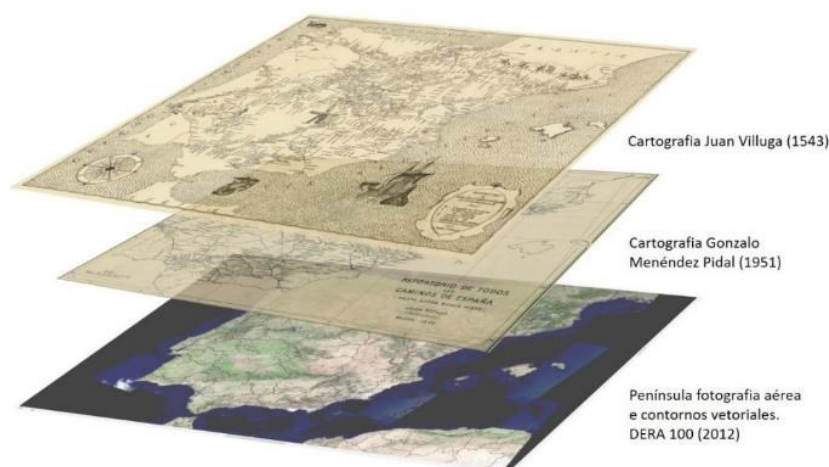


Fig. II. 20 Esquema visual y explicativo del proceso de georreferenciación y yuxtaposición de las cartografías de Villuga, Pidal y DERA 100 en un entorno SIG. Elaboración propia.

1	ruta	nombre_jv1543	cat_jv1543	nombre_GP1951	nombre	precision
1144	49 Valencia- Alicante					
1145		valencia	capital	Valencia	Valencia	
1146		catarroja	pueblo pequeño	Catarroja	Catarroja	
1147		silla	pueblo importante	Silla	Silla	
1148		solana	pueblo pequeño	Sollana	Sollana	
1149		sueca	pueblo pequeño	Sueca	Sueca	
1150		cullera	pueblo pequeño	Cullera	Cullera	
1151		glandia	pueblo pequeño	Gandía	Gandía	
1152		molina	pueblo pequeño	Oliva	Oliva	
1153		dénia	pueblo pequeño	Dénia	Denia	
1154		jabvea	pueblo pequeño	Jávca	Jávca	
1155		teulada	pueblo pequeño	Teulada	Teulada	
1156		benisa	pueblo pequeño	Benisa	Benisa	
1157		calpe	pueblo importante	Calpe	Calpe	
1158		alta	pueblo pequeño	Altea	Altea	
1159		bienduerno	pueblo pequeño	Benidorn	Benidorn	
1160		villajoyosa	pueblo pequeño	Villajoyosa	Villajoyosa	
1161		alicante	capital	Alicante	Alicante	

Tabla II. 4 Parte de la tabla que enseña los núcleos de un itinerario, los puntos de llegada y partida, la categoría de esos núcleos de acuerdo con Villuga, los núcleos de acuerdo con la cartografía de Pidal y la toponimia actual. Elaboración propia.

En la segunda fase, desarrollamos la creación de la IDEH. Primeramente, los núcleos fueron transcritos e relacionados con la información de los respectivos caminos ⁷⁴ y la clasificación de los nodos definidas por Villuga mediante una tabla en *excel*. Cada núcleo, a su vez, sería asociado también con la designación actual, la de Villuga y la de Pidal. De esta manera, todos los cambios de toponimia quedarían registrados, bien como las diferencias de registros entre la cartografía de 1953 y 1941 (Tabla II. 4). Otra característica adicional que decidimos contemplar fue el campo de “precisión” que hace referencia a la calidad de la información espacial (las coordenadas), de manera que cuando los datos espaciales de un núcleo no eran precisos añadimos en el

⁷⁴ Villuga, J. (1950) [1543]

campo el atributo “impreciso”⁷⁵.

El número de veces que aparece el nombre de un núcleo en el Repertorio podría indicar su importancia en este periodo. Así mediante la aplicación de la función “count.if” en el archivo de Excel hemos podido verificar que: Toledo fue citada 24 veces; Valencia 21 veces; Zaragoza, 16; Barcelona y Medina del Campo, 11; Burgos y Valladolid, 10; Granada, Cuenca y Lérida, 9; Sevilla, Lisboa, Utiel, Requeña, Lleida, Siete Aguas, Paseo Muviedro, Cuart de Poblet, Chiva, Albalat dels Sorells, 8 veces. Del mismo modo, la ausencia de algunas ciudades o redes de caminos es también significativa, dirigiendo nuestra atención a preguntarnos por las causas que lo explicarían.

Simultáneamente a la elaboración de esta tabla, hemos creado un mapeo de los núcleos utilizando la herramienta *My Maps* de *Google Engine*. Las mayores dificultades encontradas estuvieron en la localización de algunas “ventas”, aproximadamente un 7% de las ventas no fueron encontradas. No obstante, esta laguna no invalida el modelo, una vez que los resultados obtenidos para la creación de esta IDEH podrán ser expandido o editados fácilmente en futuros trabajos. De los 139 itinerario de Villuga, logramos geolocalizar un total de 1073 núcleos. Para facilitar su asociación posterior a la tabla de atributos, los nombres establecidos en “My Maps” correspondían al campo “nombre actual” (Fig. II. 22).

La tercera fase de la creación de la IDEH constituye en asociar los núcleos georreferenciados a la tabla de datos. El archivo exportable de “My Maps®” en formato *.kmz* es importado en el software ArcMap para ser convertido en un formato *shapefile*. También es realizada la conversión del sistema de proyección pasando del WGS84 (utilizado en el *Google Engine*®) para el ETRS89 30N, proyección oficial de los datos espaciales en España. Posteriormente se procede a la vinculación de las entidades espaciales con la tabla de atributos. Una vez asociada la

⁷⁵ Obtuvimos un mayor número de imprecisión en los datos espaciales de las “ventas”. No obstante, pocos fueron los casos de imprecisión. La ventaja de esta organización de datos es que la referencia de la “calidad” del dato se queda incorporado en la propia base de datos, facilitando la visualización y análisis de este atributo en conjunto con los demás.

tabla, se procede a generar mapas temáticos, visualizaciones por yuxtaposición con diversas capas y análisis espaciales y por atributos (Fig. II. 21).

Una vez que ya hemos obtenido la capa de los núcleos se procede a digitalizar y vectorizar los caminos mediante el propio ArcMap teniendo los puntos de los núcleos y la cartografía de Pidal y de Villuga como referencia. Durante este proceso algunas diferencias fueron verificadas: en el itinerario 54 de Villuga (Murcia a Valencia) la conexión

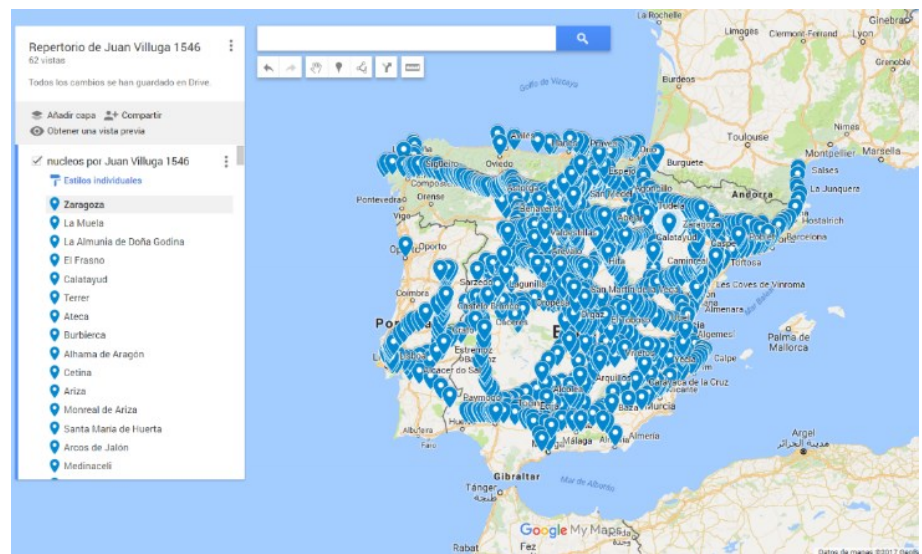


Fig. II. 22 Imagen del mapa creado en la plataforma “my maps” de Google Engine. Elaboración propia.

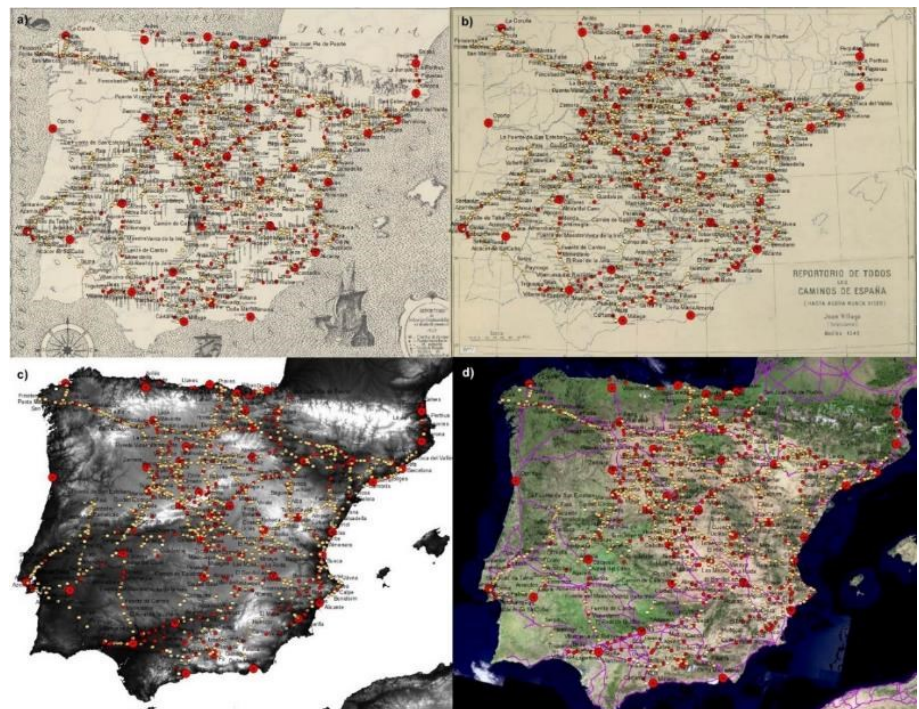


Fig. II. 21 Una vez incorporados a un entorno SIG, se puede generar mapas temáticos con la clasificación de los núcleos establecida por Villuga ajustando su representación de acuerdo con la tabla de atributos. En esta imagen verse su yuxtaposición con diferentes capas; a) con la cartografía de Juan Villuga de 1543; b) con la cartografía de Pidal de 1951; c) el Modelo Digital de Terreno; d) con el contexto físico y la capa de calzadas romanas. Elaboración propia.

entre Fuente la Higuera y Villena no aparece en Pidal; el itinerario 57 (Valencia a Sevilla) en Pidal no existe el camino que conecta Almansa a Játiva pasando por la Venta del Puerto; en la cartografía de Pidal, no existe el itinerario 121, no existiendo caminos entre Alcázar de San Juan hacia Toledo pasando por Mora; en el itinerario 130 (Girona a Lérida) la conexión entre Moncada y Martorell en Pidal no aparece.

Cada itinerario representado en los documentos cartográficos estará representado por una entidad geométrica espacial (polilínea) y su tabla de atributos que contiene informaciones como: el número del itinerario (establecido por la fuente de Villuga); punto de origen y destino y su dimensión longitudinal en kilómetros, esta última calculada llevando en consideración la topografía del terreno, lo que nos permitió verificar diferencias significativas cuando comparamos esos datos con los escritos por Villuga (Fig. II. 24, Fig. II. 23). Tales atributos nos han permitido, además de crear la IDEH de caminos, la posibilidad de hacer

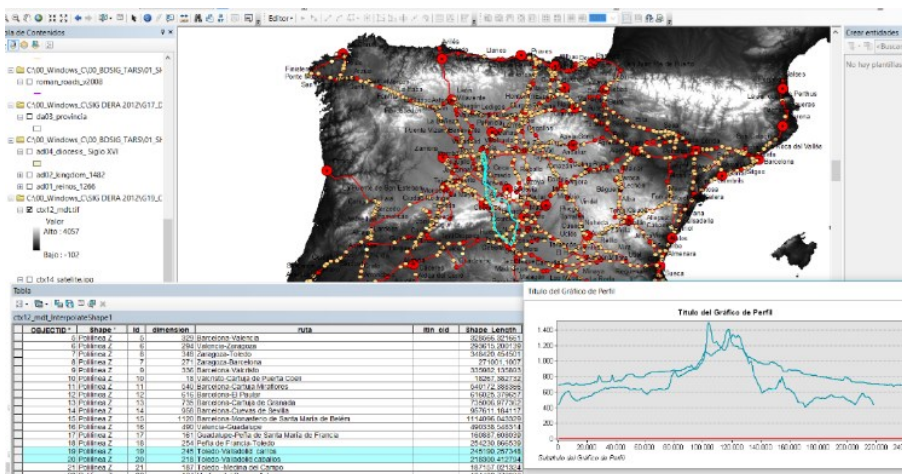


Fig. II. 24 Visualización de la representación de los itinerarios y sus perfiles. Elaboración propia.

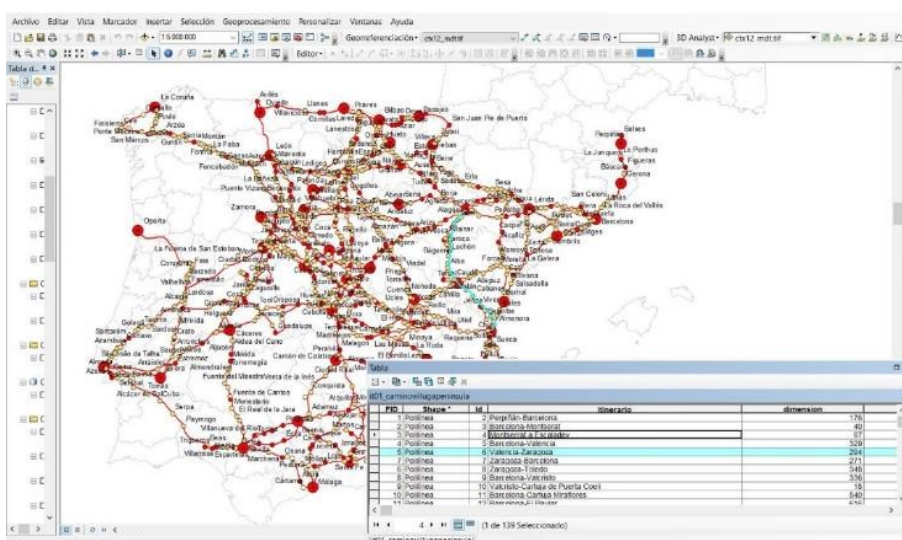


Fig. II. 23 Visualización del mapa temático de los itinerarios de Villuga con su respectiva tabla de atributos vinculada a las entidades geométricas y espaciales. Elaboración propia.

consultas a los atributos. Esta sistematización de la información también, a medio y largo plazo, podrá ser otra fuente más de documentación que podrá ser reutilizada por otros usuarios.

2.1.2.3 SIG temporal-entidad. Modelo espacio-temporal por eventos y objetos

Los datos espaciales del modelo SIG temporal por entidades provienen de la Base de Datos (BD) unificada, que fue diseñada en [®]Microsoft Access y explicada en la Parte II de esta tesis. Varias son las informaciones y capas que podrán ser generadas a partir de la BD, esas dependerán del objetivo de cada Modelo, análisis o visualización que el usuario requiera. Podrán ser generadas tanto capas directamente de las tablas de entidades (E) y de relaciones (Rs) como también desde tablas de consultas realizadas en la propia Base de Datos, siempre y cuando estas contengan las informaciones geográficas (las referentes a edificios o canteras). La diversidad de capas que puede ser generada es bastante grande y va a depender del objeto que el investigador quiera visualizar o analizar.

La vinculación al entorno SIG podrá ser realizada mediante una conexión OLE-DB desde ArcCatalog con un enlace a la base de datos en Access o se puede exportar de las tablas de Access en formato *.xls* e incorporarlas en un entorno SIG.

2.1.3 La tecnología para el modelo SIG utilizada

2.1.3.1 Software

A lo largo del desarrollo de la tesis doctoral, se ha utilizado como software principal la plataforma *ArcGIS Desktop*[®] compuesto por aplicaciones integradas que incluyen el *ArcMAP*[®], el *ArcCatalog*[®], el *Arctoolbox*[®], el *ArcScene*[®] y el *ArcGlobe*[®]. La versión utilizada inicialmente en la investigación fue la versión *ArcGIS Desktop 10.2*[®] y la versión final utilizada fue la *ArcGIS Desktop 10.6*[®]. La evolución de las diferentes versiones no ha supuesto ninguna problemática cuanto a compatibilidad de formatos una vez que el formato *.shapefile* (formato característico de datos espaciales vectoriales) es un estándar que puede ser leído en las diferentes versiones de la herramienta. La elección por el uso del paquete *ArcGIS Desktop*[®] fue debido a los

siguientes factores principales: i) por el convenio que la Universidad de Sevilla tiene con la empresa ESRI, no suponiendo ningún gasto adicional cuanto a la compra de softwares; ii) por que el paquete ArcGIS Desktop® permite trabajar con formatos estándares como es el caso del *.shapefile* que pueden ser leídos y trabajados en otros entornos SIG como es el caso, por ejemplo, de QuantumGIS® o GvSIG® (Softwares SIG libres). Caso la Universidad de Sevilla hubiese dejado de tener el convenio con ESRI, el trabajo podría seguir avanzando con la utilización de esos softwares abiertos; iii) comparado con otros softwares de SIG, el ArcGIS®, además de la interoperabilidad, es una herramienta que ya tiene un largo recorrido de uso y aplicación en diversas áreas ofreciendo una mayor cantidad de manuales, foros y tutoriales que facilitan tanto el aprendizaje como su empleo; iv) las experiencias previas a la investigación doctoral realizadas por la autora con el ArcGIS® han fornecido la base para la andadura de la presente investigación, permitiendo de esa manera una evolución del aprendizaje y aplicabilidad del ArcGIS®, rentabilizando el tiempo y esfuerzo.

Para la geodigitalización, vectorización y construcción de la IDE histórica (*snapshot model*) fueron utilizados el ArcCatalog® y el ArcMap®. El ArcCatalog® fue utilizado para organizar y administrar los datos espaciales y para la inserción y administración de los metadatos. El ArcMap fue la herramienta central y fue utilizada para geodigitalización, vectorización, creación y edición de datos espaciales, visualización y análisis. El ArcGlobe® (extención del *ArcGIS 3D Analysis*) y el ArcScene® fueron utilizados cuando se hacía necesario la visualización en 3D de los datos ráster en conjunto con las entidades. El *ArcGIS Scene*® también fue utilizado en algunas ocasiones puntuales para visualización de las TIN y la visualización 3D de partes de terrenos con la representación de un área específica para estudio.

2.1.4 Limitaciones del Modelo SIG

Los mapas generados en el modelo SIG presentan algunas limitaciones que deben ser consideradas a la hora plantear cualquier proyecto: 1) Solamente una cierta cantidad de datos puede ser enseñada en un mapa. Habrá que elegir qué datos deben ser incluidos, quizás los más

importantes, y qué no debe aparecer. Solo así la legibilidad del mapa, o del plano estará asegurada. Para cubrir más datos o para profundizar en algún detalle, otros mapas/visualizaciones han de ser creados. En el caso del mapa en formato digital, una alternativa puede ser jugar con la simbología, reclasificación y simplificación de la información para que así pueda contemplar una mayor cantidad de datos. Por otro lado, si el producto visual tuviera un formato analógico, la información a ser presentada tiene más limitaciones, pues debe ser representada pensando en el espacio del formato disponible; 2) La limitación humana de leer y analizar una cierta cantidad de información es otro de los condicionantes. Si, por un lado, debemos elegir que datos insertar en el mapa creado, por otro debemos reflexionar si aquella información puede ser entendida o analizada por un individuo. Además, si consideramos que queremos visualizar y analizar una gran masa de datos y que para ello deberemos generar distintos “mapas temáticos”, la complejidad de analizar toda esa información conjuntamente aumenta bastante. En este sentido, para que consigamos rentabilizar tiempo y conseguir extraer y generar información, los mapas deben estar en formato digital, utilizando sistemas capaces de cuantificar, medir, comparar, combinar y relacionar datos espaciales.

Al fin y al cabo, la propia consideración del SIG como “modelo”, supone la toma de decisiones sobre lo que se pretende hacer con él.

2.2 Modelo basado en Grafo

2.2.1 Definición y aspectos técnicos del Modelo tipo Grafo

Un Modelo tipo Grafo se basa en la estructura de datos que tienen una “topología” de grafo, es decir, que esos datos pueden ser representado por medio de nodos y aristas⁷⁶.

Una de las características más significativas de los sistemas complejos, y del caso que nos ocupa, es su composición multiescalar⁷⁷. Es decir, se trata de un sistema complejo que está compuesto por otros tantos

⁷⁶ Para ver la definición de la teoría de grafos, consultar apartado 2.3 PARTE I de este documento.

⁷⁷ Suárez, J.L., Sancho-Caparrini, F. (2016)

sistemas complejos (subsistemas) en el cuál la agrupación de ese mismo sistema puede dar lugar a un sistema complejo de una escala aún mayor. Por ejemplo, el proceso de construcción o reforma de un edificio puede ser considerado un sistema complejo en el que se intervienen una serie de maestros, artistas, mecenas, relaciones sociales, partes del edificio, transporte de materiales etc. que influyeron en su construcción y materialización. Pero, a la vez, ese mismo edificio se encuentra inmerso en una red de edificios, rutas de transporte y artistas que se conectan entre sí por medio de relaciones. Por ello, hemos buscado modelos de representación que sean independientes de la escala del sistema representado, que permita observar un edificio, pero también el sistema superior al que pertenece.

El conjunto de entidades representada en un grafo, nodos y aristas, se estructuran mediante una serie de propiedades y un esquema de relación que definirá las relaciones entre entidades (Fig. II. 25). Como hemos podido observar en el apartado “1. Base de Datos” de este documento, esas propiedades y ese esquema está insertado su propio diseño, lo que facilita luego su exportación a la herramienta que hemos utilizado para la construcción del Modelo de Grafo: Gephi®. Cada una de las entidades tienen un atributo llamado “type” que representa la categoría de la entidad que se trasladará al nodo en el modelo Grafo y otro “id_grafo” valor numérico secuencial que servirá como el valor de identidad del nodo (Fig. II. 26).

Otra característica de un modelo de grafo es que este no usa el lenguaje SQL como lenguaje principal de consultas, lenguaje más común en base de datos relacionales, sino que la base de datos orientada a grafos utiliza el lenguaje NoSQL (no solo SQL – *not only SQL*). Mediante este lenguaje, la GDB (*Graph Databases*) trata tres problemas que son comunes en base datos relacionales: procesa datos que tienen gran conectividad, es decir, una red de datos que se relacionan; manipula datos complejos y flexibles, porque permite una flexibilidad de

esquema de organización; ofrece rendimientos con alta calidad para lecturas locales⁷⁸.

2.2.2 Criterios para del modelo tipo Grafo, diseño esquema de relaciones

Para que la Base de Datos (híbrida para los modelos SIG y de Grafos) contemplase las características de una Base de Datos basada en Grafo (GDB) fue necesario el diseño de un esquema para describir como los datos serían organizados, definiendo sus relaciones, tipos y atributos.

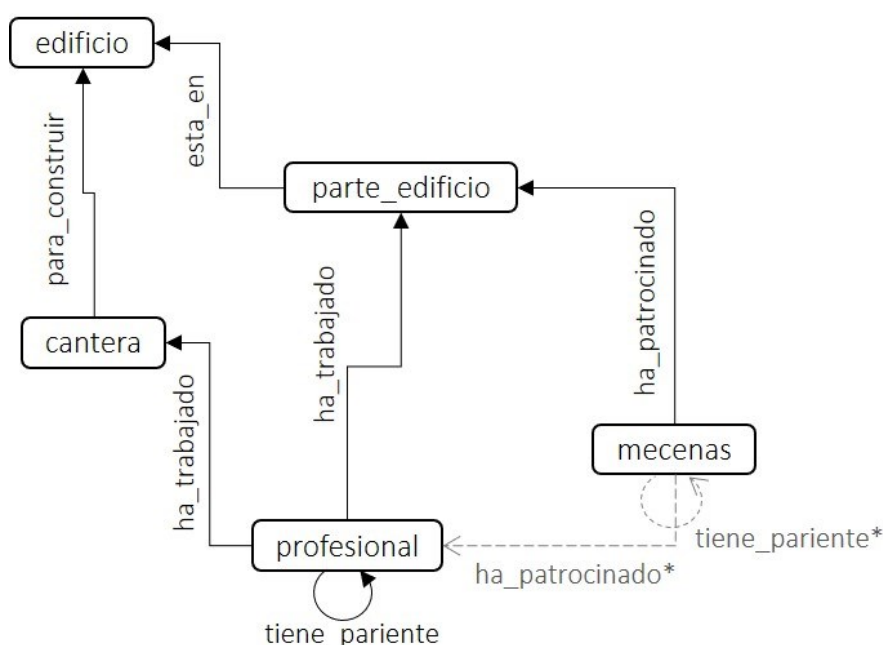


Fig. II. 25 Esquema de organización de los datos para el modelo de Grafo, verse los nodos y sus relaciones. Cada uno de esos nodos tendrán los atributos correspondientes de acuerdo con las tablas de la Base de Datos (BD). Las relaciones tendrán también los atributos establecidos en la BD, en el caso de la relación "tiene_pariente" será el parentesco; en el caso de las relaciones "ha_trabajado" los atributos correspondientes serán aquellos que seleccionamos de la tabla de relación "eventos" (categoría profesional; autor-dato; fecha inicio; fecha fin; ref. bibliográfica). La relación ha_patrocinado* establecida entre mecenas y profesional es una relación que se va consolidando a lo largo del siglo XVI al margen de la arquitectura, en el marco temporal de nuestro objeto de estudio todavía no es era muy extendida por eso en este esquema se señala con línea discontinua plasmando así de esa forma la contemplación de esas relaciones en el caso de ampliación de la cronología para futuros estudios. Elaboración propia.

El esquema representa un modelo de grafo con propiedades en el cual existen diferentes relaciones y nodos de diferentes tipos y propiedades. Ese modelo permite que cada elemento (nodo o arista) posea un número de propiedades heterogéneas asociadas que, en nuestro caso de estudio, a esas propiedades lo llamamos atributos. Con esta

⁷⁸ Domenjoud, M. y Vial, T. (2012).

premisa, esta estructura podría crecer y adaptarse al nivel que el sistema necesite en sus diferentes fases de evolución de investigación y análisis requerido.

2.2.3 La tecnología para el modelo grafo utilizada

En los últimos años han sido creadas varias herramientas de procesamiento, análisis y visualización de datos, como Neo4J⁷⁹, NodeGoat⁸⁰, InfiniteGraph⁸¹, SylvaDB⁸², Sparsity⁸³, Gephi⁸⁴. Pese a que las opciones han aumentado, todavía existen dificultades en su uso, principalmente en el área de las Humanidades.

Las herramientas utilizadas para el Modelo en Grafo fueron la Base de Datos construida en Access y la herramienta Gephi®, una herramienta de código abierto específica de análisis de grafos⁸⁵. Su elección ha sido

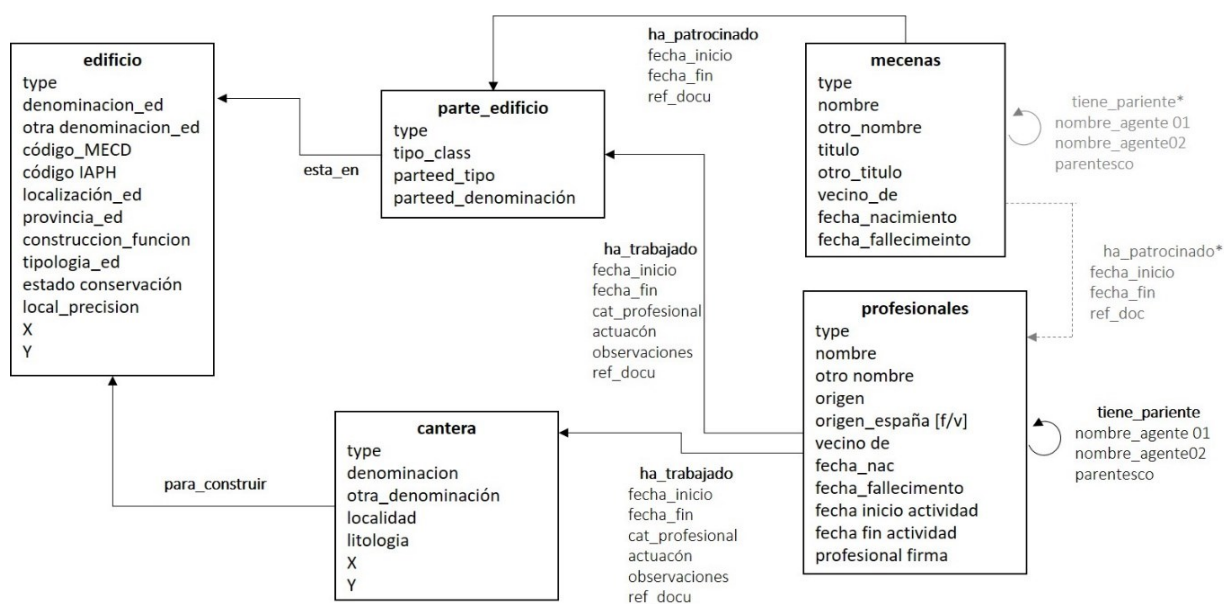


Fig. II. 26 Imagen ampliada (con atributos de los nodos y aristas) del esquema del modelo grafo. Elaboración propia.

⁷⁹ The Neo4j Graph Platform. (s. f.).

⁸⁰ Nodegoat. (s. f.)

⁸¹ InfiniteGraph. (2013, enero 27).

⁸² SylvaDB. (2018).

⁸³ Sparsity-technologies: Sparksee high-performance graph database. (s. f.)

⁸⁴ Gephi - The Open Graph Viz Platform. (2017)

⁸⁵ Como apuntamos anteriormente, el modelo inicialmente fue desarrollado en la herramienta SylvaDB, una plataforma online más intuitiva en términos de diseño del esquema y de análisis. No obstante, esta ha sufrido problemas y su uso no ha sido posible para la continuación del proyecto.

por 6 factores principales: i) desde *sylvadb* (plataforma utilizada inicialmente) podríamos exportar en formato *.gephi*; ii) el formato de archivo de entrada es en formato *.csv*, un formato bastante estándar y compatible con la BD construida; iii) Gephi® es un programa desarrollado en 2009, cuenta con un recorrido; iv) ha sido utilizado en el campo de las humanidades digitales; v) cuenta con bastantes recursos para su aprendizaje y manipulación; vi) es un programa abierto, no suponiendo costes al proyecto. Esos factores garantizaron su usabilidad en el presente proyecto.

A partir de la Base de datos, se realizan consultas que generan las tablas de los nodos y relaciones están son exportadas en formato *.xls*. En Excel se importan las tablas y se exportan en formato *.csv* (formato admitido por Gephi®). Como la herramienta Gephi® es una herramienta de análisis y visualización, también podemos desde la Base de Datos realizar filtros y exportar solo los datos que queramos analizar para insertarlo en el programa.

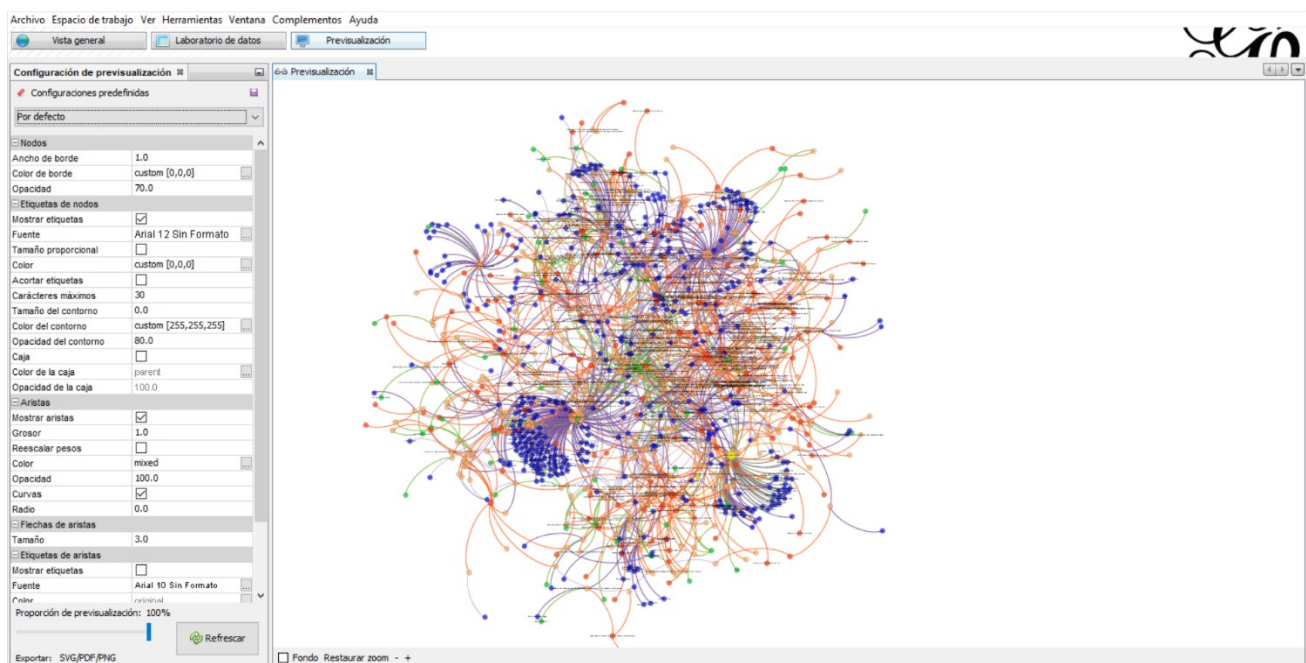


Fig. II. 27 Captura de pantalla del programa Gephi con la visualización del modelo grafo a partir de la importación de las tablas de nodos y aristas originadas a partir de la Base de Datos.

3. ANÁLISIS

Actualmente existen diferentes tecnologías que permiten la visualización y análisis de datos, sean estos espaciales o no. La combinación de dos o más tecnologías podrá mejorar y ampliar los posibles análisis y visualizaciones, mejorando así, la comunicación de los resultados de la investigación. En este sentido, hemos aplicado la combinación de cuatro herramientas (Tableau Desktop®, Excel®, ArcGIS® y Gephi®), de las cuales las tres últimas ya han sido anteriormente comentadas.

3.1 Análisis y Visualización de la Base de Datos

Hemos aplicado la herramienta Tableau Desktop®⁸⁶ y Excel® para visualizar los datos de nuestra Base de datos mediante su representación en gráficos. Tableau Desktop® fue elegida por su fuerte característica visual e intuitiva permitiendo análisis cuantitativos y cálculos asociados a los registros recogidos en la BD. Además, su uso no ha supuesto ningún coste adicional al proyecto, ya que ofrece una licencia abierta para la comunidad académica.

Aunque su aplicación no se encuentre muy extendida en el campo de las humanidades⁸⁷, ya existen investigaciones que lo utilizan para un análisis cuantitativo de contenido, método bastante difundido en ciencias sociales. Se trata de analizar el contenido de los datos reduciéndolos a números o combinándolos con datos numéricos para su análisis. En el caso de los datos históricos que normalmente tienen lagunas de información, como en nuestro caso con respecto a las

⁸⁶ Tableau Desktop® es una herramienta utilizada ampliamente para datos empresariales de diferentes sectores, aplicada tanto para un conjunto grande de datos (Big Data) como para conjuntos de datos de menor volumen.

⁸⁷ Algunos ejemplos de aplicación de esta herramienta en las Humanidades son los proyectos: “Critical Collection Analysis. Using DH tools to contextualize Historic Collecting Patterns at Claremont Colleges Library”, ver Bello, L., Clements, N., Dickerson, M. y Hogarth, M. (2016); “New Metadata Recipes for Old Cookbooks: Creating and Analyzing a Digital Collection Using the HathiTrust Research Center Portal”, ver Stevens, G. (2017); “from People to Pixels: Visualizing Historical University records”, ver Vancisin, T., Crawford, A., Orr, M. M. y Hinrichs, U. (2018).

lagunas cronológicas, el empleo de esta herramienta también nos permite observar de una manera muy visual esos problemas. Asimismo, las herramientas han permitido detectar pequeños errores (de digitación)⁸⁸ en la BD que fueron corregidos.

Los análisis y visualizaciones de la Base de Datos⁸⁹ han proporcionado conocimientos iniciales sobre la complejidad del caso de estudio y han contribuido para una percepción general del estado de los registros recopilados.

Datos biográficos de los profesionales

Analizando la tabla “profesionales” de nuestra Base de datos, que contienen los datos biográficos de los profesionales que hemos registrado, podemos verificar que existe todavía una gran laguna cronológica relacionada tanto con las fechas de nacimiento y muerte como las fechas de inicio y fin de actividad.

De los 477 registros de profesionales, apenas de 84 conocemos el año de Inicio de Actividad y de 72 el de Fin de Actividad (Fig. II. 28, Fig. II. 29). Se analizamos los datos de registros de fecha de nacimiento y muerte, la laguna es aún mayor. Solo hemos conseguido recopilar 19 datos de fecha de nacimiento y 32 de fallecimiento⁹⁰ (Fig. II. 30, Fig. II. 31).

⁸⁸ Encontramos errores relacionado con la presencia de acentuación en los nombres de maestros.

⁸⁹ Cabe puntuar que en este documento de tesis reflejaremos solo algunas de estas análisis y visualizaciones ya que como comentamos en el apartado “3. La Investigación” en la Parte I de este trabajo, los modelos son en realidad herramientas de estudio y, por ello los análisis y simulaciones pueden extenderse a un número muy amplio.

⁹⁰ Gran parte de los datos biográficos de los profesionales provienen de “Archibase 3.0”.

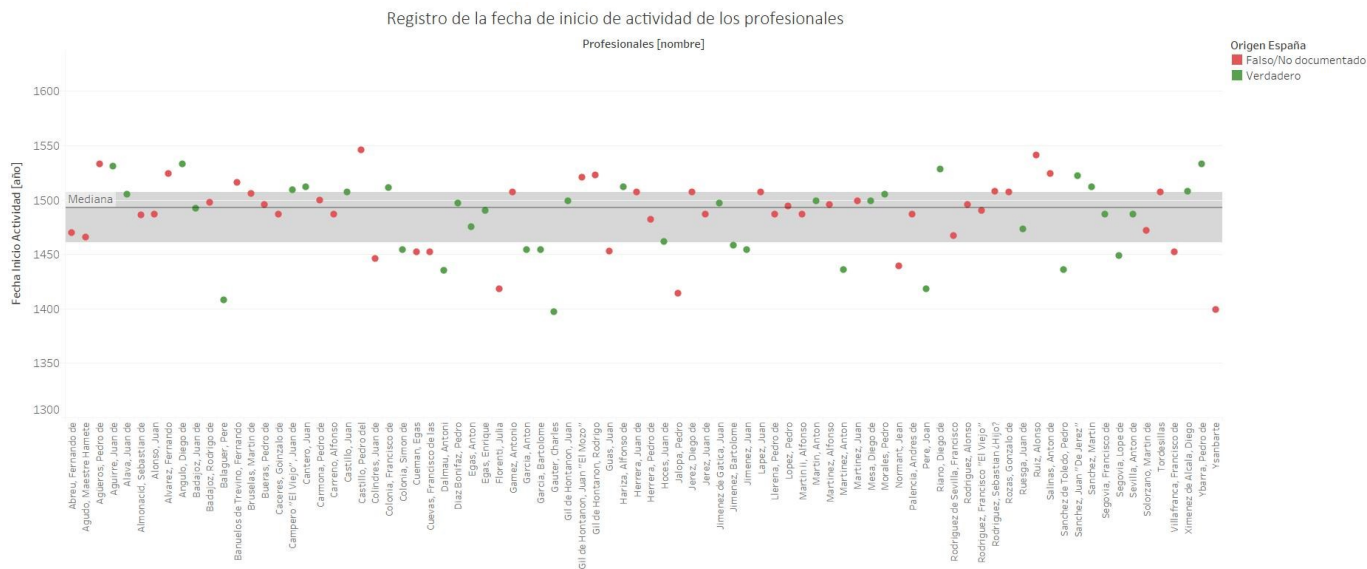


Fig. II. 28 Gráfico enseña la fecha de inicio de actividad de los profesionales que han podido ser registradas en la base de datos y su dato de origen. Elaboración propia.

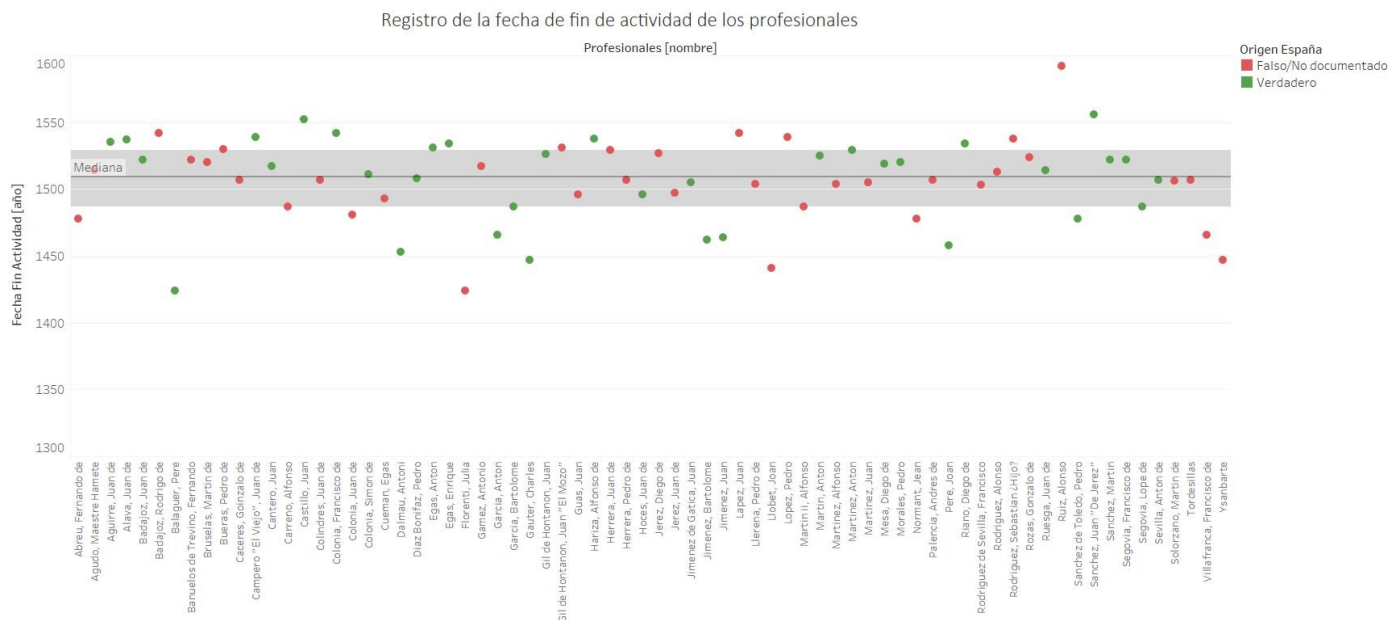


Fig. II. 29 Gráfico enseña la fecha de fin de actividad de los profesionales que han podido ser registradas en la base de datos y su dato de origen. Elaboración propia.

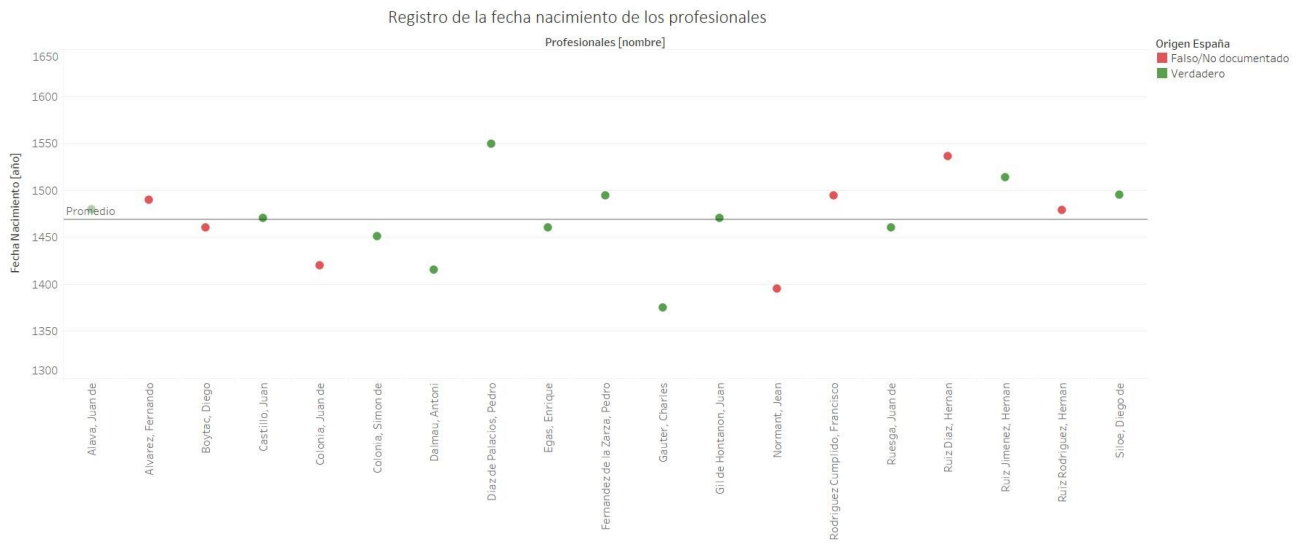


Fig. II. 30 Gráfico enseña la fecha de nacimiento de los profesionales que han podido ser registradas en la base de datos y su dato de origen. Elaboración propia.

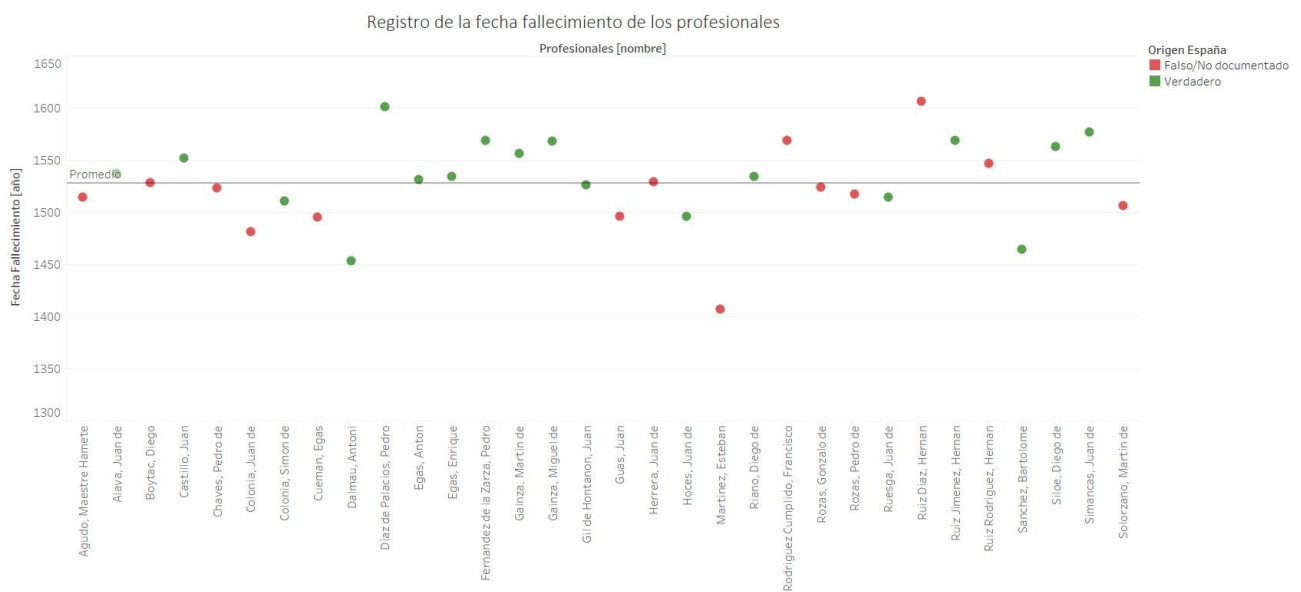


Fig. II. 31 Gráfico enseña la fecha de fallecimiento de los profesionales que han podido ser registradas en la base de datos y su dato de origen. Elaboración propia.

Datos edificios y objetos asociados a la arquitectura y estructura

Para la evaluación de los registros de edificios y objetos asociados a la arquitectura y estructura hemos realizado tres aproximaciones.

Primeramente, una evaluación cuanto a los registros según la función de los edificios y su registro en la base de datos de patrimonio inmueble del IAPH y MECD que fueron recogidos y añadidos en la BD. La BD recorre un total de 249 registros de los cuales 47 no están registrados en ambas bases de datos (IAPH y MECD). Como se puede observar en el gráfico (Fig. II. 32), la mayoría de los edificios registrados corresponden a edificios de función religiosa (150 registros) de los cuales apenas 30 no está recorridos en ambas bases de datos (MECD y IAPH).

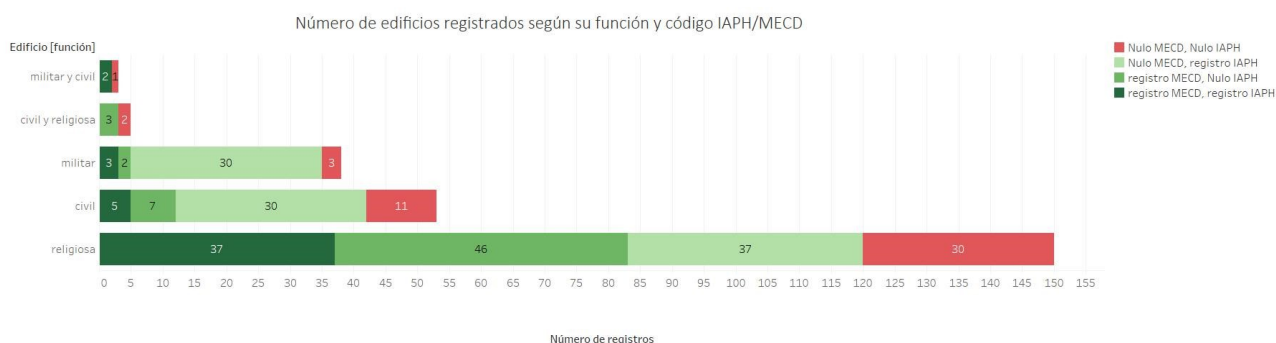


Fig. II. 32 Gráfico que enseña la cuantificación de los registros de edificios según su función y pertenencia a la base de datos de patrimonio inmueble del IAPH y del MECD. Elaboración propia.

Si analizamos las tablas de edificios y de objetos asociados a la arquitectura y estructura para cuantificar el número de registros de acuerdo con la función del edificio, verificaremos que la mayor cantidad pertenece a objetos asociados a función religiosa (537 registros), seguido por civil (42) (Fig. II. 33).

Fig. II. 33 Gráfico que enseña la cuantificación de los objetos asociados a arquitectura y estructura según la función del edificio. Elaboración propia.



Con relación a la ubicación de los objetos registrados, mayor parte se encuentra en Cádiz y Sevilla (Fig. II. 34).

Cuantificación de los registros de los *objetos asociados a la arquitectura y estructura* según su localización

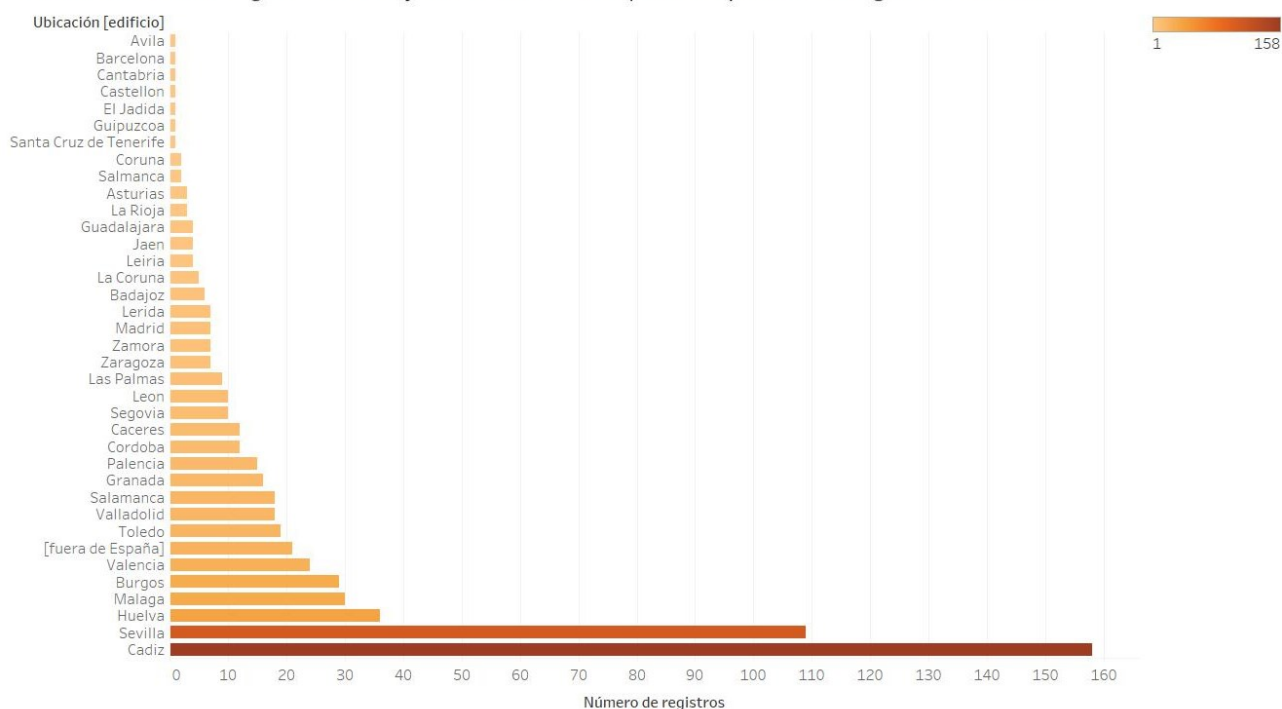


Fig. II. 34 Gráfico que enseña la cuantificación de los objetos asociados a arquitectura y estructura según su ubicación. Elaboración propia.

Datos de los eventos

Con el fin de cuantificar los registros de eventos y relacionarlos con los diferentes campos de la base de datos hemos realizado una serie de análisis y visualizaciones. Un total de 1085 eventos fueron registrados. Se analizamos el número de eventos por edificio observaremos la predominancia de la Catedral Santa María de Sevilla con 270 registros (Fig. II. 35), predominando los 8 valores más altos en edificios de Andalucía. Ese resultado ya era previsto dado el foco del objeto de estudio estar concentrado en el Antiguo Reino de Sevilla.

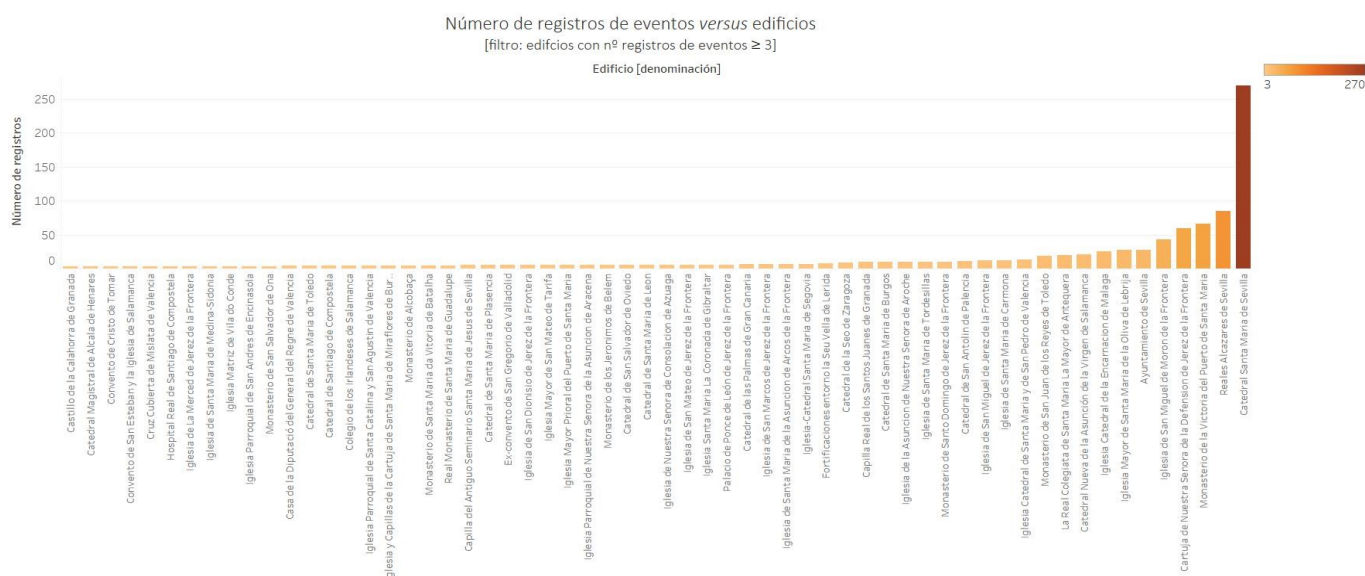


Fig. II. 35 Gráfico de número de eventos versus edificios (considerando solo edificios con numero de eventos ≥ 3). Elaboración propia.

En lo relativo a la cuantificación del número de eventos versus profesionales, observamos que entre los valores de 24 a 48 están: Alonso Rodríguez, Juan Castillo, Diego de Riaño, Juan de Álava, Simón de Colonia, Enrique Egas y Juan Gil de Hontañón (Fig. II. 36).

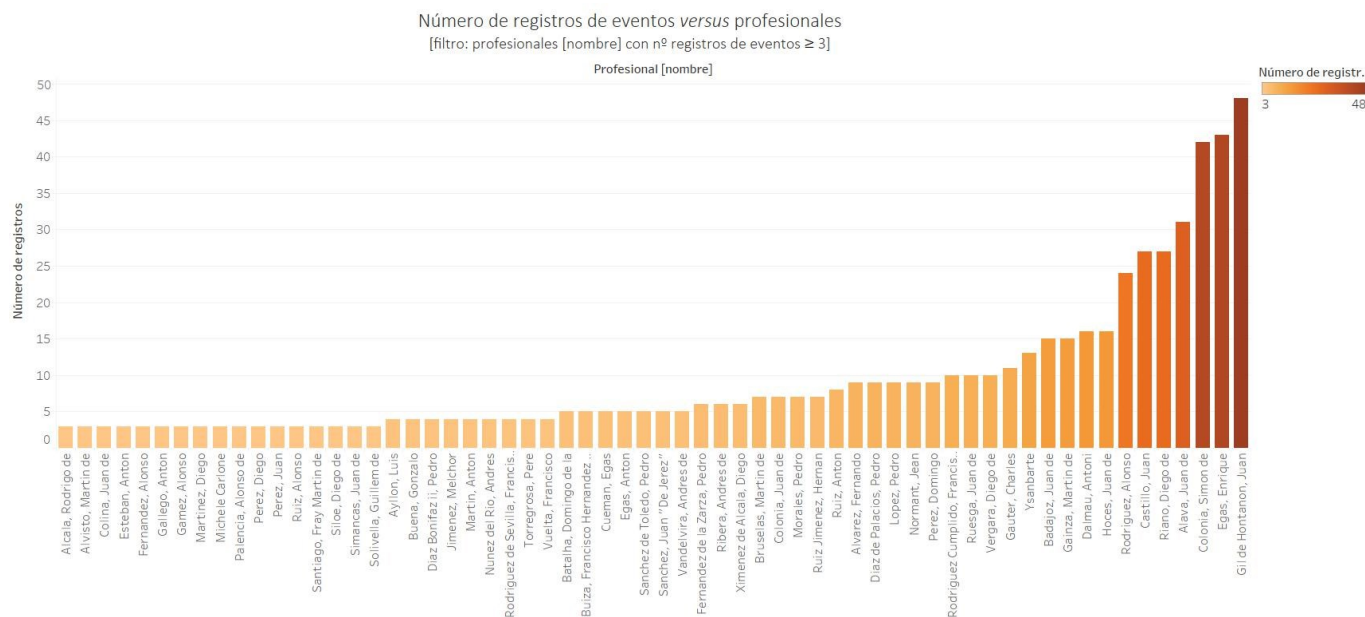


Fig. II. 36 Gráfico de número de eventos versus profesionales (considerando solo profesionales con número de eventos ≥ 3). Elaboración propia.

Si procedemos a evaluar en esta misma línea, pero ahora analizando el número de eventos por tipología de edificio, veremos la predominancia de la tipología “iglesia catedral” y “iglesia parroquial” (Fig. II. 37). No obstante, para tenernos una visión más global acerca del impacto de esas tipologías con relación al territorio, procedemos a evaluar el número de registros por ubicación asociando a este dato la tipología de los edificios. Podemos observar el peso que tiene los eventos asociados al tipo “catedral” en Sevilla, mientras que en Jerez de la Frontera predominan los eventos relacionados con edificios de tipo “cartuja” y en el Puerto de Santa María, con edificios tipo “monasterio” (Fig. II. 38).

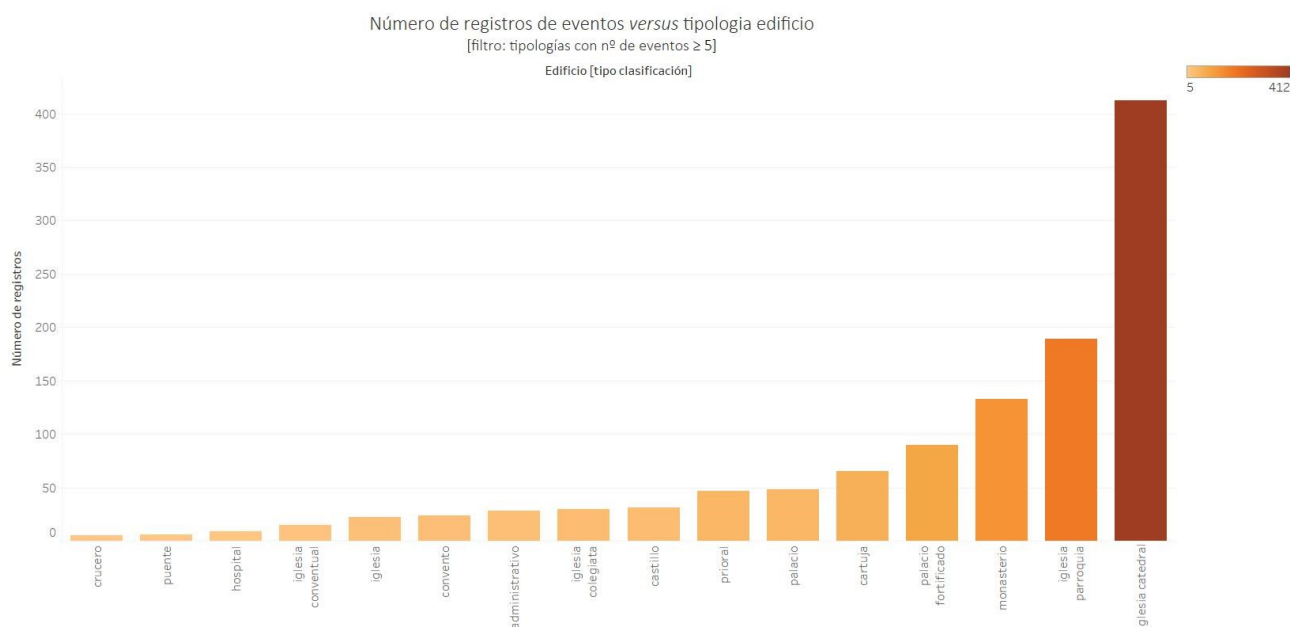


Fig. II. 37 Gráfico de numero de eventos versus tipología de edificios (considerando solo edificios con número de eventos ≥ 5).

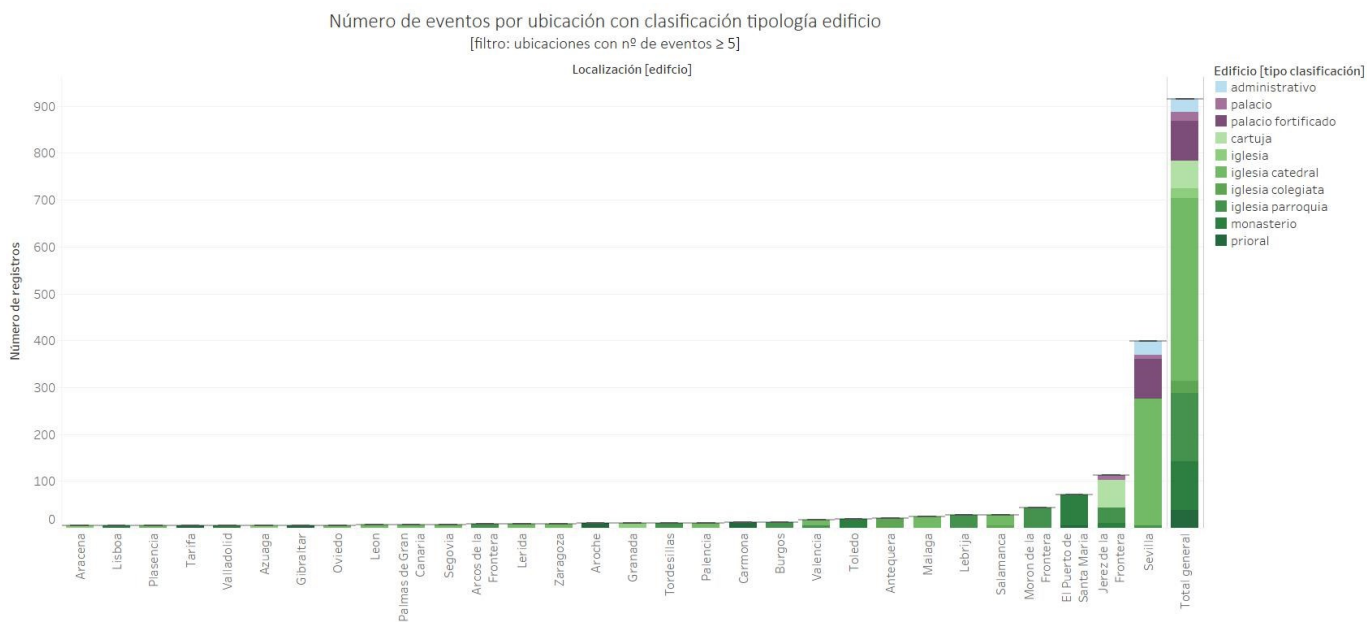
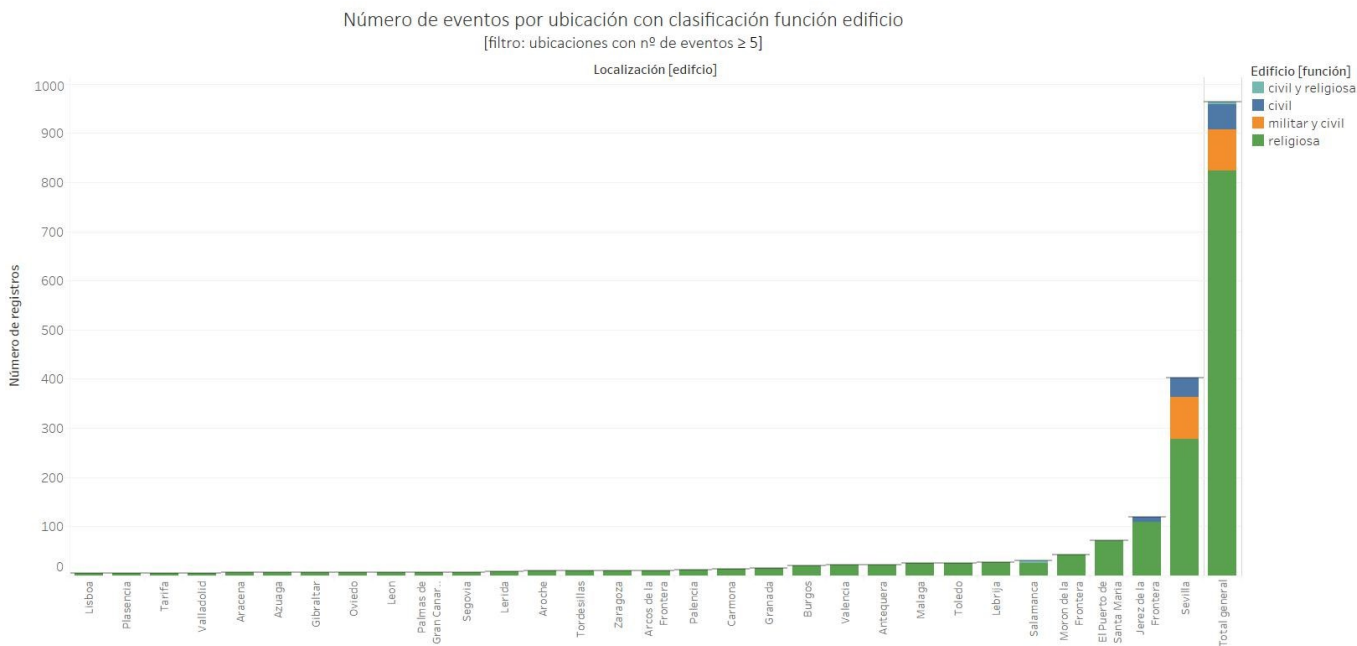


Fig. II. 38 Gráfico de número de eventos *versus* ubicación asociado a los datos de tipología de edificios (considerando solo ubicaciones con número de eventos ≥ 5). Elaboración propia.

Una cuarta aproximación que podemos cuantificar es la relación de la clasificación según la función del edificio, su ubicación y el número de registros de eventos de la BD. Como podemos observar en la Fig. II. 39, en términos de cuantificación total de eventos, predominan los registros de edificio con función religiosa, seguidos por los de función militar y civil. Se comparamos ese resultado con lo que hemos obtenido

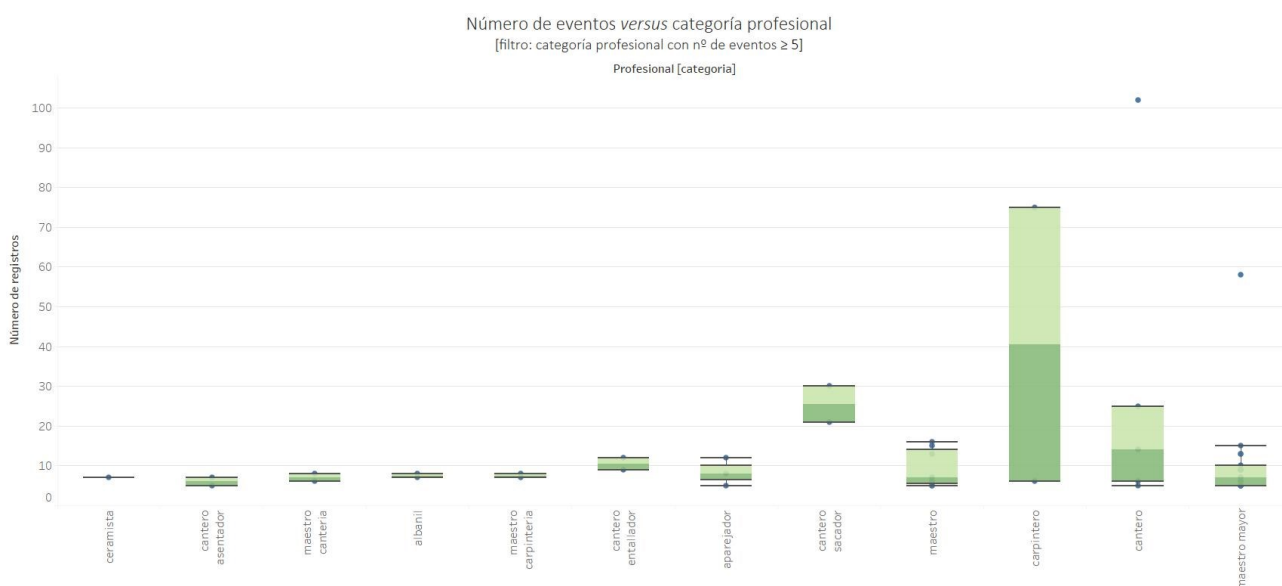
Fig. II. 39 Gráfico de número de eventos *versus* ubicación asociado a los datos de función de edificio (considerando solo ubicaciones con número de eventos ≥ 5). Elaboración propia.



en la Fig. II. 34 (Gráfico que enseña la cuantificación de los objetos asociados a arquitectura y estructura según la función del edificio) observamos que a pesar del numero de registros de eventos relacionado con edificio de función “militar y civil” es mayor, la diversidad de objetos registrados es menor si comprado con los edificios de función “civil”.

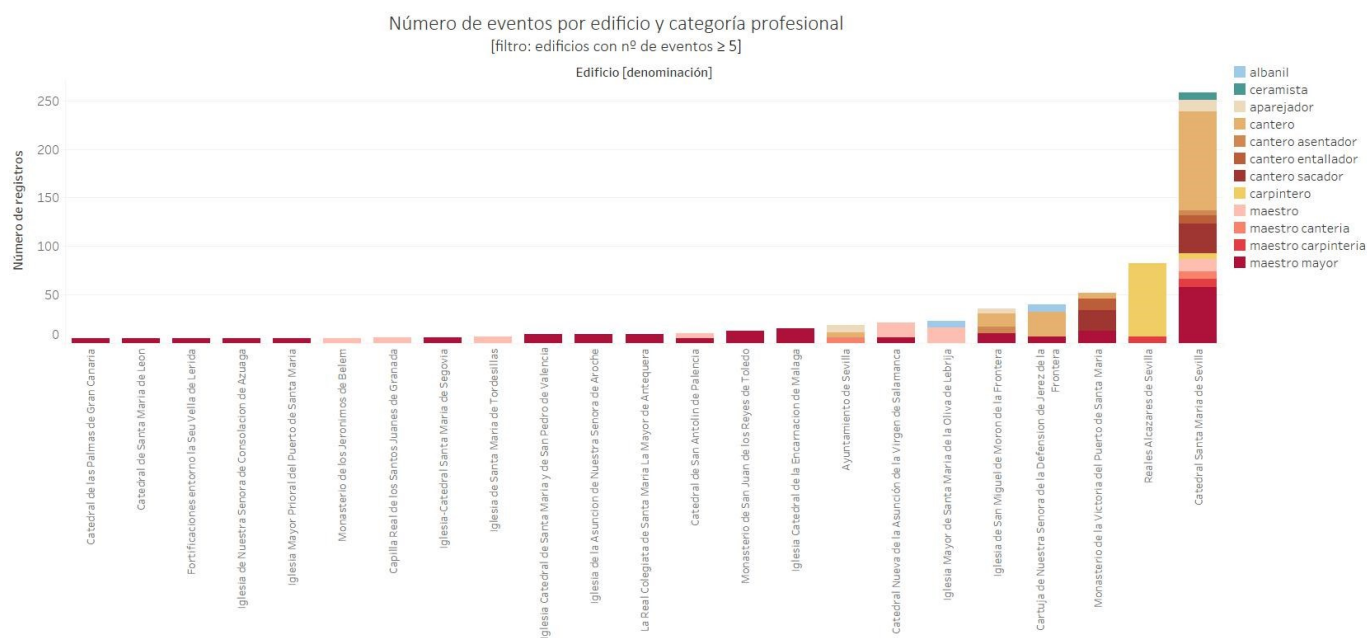
Otro análisis interesante son los relacionados con la categoría profesional y los eventos. En una primera aproximación podemos averiguar mediante un diagrama de caja (diagrama de caja y bigotes) el número de eventos *versus* la categoría profesional (que en este caso lo hemos limitado desde valor 5 hasta el número máximo). Este diagrama nos proporciona una visión general cuanto a la simetría de la distribución de los datos de categoría profesional como también la visualización de los valores atípicos (llamados *outliners*). Cada caja tiene tres cuartiles (Q1 y Q3) y una mediana (Q2). Los bigotes, las líneas que pasan de la caja, alcanzan el 1,5 veces el rango de entre los cuartiles. Los puntos que están fuera de la caja y del bigote son los atípicamente altos o bajos y representarán los limites superiores e inferiores. En el caso de la categoría profesional solo verificamos valores atípicos en la categoría de maestro mayor y cantero (Fig. II. 40), que pertenecen a los registros asociados a la Catedral Santa María de Sevilla. Observase en este diagrama bastante simetría cuanto, a los datos, con excepción de las categorías de maestro y aparejador.

Fig. II. 40 Diagrama de caja de la “categorías de profesional” (considerando solo categorías con número de eventos ≥ 5). Elaboración propia.

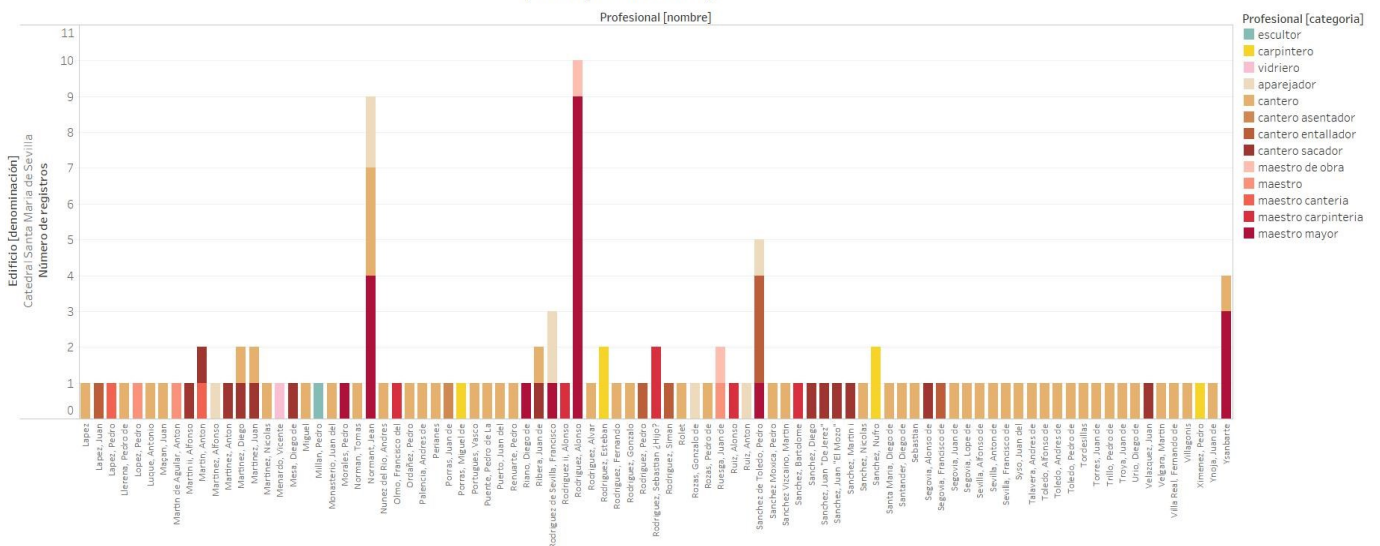
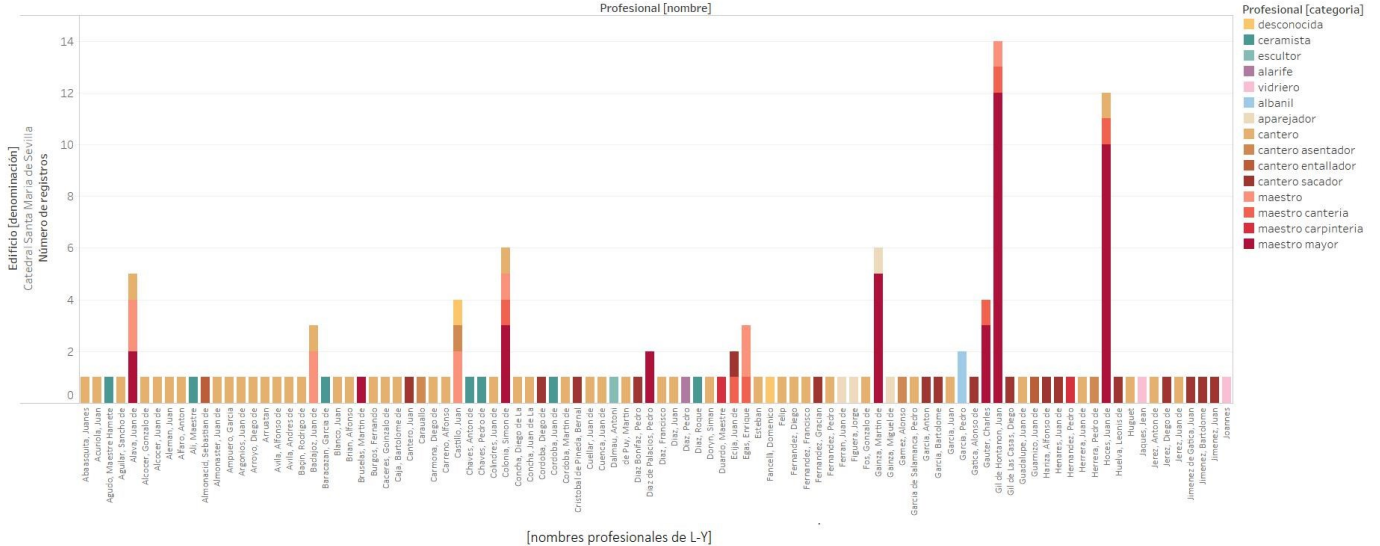


Continuando a analizar los datos de “categoría profesional” otro análisis cuantitativo realizado fue asociando este dato a la cantidad de eventos registrado por edificio, de manera a percibir las categorías que más han sido registradas en cada edificio (Fig. II. 41). Para percibir las diversas categorías que los profesionales han tenido al ejecutar las diferentes actividades en un edificio podemos combinar el número de registro de un determinado edificio con el nombre de los profesionales asociado a su categoría. Como ejemplo de este análisis hemos elegido la Catedral Santa María de Sevilla, una vez que esta reúne la mayor parte de los eventos de nuestra Base de Datos. Entre los profesionales con más de 5 eventos en la Catedral de Sevilla están: Juan Gil de Hontañón (14), Juan de Hoces (12), Alonso Rodríguez (10), Jean Normant (9), Martín de Gainza (6), Simón de Colonia (6), Pedro Sánchez de Toledo (5) y Juan de Álava (5) (Figs. II. 42).

Fig. II. 41 Gráfico de número de eventos *versus* edificio asociado a los datos de categoría profesional (considerando solo edificios con número de eventos ≥ 5). Elaboración propia.



Número de eventos en la Catedral Santa María de Sevilla *versus* profesional
[nombres profesionales de A-J]



Figs. II. 42 Gráficos del número de eventos de la Catedral Santa María de Sevilla *versus* profesionales asociado a categoría profesional. Elaboración propia.

Cuanto al análisis cronológico, pese a las lagunas que todavía están presentes en la base de datos, es posible simular diferentes casos sean estos relacionados a eventos, profesionales, edificio u objetos. La mayor laguna en cronología en la tabla de eventos es en el campo “fecha de fin”. En este sentido hemos realizado dos aproximaciones utilizando los datos cronológicos de la “fecha de inicio” el primer analizando los registros de los eventos para averiguar en cual tramo la

BD ha recogido un mayor número de registros y un segundo analizando la producción del objeto “capilla” a lo largo del tiempo.

En el primer caso (Fig. II. 43), observamos que el número de registros de eventos se concentran en las primeras tres décadas del siglo XVI. En el segundo, con relación al objeto “capilla” (88 registros en eventos de los cuales 12 no se conoce la fecha de inicio) observamos un mayor número en las primeras dos décadas del XVI (Fig. II. 44), teniendo el año de 1513 nueve registros (con la fecha de inicio documentada). Estos corresponden mayoritariamente a eventos en la Catedral de Sevilla (7).

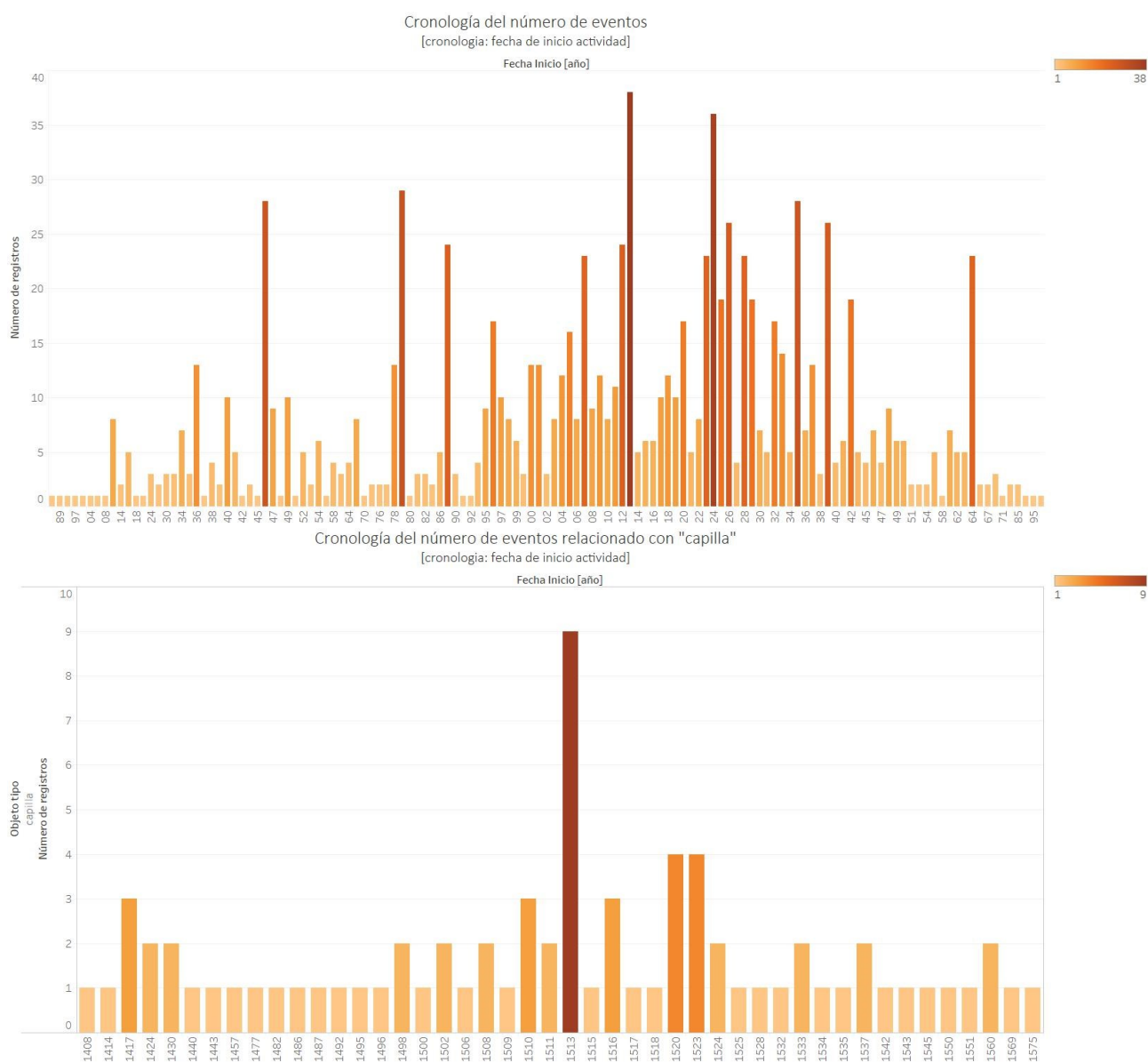


Fig. II. 45 Gráfico cronología [fecha inicio actividad] de los eventos relacionados con el objeto “capilla”. Elaboración propia.

3.2 Análisis y Visualización mediante modelo SIG

Una vez creado el modelo SIG (IDE histórica e inserción de la BD en un entorno SIG), procedemos al análisis y visualización de los datos. En determinados análisis hemos procedido a realizar filtrados y/o consultas para que solo los datos necesarios fuesen utilizados. Las herramientas que utilizamos permiten el filtrado de la información según los criterios que elijamos, sean estos temáticos o de aproximaciones a diferentes escalas.

3.2.1 Análisis redes de caminos y eventos de la producción arquitectónica

A través de las herramientas de análisis espacial realizamos el estudio de las densidades de los itinerarios Villuga⁹¹ para verificar qué áreas son más densas (los tramos en que coinciden una mayor cantidad de itinerarios). Este análisis podría indicar el grado de importancia de ciertos tramos de itinerarios, como bien ha afirmado Uriol Salcedo⁹². Para ello hemos aplicado el cálculo de densidad kernel⁹³. La densidad kernel calculará la densidad de los itinerarios especificando una vecindad alrededor de cada celda⁹⁴. El resultado de este cálculo en un entorno SIG es una capa ráster.

Podemos ver, por ejemplo, que la mayor densidad de los itinerarios de Villuga se concentra en el área central de la Península en torno a la capital de Toledo, seguida por el área de Valencia, luego por la región entre Valladolid y Medina del Campo, por Burgos y Zaragoza con densidades muy cercanas y, finalmente, la región alrededor de Barcelona. Además de estos grandes focos, el análisis de densidad también nos proporciona la hipótesis de que las ciudades de Toledo, Valencia, Valladolid, Burgos, Zaragoza y Barcelona podrían haber tenido

⁹¹ Villuga, J. (1543); Villuga, J. (1950) [1543].

⁹² Uriol Salcedo, J. I. (1985).

⁹³ Este tipo de cálculo es ampliamente empleado para estudios de entorno urbano, demografía, criminología, entre otros. Para ver detalles de su aplicación aplicado a entorno urbano y redes de caminos consultar Timothée, P. *et al.* (2010)

⁹⁴ A diferencia del cálculo de densidad de punto que veremos más adelante (apartado .2.2), la densidad de kernel expande las superficies resultantes de la densidad de línea que se basa en una fórmula cuadrada con el valor más alto a lo largo de las líneas y disminuyen hasta cero a medida que se va distanciando.

un flujo mayor entre ellas (Fig. II. 45). Este análisis yuxtapuesto con la capa de núcleos categorizados por Villuga muestra una mayor concentración de núcleos "capitales" y "ciudades importantes" en el eje Toledo-Zaragoza, seguido por el área central, entre Toledo, Madrid, Valladolid y Salamanca. En un análisis con aproximación a escala más peninsular, se verifica el eje Lisboa-Barcelona (pasando por Évora, Cáceres, Toledo y Valencia) y el eje Lisboa-Salamanca (pasando también por Évora y Cáceres)⁹⁵. Estos análisis podrían indicar que estas conexiones tenían una mayor importancia durante el siglo XVI.

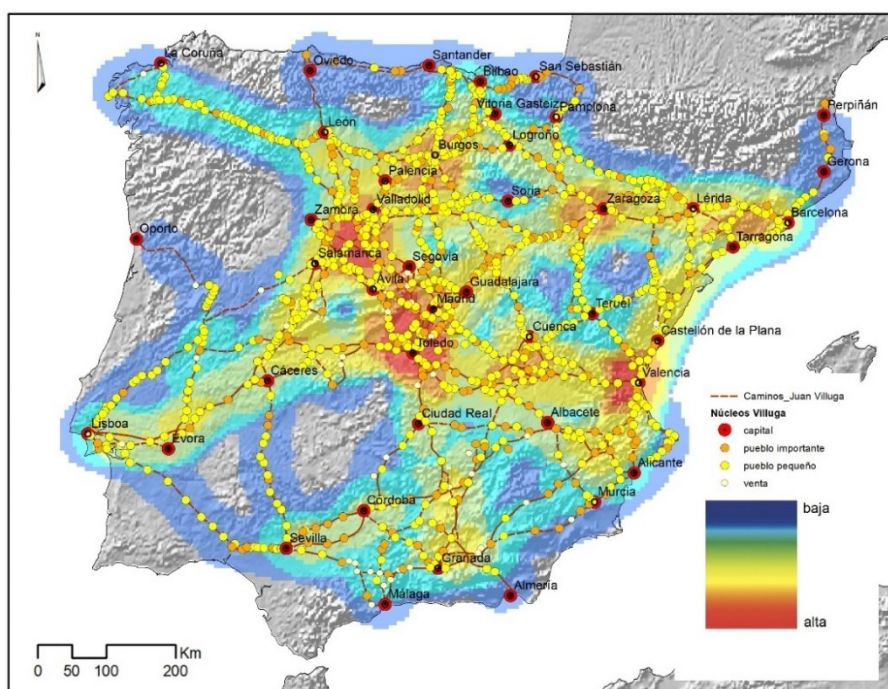


Fig. II. 46 Mapa del cálculo de densidad lineal de los itinerarios de Villuga y su yuxtaposición con la capa de los núcleos según la clasificación de Villuga. [Tamaño de celda de salida (3000), Unidad de área: metro cuadrado]. Elaboración propia.

Como se mencionado anteriormente, la posibilidad de reutilización de la IDE histórica es una de las principales ventajas ofrecidas por el SIG. Si visualizamos la capa de caminos de Villuga del siglo XVI yuxtapuesta con la capa de las calzadas romanas⁹⁶, podemos percibir algunas diferencias, semejanzas y complementariedad de la información.

⁹⁵ Estudios anteriores han también apuntado la importancia de esos ejes, ver Silva, J. C. V. da. (1989) y Chaunu, P. (1983).

⁹⁶ La capa de las calzadas romanas que utilizamos en esta visualización es resultado del proyecto "Digital Atlas of Roman and Medieval Civilization" desarrollado por la Universidad de Harvard. Para más detalle consultar McCormick, M. et al. (2018).

Mientras que la densidad de las carreteras en la cartografía de Villuga está ubicada en el área central de la Península - Toledo, Valladolid, Madrid, Salamanca - enfatizando su importancia económica y demográfica, las vías romanas se distribuyen con mayor intensidad entre el sur y el suroeste⁹⁷. Estudios anteriores realizados sobre la cartografía de Villuga ya observaron una presencia escasa de caminos en el sur de la península⁹⁸. Con la yuxtaposición de ambas capas podemos observar la coincidencia con las principales carreteras romanas: Vía del Norte, Vía Augusta y Vía de la Plata (Fig. II. 46, Fig. II. 48). Con el objetivo de visualizar los caminos y los eventos relacionados con la producción arquitectónica del gótico tardío en la Península Ibérica, podemos realizar el cálculo de la densidad de los eventos⁹⁹ y yuxtaponerlo con las capas de los caminos de Villuga y las calzadas romanas (Fig. II. 46). Observamos que, a diferencia del análisis de densidad anteriormente realizado, la producción arquitectónica señala

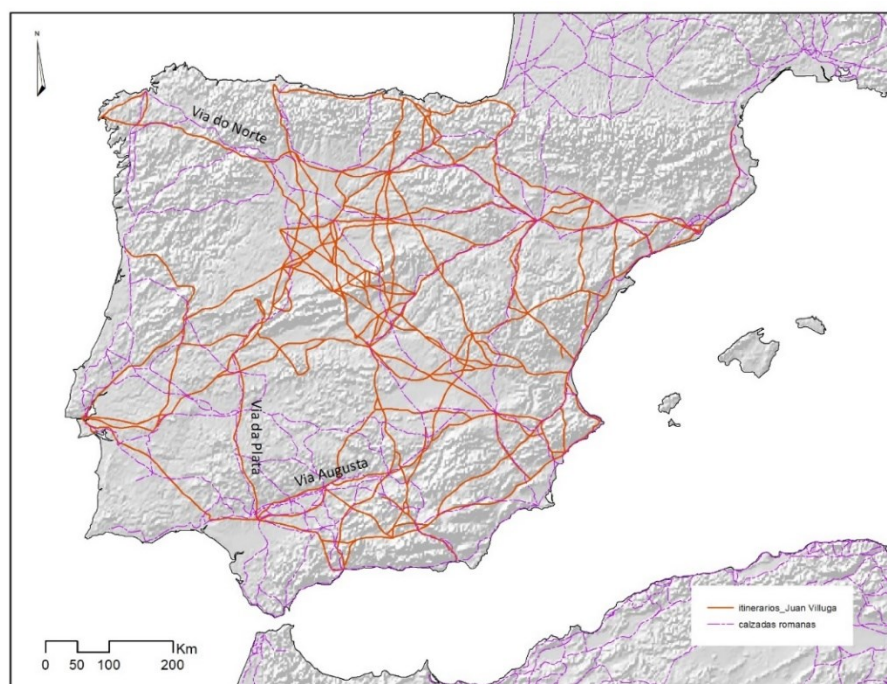


Fig. II. 47 Visualización de la yuxtaposición de la capa de los caminos de Villuga con las calzadas romanas en la Península Ibérica. Elaboración propia.

⁹⁷ Para ver en profundidad la cuestión de la conectividad de las vías romanas consultar Carreras, C. y Soto, Pau de (2013)

⁹⁸ Uriol Salcedo, J. I. (1985)

⁹⁹ En esta aproximación de escala peninsular, es muy difícil de apreciar los eventos solamente por su ubicación, por eso lanzamos mano de análisis geoestadísticos para mejor apreciación de los datos. El cálculo de densidad de punto calcula la cantidad de puntos que coinciden en una misma área, se suman y luego dividen por el tamaño del área para así obtener el valor de densidad por celda. Para ello si define un radio de búsqueda.

su mayor concentración al sur de la Península, que reflejan nuestro caso de estudio con la concentración mayor en el antiguo reino de Sevilla (Fig. II. 47). Observamos también que las redes de comunicación que alimentan el Sur son las heredadas de las calzadas romanas, a diferencia de la región centro-norte peninsular (Fig. II. 48).

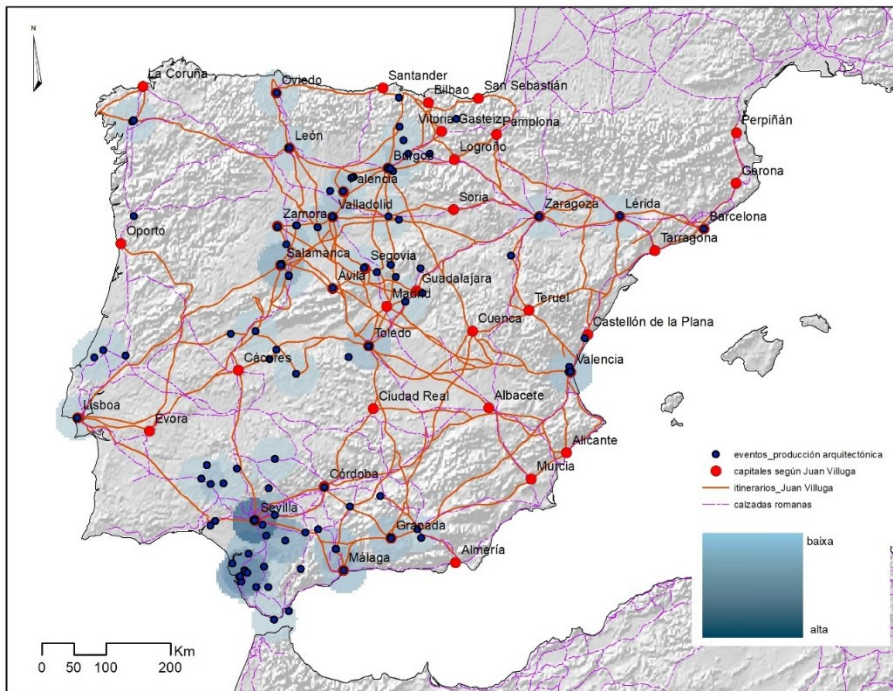


Fig. II. 48 Análisis de densidad de los eventos relacionados con la producción arquitectónica del tardogótico y la yuxtaposición de las capas de los caminos de Villuga y calzadas romanas. [Tamaño de celda de salida (4000), Unidad de área: metro cuadrado]. Elaboración propia.

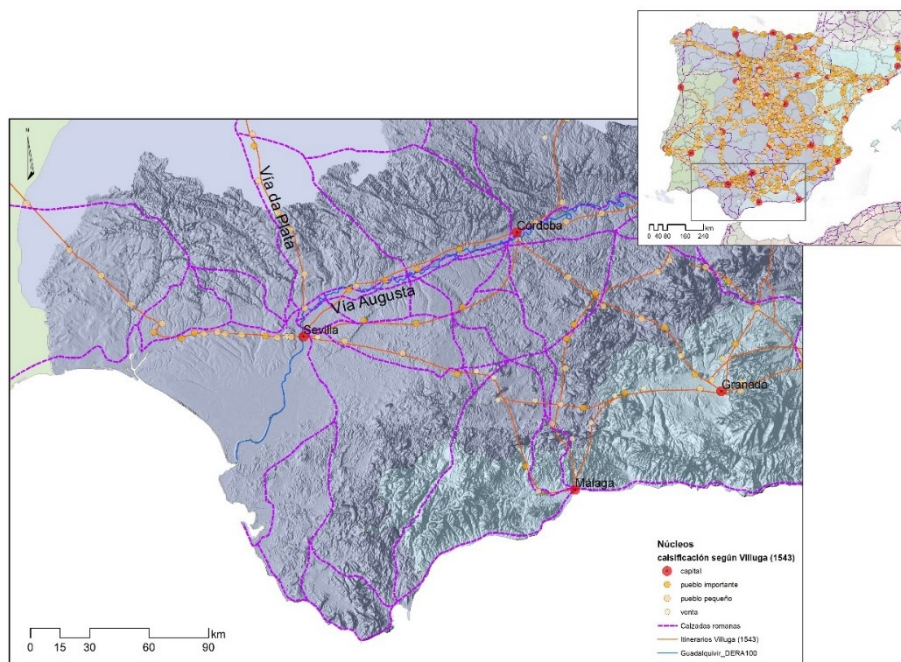


Fig. II. 49 Visualización de la yuxtaposición de la capa de los caminos de Villuga con las calzadas romanas, aproximación al territorio sur peninsular. Elaboración propia.

A la escala del antiguo reino de Sevilla, podemos calcular la densidad del número de edificios por municipio y cuantificar la distribución de eventos por municipio (Fig. II. 48), de este modo visualizamos así la concentración de la producción tardogótica en el territorio. Como observamos, la presencia de edificios predomina en Jerez de la Frontera, Sanlúcar de Barrameda, Sevilla y Antequera. Mientras que el número de eventos relacionados con la producción arquitectónica tardogótica registrados en nuestra BD es mayor en Sevilla.

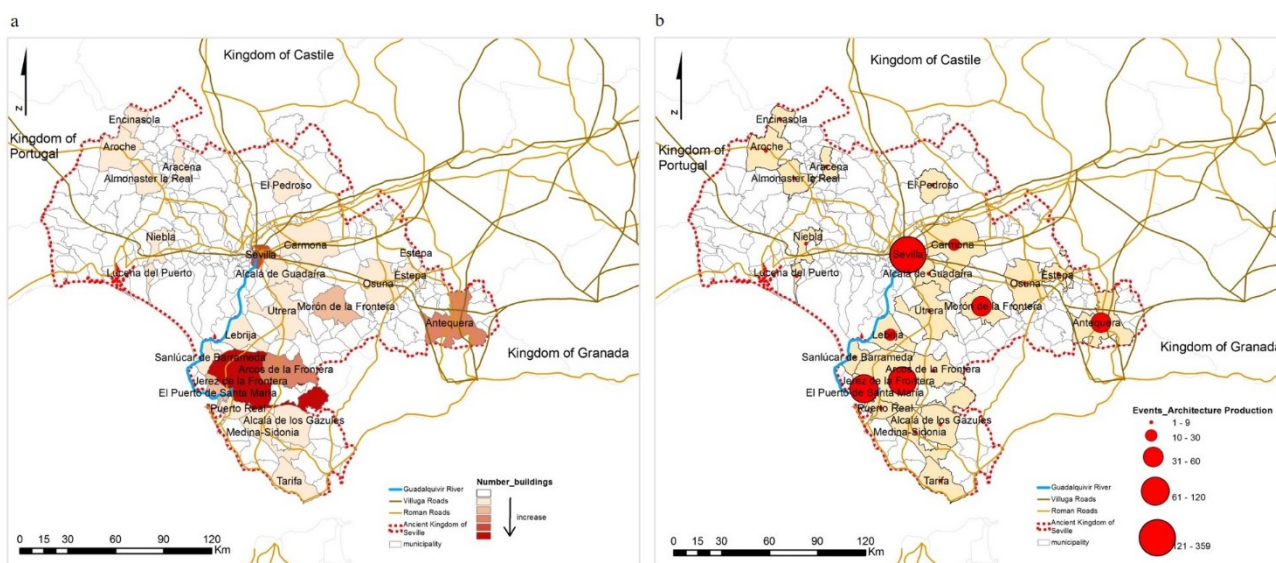
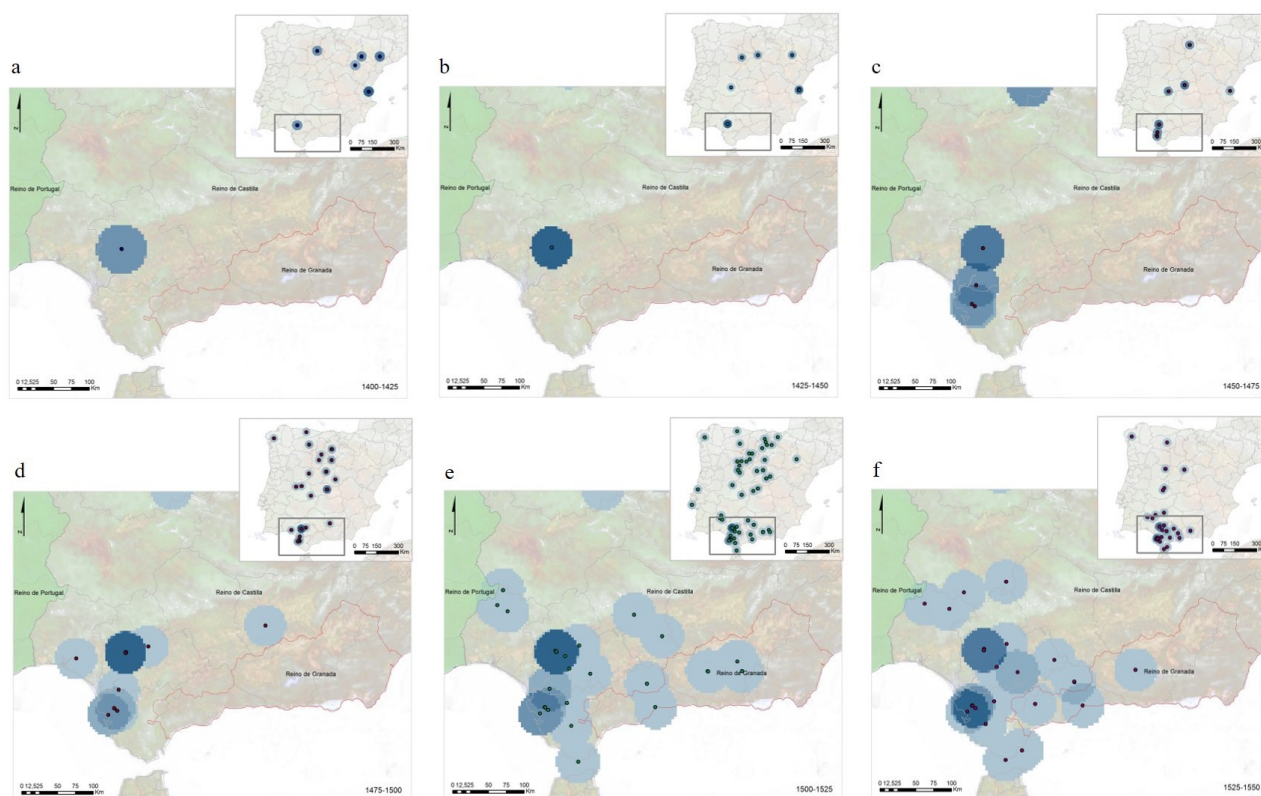


Fig. II. 50 Análisis de densidad de los edificios(a) y número de eventos (b) por municipio. Fuente: Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F., (2018a), figura 5.

Si incorporamos el dato temporal a los análisis de densidad podemos visualizar como la concentración de las actividades fueron cambiando a lo largo del tiempo. Para ello, hemos adoptado un intervalo de tiempo de un cuarto de siglo (Fig. II. 50). Este conjunto de análisis revela el aumento de actividades entre los años de 1500 y 1550 y una mayor concentración en el sur de Andalucía, particularmente en la provincia de Cádiz. Tal hecho podría ser explicado por la entrada de capital a partir del descubrimiento de América en el sur peninsular y la conquista del Reino de Granada por Castilla, lo que implicaba una estabilización de territorios que antes eran fronteras.



3.2.2 Análisis de distribución direccional

Después de verificar mediante el modelo de Grafo los principales profesionales (a través del análisis de centralidad de grado¹⁰⁰), recuperamos las actividades que esos profesionales han realizado filtrando en distintas capas, cada una representando cada profesional. A partir de estos datos calculamos a distribución direccional de las actividades para cada profesional mediante la interpolación de un polígono elíptico basado en ejes estándar de distribuciones de puntos en ArcGIS¹⁰¹. Cada elipse sintetiza a tendencia central y a orientación espacial de los registros de cada profesional. Cuando visualizamos los resultados de este análisis verificamos las diferencias y similitudes de la producción de los profesionales con relación a su dispersión territorial.

¹⁰⁰ Ver detalles de este análisis en el apartado 3.3.

¹⁰¹ Wang et al., 2015

Lo que podemos ver es que a pesar de que algunos de los profesionales hayan realizado bastantes actividades, muchas de ellas se concentran en una región más limitada como es el caso de Diego de Riaño y Juan de Hoces, mientras que otros profesionales han actuado en áreas más amplias, como es el caso de Alonso Rodríguez, Juan Gil de Hontañón, Simón de Colonia y Enrique Egas y Juan de Álava (Fig. II. 51).

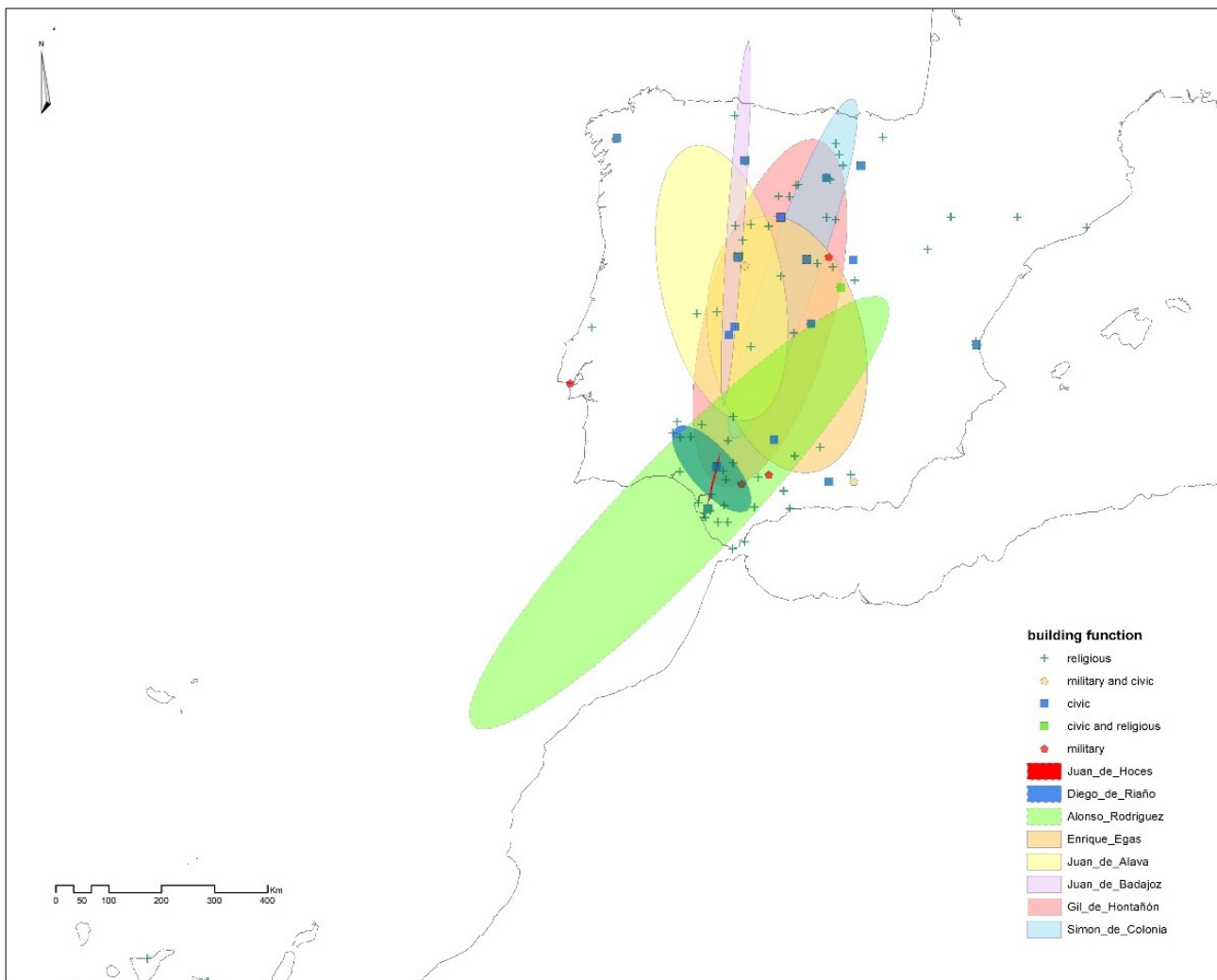


Fig. II. 52 La interpolación mediante un polígono elíptico basado en ejes estándar de distribuciones de las actividades de los profesionales potenciales de importancia en ArcGIS. Fuente: A partir de Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a), figura 7.

3.2.3 Análisis de ruta de menor coste

Uno de los análisis espaciales que podría elucidar los problemas en relación al transporte de materiales y flujos de profesionales son los modelos predictivos para el cálculo de rutas de menor coste, que

consideran otros factores más complejos que al espacio euclidiano, como las pendientes, límites o fronteras¹⁰². De esta forma, podremos calcular y observar cuales caminos eran menos costosos de la Península. Diferentes factores podrían intervenir en este análisis: pendientes, barreras, vegetación, clima, estaciones. Además de los factores de naturaleza sociológica como la presencia de enemigos, factores intrínsecos al propio cuerpo humano o creencias que pueden influir en la toma de decisión de una vía u otra¹⁰³. Según Bermúdez y Fairén¹⁰⁴ la topografía podría ser uno de los principales factores para el cálculo de la ruta óptima, siendo ese el criterio principal que se adoptó para nuestro estudio. Para ello hemos utilizado como datos de base el Modelo Digital del Terreno (MDT) del Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)¹⁰⁵. A continuación, tres ejemplos de esta aplicación son demostrados.

Ruta menor coste Sevilla-Córdoba.

Primero una superficie de coste fue calculada considerando las pendientes como principal factor¹⁰⁶. Posteriormente se ha calculado una superficie de coste acumulativo a partir del punto de inicio de la trayectoria. Finalmente, el camino de menor coste entre los puntos de inicio y fin del recorrido es calculado, resultando en un trazado que indica el camino más "fácil" de ser recorrido. Cuando realizamos ese cálculo para evaluar la ruta entre las ciudades de Sevilla y Córdoba, observamos una mayor coincidencia de la ruta ideal calculada con el itinerario 14 de Villuga (Barcelona - Cuevas de Sevilla, monasterio de Cartujos) y no con el itinerario 73 (León- Sevilla). Este resultado podría justificar también la existencia de ciudades más importantes en el itinerario 14 que en el 73 debido a la facilidad de tránsito en el recorrido al mismo tiempo que esas mismas ciudades servirían también como puntos de parada para aprovisionamiento (Fig. II. 52).

¹⁰² Murrieta-Flores, P. (2012).

¹⁰³ Murrieta-Flores, P., Donaldson, C. E. y Gregory, I. N. (2017); Verhagen, P. et al. (2013).

¹⁰⁴ Bermúdez Sánchez, J. (2004); Jiménez, S. F. (2004).

¹⁰⁵ El uso de los datos del DERA supone que los resultados son aproximados, ya que la MDT corresponde a datos actuales del terreno y, por lo tanto, de distinta cronología.

¹⁰⁶ Herzog, I. (2013).

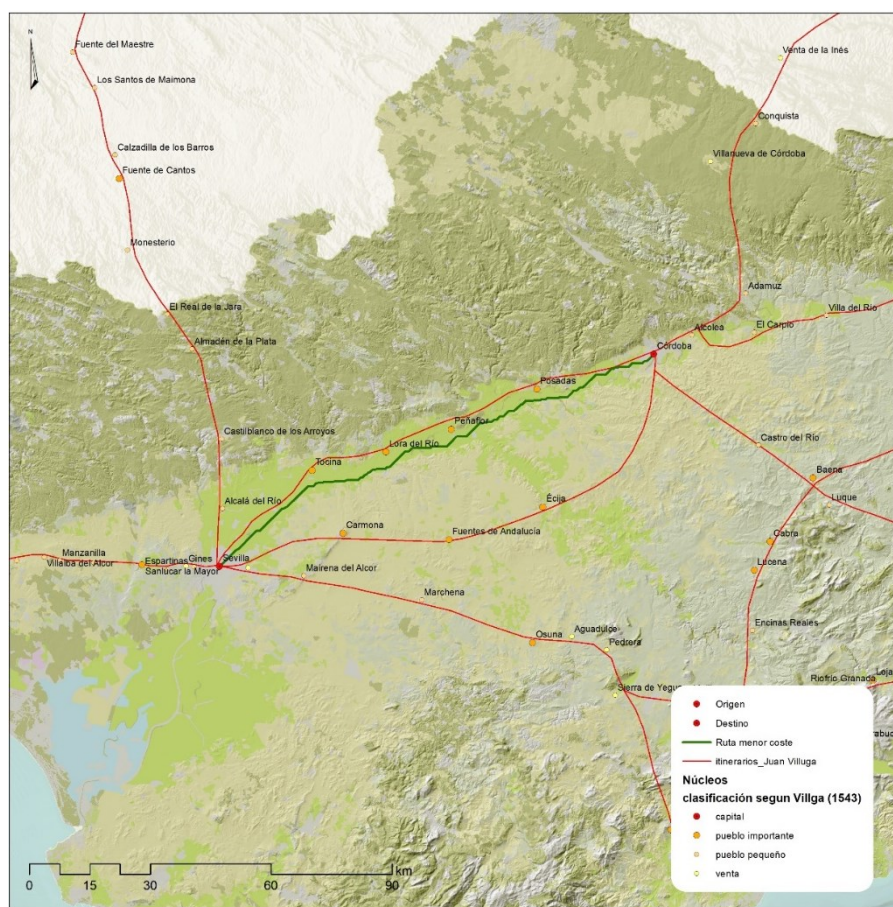


Fig. II. 53 Vea en esta imagen los itinerarios 14 y 73 destacados en azul (Barcelona – Cuevas de Sevilla y León-Sevilla, respectivamente) y el camino de menor costo en verde. Elaboración propia.

Simulación de Modelo actividades Diego de Riaño. Ruta menor coste Sevilla- Morón.

Aplicando este mismo método para calcular rutas de bajo coste juntamente con un conjunto de datos de eventos que presenten lagunas cronológicas o de atribución podemos simular diferentes hipótesis para evaluar la más probable. Por ejemplo, analizando las actuaciones de Diego de Riaño en la BD, observamos que entre los años 1528 a 1534 está dirigiendo las obras de la Catedral de Sevilla, mientras también ejecuta actividades en la Iglesia de San Miguel de Morón. Mediante el modelo GIS generamos hipótesis del posible camino utilizado por Riaño. En una primera hipótesis, calculando la ruta de menor coste entre la Catedral de Sevilla y la Iglesia de San Miguel el resultado es un camino de aproximadamente 60 km lo que nos indica

un tiempo de viaje de dos días, 30km por día¹⁰⁷. Por lo tanto, debería hacer una parada en el medio del trayecto. Sin embargo, si observamos sus actividades, veremos que por fechas cercanas (sin precisión) es posible que estuviera realizando actividades en la Iglesia Parroquial de Santiago El Mayor de Utrera¹⁰⁸ que se encuentra prácticamente en el punto medio entre Sevilla y Morón, lo que nos apunta otra dirección de cálculo para la ruta de menor coste, desde la Catedral de Sevilla hasta Utrera, y desde Utrera a San Miguel (Fig. II. 53). Como podemos percibir en este caso, pese a que la ruta de menor coste nos haya ofrecido una determinada ruta, eso contrastado con los datos históricos y el empleo de la herramienta nos llevan a creer más en la segunda hipótesis.

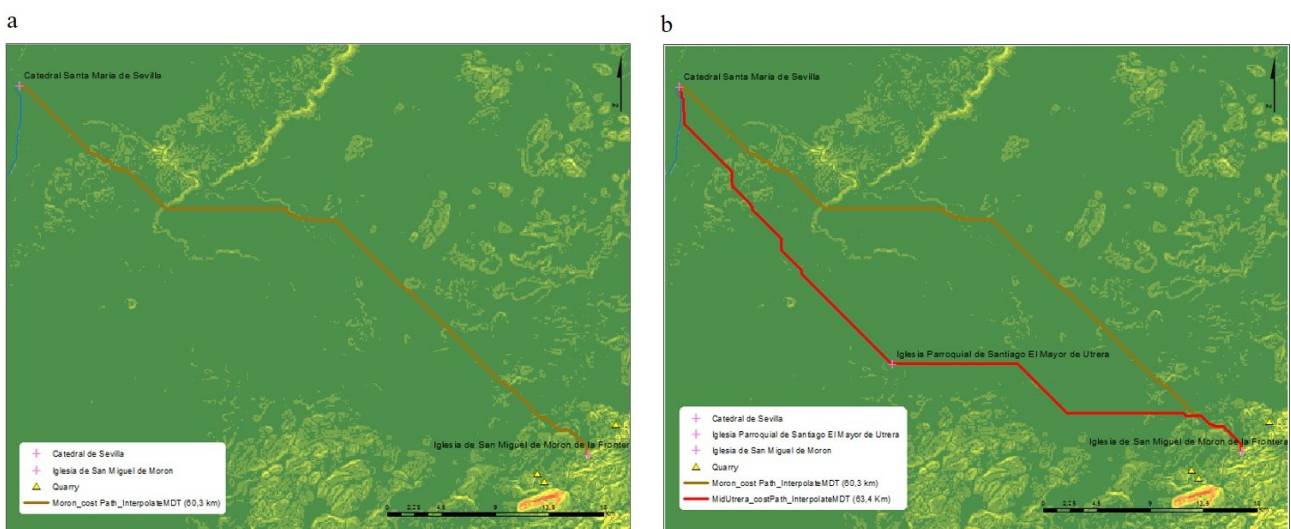


Fig. II. 54 Hipótesis del posible camino utilizado por Diego de Riaño cuando dirigía las obras de la Catedral de Sevilla y de la Iglesia de Morón de la Frontera. Cálculo llevando en consideración la pendiente generada a partir del Modelo Digital de Terreno y la visualización de su perfil mediante la interpolación de forma a través de ArcGIS. (a) Hipótesis 01: Ruta de menor coste desde la Catedral de Sevilla hasta la Iglesia de San Miguel de Morón. (b) Hipótesis 02: Ruta de menor coste desde la Catedral, pasando por la Iglesia de Santiago de Utrera hasta la Iglesia de San Miguel de Morón. Fuente: Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a), figura 9.

¹⁰⁷ La estimación de distancia recorrida por un individuo por día sería de 30 km, ver Uriol Salcedo, J. I. (1990)

¹⁰⁸ Ruiz de las Casas, J. (1527)

Simulación multicriterio para cálculo de ruta menor coste Sevilla-Lisboa. Actividades de Juan de Castillo.¹⁰⁹

En esta simulación nos centramos en otro eje – Sevilla-Lisboa – para analizar actividades de la producción del tardogótico entre esos dos importantes núcleos. A esta escala encontramos muchas dificultades en el plano de la documentación, que hasta ahora no han podido ser totalmente solucionadas¹¹⁰. En este sentido, primeramente, vamos a intentar definir las conexiones más probables entre estos dos importantes núcleos de producción, pues presentan características que los tornan bastantes similares a mediados del s. XVI. Posteriormente, a modo de ejemplo, nos centraremos en un maestro concreto: Juan del Castillo (João de Castilho).

Lo que podemos comprobar con los datos en el modelo SIG es que curiosamente los “núcleos” categorizados por Villuga como Capital, Pueblo importante y Pueblo pequeño¹¹¹ se distribuyen a lo largo del camino entre Sevilla y Lisboa con una distancia entre ellos de 25 a 35 km, lo que corresponde aproximadamente al tiempo de viaje de una jornada. Estos lugares reseñados son factores determinantes para el viaje una vez que son puntos de descanso, aprovisionamiento y al mismo tiempo de posibles “escalas” de trabajo o de contactos. Estos datos nos ayudarían a estimar el tiempo de viaje, y nos proporciona la información de un viaje por tierra que llevaría entre 12 a 15 días de viaje. Si mediante la herramienta calculamos la ruta de menor coste¹¹² observamos que esta coincide con el trazado del tramo del camino de Villuga que conecta Sevilla hasta Paymogo, diferenciando una ruta

¹⁰⁹ Este apartado hace parte de la publicación Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018b, *en prensa*)

¹¹⁰ Entre las lagunas de documentación faltan las fechas de muchas actividades/obras realizadas. Por ejemplo, no sabemos hasta ahora con precisión las obras realizadas por Diego de Riaño durante su estancia en el territorio portugués, ni los detalles de las actividades de Castillo por Andalucía o Extremadura. También carecemos de datos espaciales de calidad en el terreno portugués, para que podamos incluir mayores números de variables aparte de las pendientes y marismas.

¹¹¹ Villuga, J. (1543); Villuga, J. (1950) [1543].

¹¹² Para este ejemplo en concreto hemos considerado dos variables, las pendientes y las marismas (análisis multicriterio). Es decir, la ruta de menor coste pasaría por donde la pendiente es más favorable y a la vez por áreas donde no existen marismas que suelen estar inundadas durante buena parte del año.

alternativa que se diferencia de ésta un máximo de 20 km hacia el sur entre Paymogo y Lisboa. Si consideramos la existencia de los núcleos y caminos marcados por Villuga, y calculamos su densidad, y superponemos a esas informaciones los edificios o parte de ellos que han sido construidos en ese periodo cronológico veremos que algunos no se encuentran próximos de los caminos de Villuga, pero sí relacionados con las calzadas romanas o con las rutas fluviales, como es el caso de la producción del sur y noroeste del antiguo reino de Sevilla.

Además de esta variante de Paymogo, existiría otro camino alternativo por Badajoz. Es decir, habría dos opciones de caminos más probables por tierra: 1) Desde Lisboa pasando por Montemor, Évora, Estremoz hasta alcanzar Badajoz¹¹³ para después seguir hacia Mérida (tramo que no aparece en Villuga) y bajar a Sevilla, lo que supone un viaje de cerca de 440 km – aproximadamente 15 días de viaje; 2) Desde Lisboa pasando por Torrão, Serpa dirigiéndose a Paymogo – Niebla¹¹⁴ – Espartinas, hasta Sevilla, un camino con 350 km – aproximadamente 12 días de viaje (Fig. II. 54).

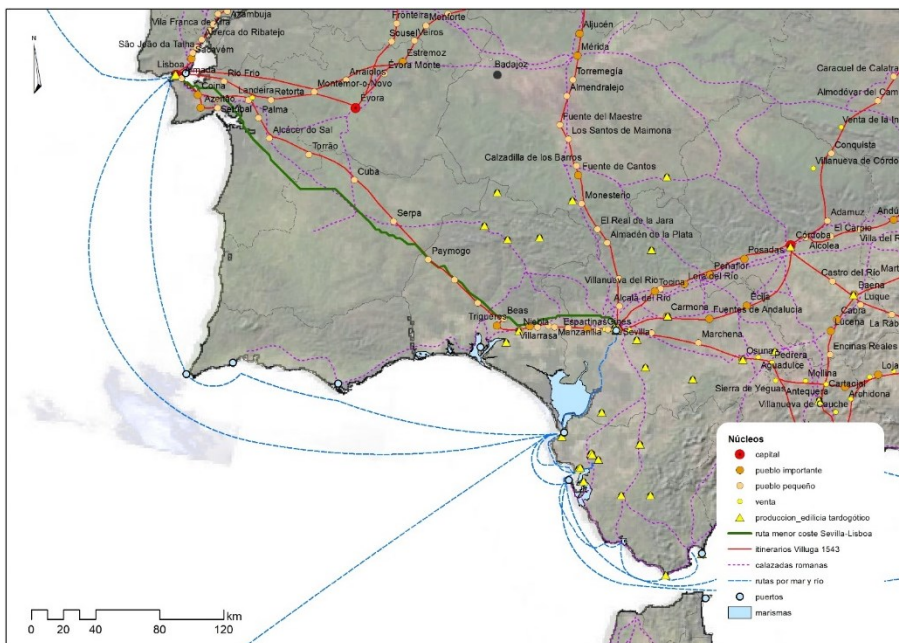


Fig. II. 55 Análisis da ruta de menor coste entre Sevilla y Lisboa considerando como criterios influyentes la topografía y las marismas. Elaboración propia.

¹¹³ El trayecto Lisboa – Badajoz por ese mismo recorrido fue realizado por el rey don Sebastián de Portugal en 1576 y duró 7 días de viaje (Uriol Salcedo, 2001: 203).

¹¹⁴ La bóveda central de la iglesia parroquial de Santa María de Niebla presenta un diseño muy próximo al de la Capilla de la Antigua de la Catedral de Sevilla, mientras esta ciudad asume un papel muy importante en la gestión del territorio, como es el caso de esta ciudad en el camino hacia Portugal (Infante Limón, 2016).

Una tercera opción, bastante menos probable en el caso de los viajes de maestros (más probable en el caso del transporte de materiales y mercancías) sería el viaje por río o mar. A esta aproximación, debemos añadir la complejidad y las dinámicas de la navegación a través del río y mar que se dibujaban entre Sevilla y Portugal y entre Sevilla y el Atlántico Sur, que no se restringen solo a su prolongación hasta Cádiz, sino que va más allá - hasta el Cabo de San Vicente, Canarias e islas cercanas y Gibraltar¹¹⁵. Como bien relata Chaunu, desde Sevilla – hasta Sanlúcar o Cádiz – con una distancia fluvial de aproximadamente 90km, no se trataba un recorrido de fácil travesía, sino todo lo contrario, pues en ese trayecto se superponen una serie de variables físico-geográficas, pero también de infraestructura, economía y técnicas que van a interferir en su navegabilidad, principalmente para los navíos con cargamento. El puerto de Sevilla en realidad no está ubicado únicamente en el área cercana a la Torre del Oro, sino que se extiende a lo largo de Guadalquivir con “múltiples puertos”¹¹⁶. De todo ese recorrido nos interesa principalmente tener en cuenta que, en relación con el transporte de personas, diariamente “parte una barca de Sevilla en dirección a Sanlúcar, mientras otra llega, procedente del antepuerto”¹¹⁷. Lo que nos parece todavía difícil de precisar, y de incluso estimar, es el tiempo que podría llevar la comunicación vía marítima desde Sevilla hasta Lisboa. Sabemos que, desde Cádiz o Sanlúcar, las rutas de ida iban por el sudoeste para “tomar cuanto antes los alisios” tomando la retaguarda en Lagos para luego alcanzar San Vicente. A la vuelta, la ruta pasaba por Faro hasta alcanzar el Puerto de Santa María. Con la consulta de datos de viajes por mar similares y coetáneos¹¹⁸ podemos llegar a estimar entre 7 y 10 días el tiempo ocupado en ir de Sevilla hasta Lisboa (viaje con carga ligera).

¹¹⁵ En este marco marítimo se observa un importante flujo de la actividad de cabotaje, principalmente entre las costas onubenses y gaditana, y las tierras portuguesas del Algarve y Alentejo. Esas dos últimas están relacionadas principalmente con el comercio del trigo desde finales del s. XIII, la importación desde tierras sevillanas, potenciadas en el s. XV (Collantes de Terán Sánchez 2008).

¹¹⁶ Chaunu, P. 1983: 31

¹¹⁷ Chaunu, P. 1983: 34

¹¹⁸ Hemos podido hasta ahora recopilar algunos datos para esta aproximación pero que en el caso de análisis de viajeros (y no de navíos con cargamento) nos deja una laguna de datos temporales importante. Sabemos que desde Sevilla hasta las Canarias (aprox. 1300km) en

Si proseguimos analizando las conexiones territoriales en conjunto con al tránsito de los maestros del tardogótico podremos observar los probables caminos que han realizado como factor a considerar en relación con las influencias de las obras que han podido ser conocidas por ellos¹¹⁹, o como posible verificación de las atribuciones a partir de los datos de las fechas de sus actividades. Delinearemos a continuación el caso de Juan del Castillo.

El maestro inicia su carrera en la fábrica de Burgos junto a Simón de Colonia¹²⁰. Algunos investigadores apuntan la hipótesis de fue a trabajar junto con Colonia a Sevilla¹²¹ antes de iniciar su carrera por Portugal. De Sevilla, seguiría a Setúbal junto con Alonso Rodríguez (1508)¹²², estando luego documentada su presencia en Braga, Vila do Conde, Tomar, Lisboa, Alcobaça, Batalla y Mazagão. Analizando los datos de ruta de menor coste juntamente con los datos recopilados en la Base de Datos podemos entonces formular la hipótesis que de Sevilla a Lisboa lo más probable es que Juan de Castillo haya seguido la ruta desde Sevilla hasta Paymogo y desde ahí por el camino que conecta Serpa y Palma y luego seguiría para Setúbal. En el siguiente apartado podremos visualizar las líneas de seguimiento de las actividades de Juan de Castillo.

mediados del XVI se podría tardar cerca de 12 días (viaje con carga) (Chaunu 1983, 207) y que un viaje desde Lisboa hasta Sanlúcar duraba 18 días (aprox. 500km, viaje con carga) durante el mes de septiembre (Chaunu 1959, 50).

¹¹⁹ Una investigación relativamente similar a esta es el proyecto *Mapping the lakes: a Literacy GIS* que tiene como objetivo testear la tecnología SIG para comparar obras literarias de diferentes autores según los sitios que han visitado. Para más detalles de este proyecto ver Cooper et al. 2016 y Murrieta-Flores et al. 2017.

¹²⁰ Nunes da Silva, 2016: 121

¹²¹ Nunes da Silva, 2016: 122. Puede que sea el mismo Juan de Castillo registrado como cantero asentador en el taller de la Catedral de Sevilla (Rodríguez Estévez 1996). Nunes da Silva, recientemente ha realizado una recopilación de las hipótesis planteadas acerca de la posible ida de Castillo a Sevilla y a Santiago de Compostela (Nunes da Silva, 2016).

¹²² El 5 enero de 1508 el arzobispo de Sevilla pide al maestro que visite a Ayamonte y le concede la licencia de traer de Portugal muestras de sus canteras y en 24 de mayo consta que pagaron al maestro la ida a Setúbal (Jiménez Martín, 2006: 96-97). El camino más probable tomado por Alonso Rodríguez sería el que pasaba por Paymogo y no por Mérida (Fig. II. 54).

3.2.4 Análisis de líneas de seguimiento temporal (*track lines*)

La herramienta SIG también permite construir mapas de “líneas de seguimiento temporal” (más conocidas como *track lines*). Se tratan de vectores que conectan dos puntos, el punto inicial es el punto de origen o en el cual hubo el primero evento y el punto final es el punto geográfico de finalización de la actividad anterior o de la siguiente actividad.

Este tipo de análisis nos proporciona un resultado muy visual de una sucesión de hechos. En el caso que nos ocupa hemos utilizado este tipo de análisis para visualizar la movilidad de algunos de los profesionales: Juan de Castillo, Diego de Riaño y Juan Gil de Hontañón. Para ello consideramos los eventos en los que tenemos los datos de fecha de inicio de las actividades.

Líneas de seguimiento de las actividades de Juan de Castillo

Hemos podido generar una visualización de los eventos relacionados con las actividades de Juan Castillo, un total de 27 eventos, 5 de ellos no documentados (atribuidos) y visualizarlos en el modelo SIG a partir de líneas de seguimiento temporal (Fig. II. 55).

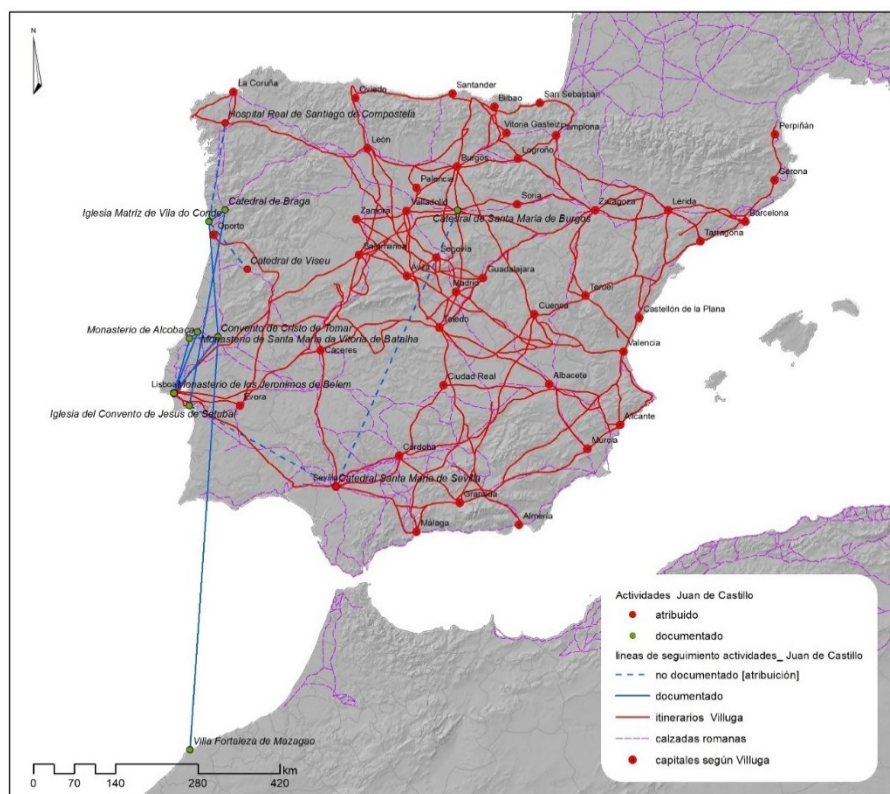


Fig. II. 56 Visualización que muestra las líneas de seguimiento de las actividades de Juan de Castillo, observase tanto los eventos documentados como las hipótesis de atribución. Elaboración propia.

ID_evento	prof_nombre	documentado	parte_edificio	denom_ed	cat_profesional	fi	ff
1084	Castillo, Juan	FALSO	Capilla de la Antigua de la Catedral Santa Maria de Sevilla	Catedral Santa Maria de Sevilla	maestro		1507
1083	Castillo, Juan	FALSO	Capilla Mayor de la Catedral Santa Maria de Sevilla	Catedral Santa Maria de Sevilla	maestro		1507
1081	Castillo, Juan	VERDADERO	Capilla del Condestable de la Catedral Santa Maria de Burgos	Catedral de Santa Maria de Burgos		1487	
1082	Castillo, Juan	FALSO	Parte desconocida de la Catedral Santa Maria de Sevilla	Catedral Santa Maria de Sevilla		1495	1507
289	Castillo, Juan	VERDADERO	Taller canteria de la Catedral Santa Maria de Sevilla	Catedral Santa Maria de Sevilla	cantero asentador	1507	
1101	Castillo, Juan	VERDADERO	Capilla mayor de la Iglesia del Convento de Jesus de Setubal	Iglesia del Convento de Jesus de Setubal	maestro	1508	
1089	Castillo, Juan	VERDADERO	Abside de la Catedral de Braga	Catedral de Braga	maestro	1509	
1102	Castillo, Juan	VERDADERO	Capilla mayor de la Catedral de Braga	Catedral de Braga	maestro	1509	1509
1103	Castillo, Juan	VERDADERO	Direccion obra Iglesia Matriz de Vila do Conde	Iglesia Matriz de Vila do Conde	maestro	1511	1514
1105	Castillo, Juan	FALSO	Coro de la Catedral de Viseu	Catedral de Viseu		1512	1513
1106	Castillo, Juan	VERDADERO	Naves Iglesia Matriz de Vila do Conde	Iglesia Matriz de Vila do Conde	maestro	1513	

1104	Castillo, Juan	FALSO	Claustro Hospital Real de Santiago de Compostela	Hospital Real de Santiago de Compostela	cantero asentador	1513	
1107	Castillo, Juan	VERDADERO	Portada Iglesia Matriz de Vila do Conde	Iglesia Matriz de Vila do Conde	maestro	1513	
1093	Castillo, Juan	VERDADERO	Coro del Convento de Cristo de Tomar	Convento de Cristo de Tomar	maestro	1515	
1092	Castillo, Juan	VERDADERO	Dibujo de la Portada principal de la iglesia del Convento de Cristo de Tomar	Convento de Cristo de Tomar	maestro	1515	
1098	Castillo, Juan	VERDADERO	Sacristia del Monasterio de los Jeronimos de Belem	Monasterio de los Jeronimos de Belem	maestro	1517	
1099	Castillo, Juan	VERDADERO	Claustro bajo del Monasterio de los Jeronimos de Belem	Monasterio de los Jeronimos de Belem	maestro	1517	
1097	Castillo, Juan	VERDADERO	Portada del crucero del Monasterio de los Jeronimos de Belem	Monasterio de los Jeronimos de Belem	maestro	1517	
1096	Castillo, Juan	VERDADERO	Portada principal de los pies del Monasterio de los Jeronimos de Belem	Monasterio de los Jeronimos de Belem	maestro	1517	
1095	Castillo, Juan	VERDADERO	Boveda del crucero del Monasterio de los Jeronimos de Belem	Monasterio de los Jeronimos de Belem	maestro	1517	1522
1085	Castillo, Juan	FALSO	Segundo piso del Claustro de D. Dinis del Monasterio de Alcobaça	Monasterio de Alcobaça	maestro de obra	1519	
1087	Castillo, Juan	VERDADERO	Sacristía del Monasterio de Alcobaça	Monasterio de Alcobaça	maestro de obra	1519	1521
1088	Castillo, Juan	VERDADERO	Direccion obra del Monasterio de Alcobaça	Monasterio de Alcobaça	maestro de obra	1519	1532
1086	Castillo, Juan	VERDADERO	Biblioteca del Monasterio de Alcobaça	Monasterio de Alcobaça	maestro de obra	1519	1521

1090	Castillo, Juan	VERDADERO	Capillas imperfectas del Monasterio de Santa Maria da Vitoria de Batalha	Monasterio de Santa Maria da Vitoria de Batalha	maestro	1528	
1094	Castillo, Juan	VERDADERO	Sala capitular del Convento de Cristo de Tomar	Convento de Cristo de Tomar	maestro	1533	
1100	Castillo, Juan	VERDADERO	Dirección de obra de la Villa Fortaleza de Mazagao	Villa Fortaleza de Mazagao	maestro	1541	

Tabla II. 5 Datos de las actividades de Juan de Castillo. *En esta tabla parecen una selección de las columnas correspondientes a la tabla de eventos de la Base de Datos. Elaboración propia.

Líneas de seguimiento de las actividades de Juan Gil de Hontañón

En el caso de las actividades de Juan Gil de Hontañón que hemos recopilado en nuestra Base de Datos, observamos que existen 48 eventos, de los cuales solo 3 son atribuidos (no documentados), dos relacionados con actividades en el Convento de las Madres Clarisas de Medina de Pomar y uno con el Monasterio de Santa María de la Vid. De esos registros solo 5 no disponemos de fecha de inicio de actividad. En este caso es bastante más complicado generar una visualización precisa por que las lagunas cronológicas son mayores. Por ejemplo, si observamos la base de datos, en el año de 1512, se han registrado actividades del maestro en la Catedral Nueva de la Asunción de la Virgen de Salamanca, el Castillo de Buitrago de Lozoya, la Capilla Real de Granada y el convento de Santa Clara Briviesca. No obstante, carecemos de una aproximación de los meses o días de estas actividades. En este sentido, como en 1513 tenemos documentado su actividad en Sevilla, creemos que, de esas 4 localizaciones de 1512, la capilla de Granada quizás habría sido la última que haya estado (Fig. II. 56).

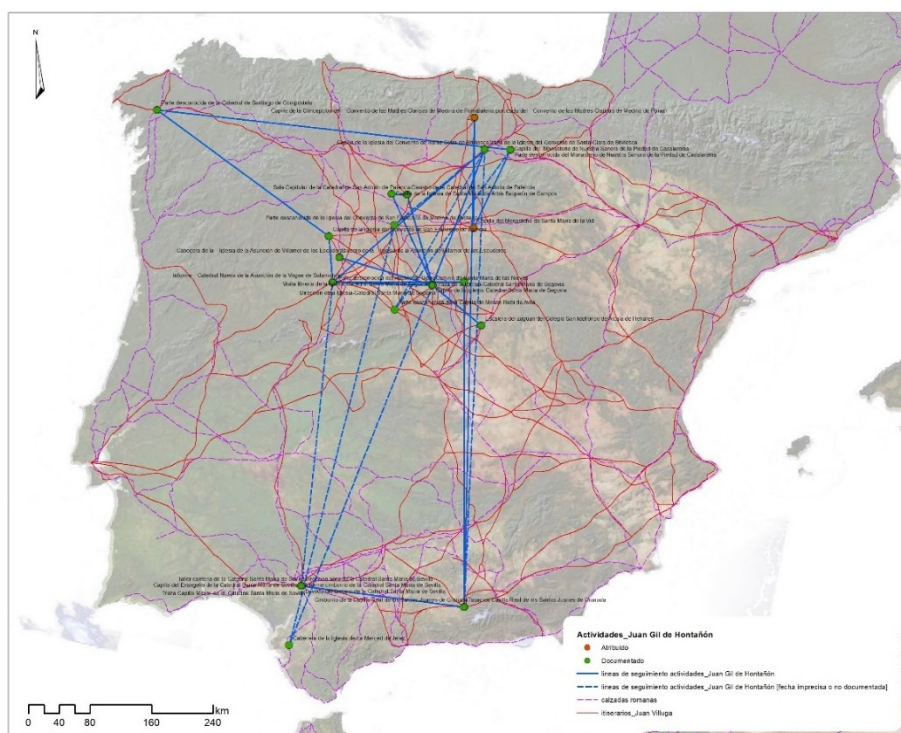


Fig. II. 57 Análisis del seguimiento de las actividades realizadas por Juan Gil de Hontañón. Elaboración propia.

Líneas de seguimiento de las actividades de Diego de Riaño

Con relación a las actividades de Riaño, tenemos recompilados 27 eventos en la Base de Datos, de los cuales seis no tienen la fecha de inicio de actividad y diez no están documentados (son atribuidos). Esos eventos están relacionados con actividades en la Cartuja de Nuestra Señora de la Defensión de Jerez de la frontera, la iglesia parroquial de Santiago el Mayor de Utrera, la Iglesia de la Asunción de Nuestra Señora de Aroche, la Iglesia de San Miguel de Morón de la Frontera y la Iglesia de San Miguel en Jerez de la Frontera (Fig. II. 57, Tabla II. 6).

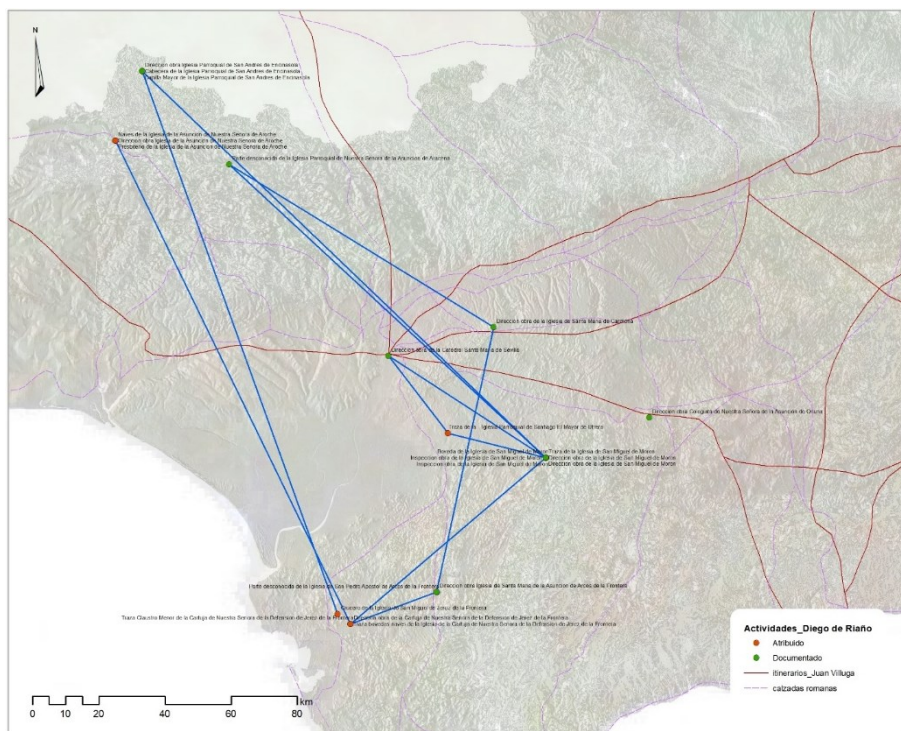


Fig. II. 58 Análisis del seguimiento de las actividades realizadas por Diego de Riaño. Elaboración propia.

ID_evento	prof_nombre	document	mecenas	parte_edificio	denom_ed	cat_prof	fi	ff
930	Riano, Diego de	FALSO		Direccion obra de la Cartuja de Nuestra Señora de la Defension de Jerez de la Frontera	Cartuja de Nuestra Señora de la Defension de Jerez de la Frontera	maestro mayor		1534
882	Riano, Diego de	VERDADERO	Don Juan Téllez de Girón	Direccion de obra del Castillo de Moron de la Frontera	Castillo de Moron de la Frontera	maestro mayor		
883	Riano, Diego de	FALSO	Don Juan Téllez de Girón	Direccion obra Colegiata de Nuestra Señora de la Asunción de Osuna	Colegiata de Nuestra Señora de la Asunción de Osuna	maestro mayor		
632	Riano, Diego de	FALSO	Diego Hurtado de Medonza	Naves de la Iglesia de la Asuncion de Nuestra Señora de Aroche	Iglesia de la Asuncion de Nuestra Señora de Aroche	maestro mayor		
629	Riano, Diego de	VERDADERO		Parte desconocida de la Iglesia de San Pedro Apostol de Arcos de la Frontera	Iglesia de San Pedro Apostol de Arcos de la Frontera	maestro		
631	Riano, Diego de	FALSO	Diego Hurtado de Medonza	Presbiterio de la Iglesia de la Asuncion de Nuestra Señora de Aroche	Iglesia de la Asuncion de Nuestra Señora de Aroche	maestro mayor		

409	Riano, Diego de	VERDADERO	Arzobispado de Sevilla	Dirección obra Iglesia Parroquial de San Andres de Encinasola	Iglesia Parroquial de San Andres de Encinasola	maestro mayor	1523	1533
878	Riano, Diego de	VERDADERO	Don Juan Téllez de Girón	Dirección obra de la Iglesia de San Miguel de Moron	Iglesia de San Miguel de Moron de la Frontera	maestro mayor	1523	
154	Riano, Diego de	FALSO	Arzobispado de Sevilla	Crucero de la Iglesia de San Miguel de Jerez de la Frontera	Iglesia de San Miguel de Jerez de la Frontera	maestro mayor	1523	1528
634	Riano, Diego de	VERDADERO		Capilla Mayor de la Iglesia Parroquial de San Andres de Encinasola	Iglesia Parroquial de San Andres de Encinasola	maestro mayor	1523	1533
633	Riano, Diego de	VERDADERO		Cabecera de la Iglesia Parroquial de San Andres de Encinasola	Iglesia Parroquial de San Andres de Encinasola	maestro mayor	1523	1533
148	Riano, Diego de	VERDADERO		Traza de la Iglesia de San Miguel de Moron	Iglesia de San Miguel de Moron de la Frontera	maestro mayor	1526	1534
906	Riano, Diego de	VERDADERO	Don Juan Téllez de Girón	Inspección obra de la Iglesia de San Miguel de Moron	Iglesia de San Miguel de Moron de la Frontera	maestro mayor	1526	
630	Riano, Diego de	FALSO	Don Juan Téllez de Girón	Dirección obra de la Iglesia de San Miguel de Moron	Iglesia de San Miguel de Moron de la Frontera	maestro mayor	1526	1534
197	Riano, Diego de	FALSO	Arzobispado de Sevilla	Traza de la Iglesia Parroquial de Santiago El Mayor de Utrera	Iglesia Parroquial de Santiago El Mayor de Utrera	maestro mayor	1527	
877	Riano, Diego de	VERDADERO	Don Juan Téllez de Girón	Boveda de la Iglesia de San Miguel de Moron	Iglesia de San Miguel de Moron de la Frontera	maestro mayor	1528	
628	Riano, Diego de	VERDADERO		Dirección obra de la Catedral Santa Maria de Sevilla	Catedral Santa Maria de Sevilla	maestro mayor	1528	1534
245	Riano, Diego de	VERDADERO		Traza Claustro Menor de la Cartuja de Nuestra Senora de la Defension de Jerez de la Frontera	Cartuja de Nuestra Senora de la Defension de Jerez de la Frontera	maestro mayor	1529	
905	Riano, Diego de	VERDADERO	Don Juan Téllez de Girón	Inspección obra de la Iglesia de San Miguel de Moron	Iglesia de San Miguel de Moron de la Frontera	maestro mayor	1529	
931	Riano, Diego de	VERDADERO		Dirección obra la Iglesia Parroquial de Nuestra	Iglesia de la Asuncion de	maestro mayor	1531	1534

				Senora de la Asuncion de Aracena	Nuestra Senora de Aroche			
371	Riano, Diego de	VERDADERO	Arzobispado de Sevilla	Parte desconocida de la Iglesia Parroquial de Nuestra Senora de la Asuncion de Aracena	Iglesia Parroquial de Nuestra Senora de la Asuncion de Aracena	maestro mayor	1531	1534
403	Riano, Diego de	VERDADERO	Arzobispado de Sevilla	Direccion obra de la Iglesia de Santa Maria de Carmona	Iglesia de Santa Maria de Carmona	maestro mayor	1531	1534
139	Riano, Diego de	VERDADERO		Direccion obra Iglesia de Santa Maria de la Asuncion de Arcos de la Frontera	Iglesia de Santa Maria de la Asuncion de Arcos de la Frontera	maestro mayor	1532	1534
238	Riano, Diego de	FALSO	Don Bruno de Hariza	Traza bovedas naves de la Iglesia de la Cartuja de Nuestra Senora de la Defension de Jerez de la Frontera	Cartuja de Nuestra Senora de la Defension de Jerez de la Frontera	maestro mayor	1533	
967	Riano, Diego de	FALSO		Direccion obra Iglesia de la Asuncion de Nuestra Senora de Aroche	Iglesia de la Asuncion de Nuestra Senora de Aroche	maestro mayor	1533	1536
406	Riano, Diego de	FALSO	Arzobispado de Sevilla	Trazas dependencias de la Iglesia de la Asuncion de Nuestra Senora de Aroche	Iglesia de la Asuncion de Nuestra Senora de Aroche	maestro mayor	1533	
407	Riano, Diego de	FALSO	Arzobispado de Sevilla	Bovedas naves de la Iglesia de la Asuncion de Nuestra Senora de Aroche	Iglesia de la Asuncion de Nuestra Senora de Aroche	maestro mayor	1533	

Tabla II. 6 Datos de las actividades de Diego de Riaño. *En esta tabla parecen una selección de las columnas correspondientes a la tabla de eventos de la Base de Datos.

3.3 Grafos. Análisis de la red de agentes en el tránsito a la Edad Moderna. La red del trabajo y su organización relacional

El modelo de grafo permite analizar y visualizar otros aspectos como, por ejemplo: la importancia de determinados profesionales y mecenas; las relaciones entre los profesionales y los objetos asociados a arquitectura y estructura; las relaciones de determinados mecenas o grupo de mecenas en determinados tipos objetos asociados a arquitectura y estructura; los agentes – tanto profesionales como mecenas que estuvieron activos en un mismo edificios en un intervalo

de tiempo concreto; cuales fueron las fábricas que de cierta manera centralizaban las actividades – ejercían como núcleos de producción.

3.3.1 Análisis de entrada y salida de relaciones

A seguir se muestran los análisis de entrada y salida de relaciones. Esas visualizaciones generales proporcionan una visión global de las relaciones y las importancias de los principales agentes y centros del “sistema”. En la visualización de la Fig. II. 58 se observan los nodos de los agentes con un tamaño proporcional a la cantidad de relaciones (aristas) que tienen. Aparecen como principales profesionales Juan Gil de Hontañón, Simón de Colonia, Enrique Egas, Juan de Álava, Diego de Riaño, Alonso Rodríguez, Juan de Castillo. De los mecenas se destaca el Arzobispado de Sevilla. Para visualizar los objetos asociados a arquitectura y estructura y los edificios que han recibido más actividades en el sistema visualizamos los nodos de esos puntos de manera proporcional al número de “aristas” que llegan a ellos (Fig. II. 59). Se observa la importancia del Taller de Cantería de la Catedral Santa María de Sevilla, del Real Alcázar de Sevilla, de las canteras de la

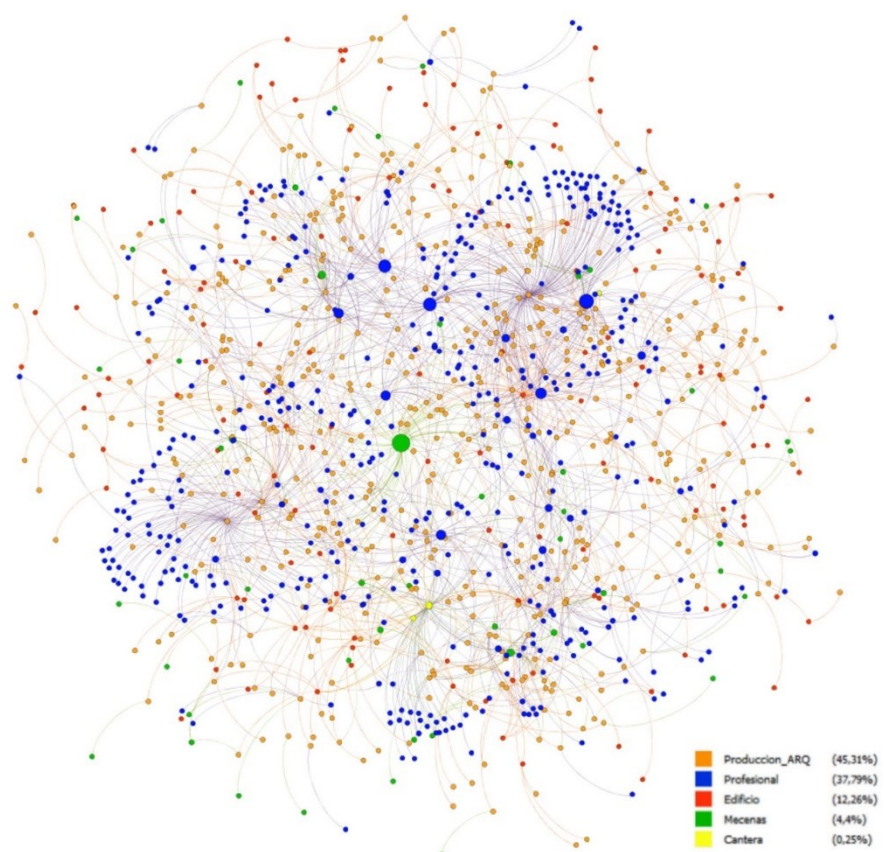


Fig. II. 59 Visualización del modelo grafo, los nodos de los agentes son proporcionales al número de actividades que han realizado [rango de representación 8-30]. Verse la importancia de los profesionales Juan Gil de Hontañón, Simón de Colonia, Enrique Egas, Juan de Álava, Diego de Riaño, Alonso Rodríguez, Juan de Castillo. De los mecenas se destaca el Arzobispado de Sevilla. Elaboración propia.

Sierra de San Cristóbal y de la Catedral Santa María de Sevilla en el sistema.

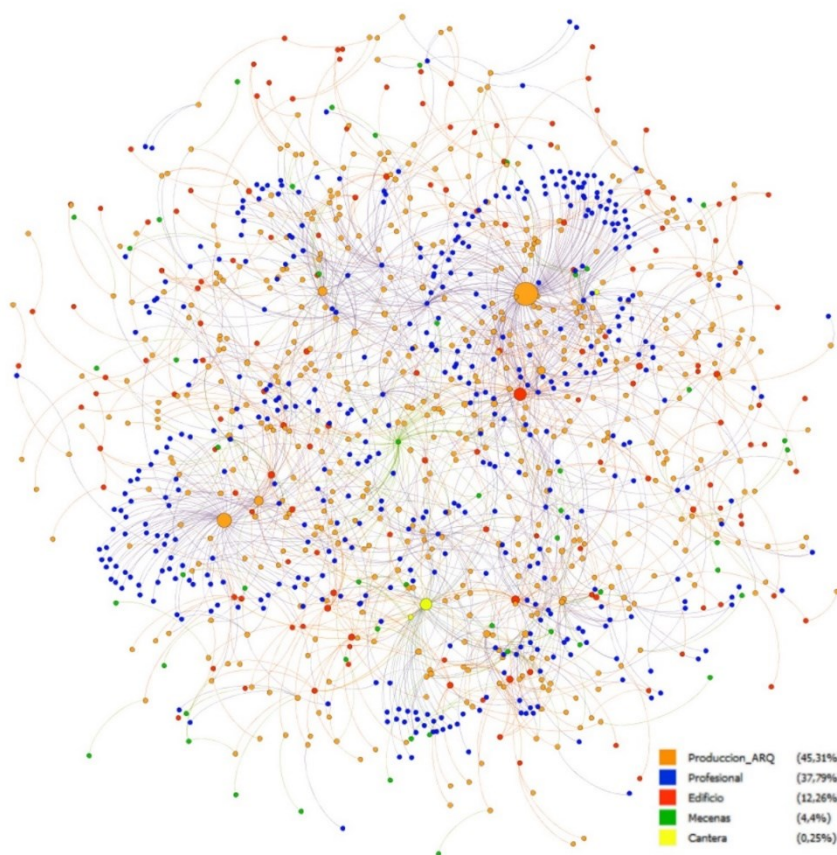


Fig. II. 60 Visualización del modelo grafo, los nodos de los edificios y los de los objetos asociados a arquitectura y estructura son proporcionales al número de actividades que han recibido [rango de representación 8-30]. Verse la importancia del Taller de Cantería de la Catedral Santa María de Sevilla, del Real Alcázar de Sevilla, de las canteras de la Sierra de San Cristóbal y de la Catedral Santa María de Sevilla. Elaboración propia.

3.3.2 Análisis temporales “micro sistemas”

Con el fin de analizar el sistema a otras escalas, para visualizar conexiones de un determinado periodo, agente o edificio podemos realizar diferentes filtrados. Uno de ellos que dispone la herramienta Gephi es el “Ego”. Ese filtrado nos permite “aislar” determinado “nodo” y mediante el ajuste de profundidad (entre 1, 2, 3 o Máximos) podemos visualizar los nodos más inmediatamente conectados con el nodo aislado.

Simón de Colonia

Hemos realizado este análisis con el nodo que representa Simón de Colonia. Para ello hemos querido observar específicamente aquellos

agentes que han coincidido en un mismo edificio o un mismo objeto asociado a arquitectura y estructura (para ello elegimos visualizar ese microsistema con una profundidad de 3). Adicionalmente hemos restringido el rango temporal para el análisis de las actividades entre 1478-1511¹²³, periodo en el que ha estado activo Simón de Colonia. En el periodo que estaba activo Simón de Colonia, junto con él los profesionales que han desarrollado más actividades fueron Juan de Castillo, Alonso Rodríguez y Antón Ruiz. (Fig. II. 60).

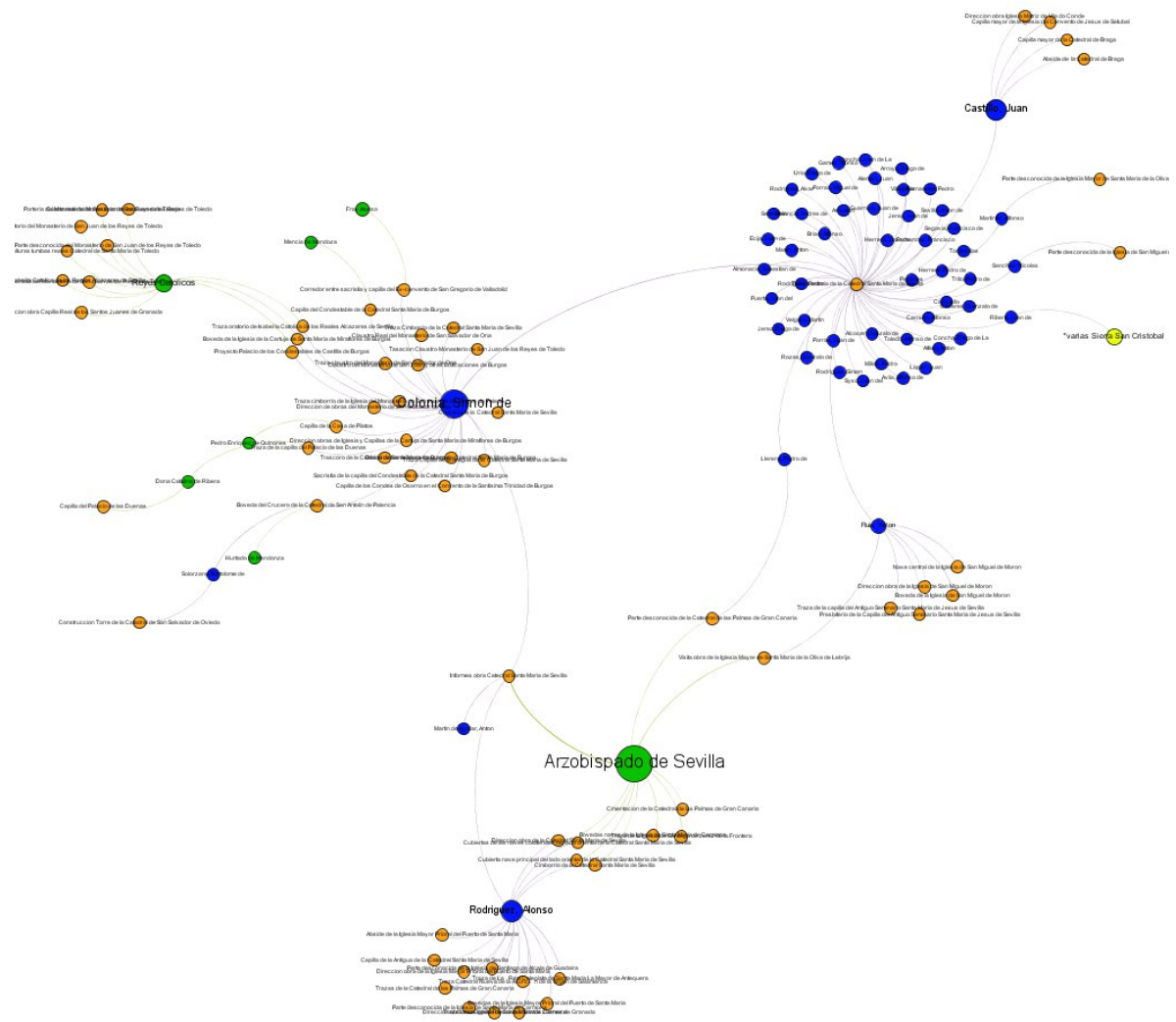


Fig. II. 61 Análisis de las actividades de ocurrieron entre las fechas 1478 a 1511 (periodo en el cual Simón de Colonia había estado activo). En este grafo podemos observar los profesionales que han coincidido con Simón de Colonia en sus actividades. El tamaño de los agentes es proporcional a las actividades que han realizado [rango de representación 8-25]. En el periodo que estaba activo Simón de Colonia, junto con él los profesionales que han desarrollado más actividades fueron Juan de Castillo y Alonso Rodríguez y Antón Ruiz. Para la realización de este análisis se ha utilizado el análisis “Ego” con una profundidad de 3 y un filtro con rango de la fecha de inicio de actividad (entre 1578 – 1511) de las relaciones de ha-trabajado. Elaboración propia.

¹²³ En este caso, los datos de los eventos que no tienen datos de fechas no aparecen en esta visualización.

Juan Gil de Hontañón

Si realizamos un análisis similar al anterior, eligiendo ahora como nodo central del microsistema al profesional Juan Gil de Hontañón, considerando un marco temporal de 30 años (entre 1500-1530)¹²⁴ observamos que hay una mayor cantidad de profesionales que coinciden en este periodo y que tienen más actividades (Fig. II. 61). Dentro de los agentes con más actividades están Juan de Álava, Enrique Egas, Juan de Badajoz y Alonso Rodríguez. Observamos por ejemplo que en la “Visura para la traza de la Catedral Nueva de la Asunción de la Virgen de Salamanca”, han intervenido Antón Egas, Juan de Álava, Alonso de Covarrubias, Juan Tornero, Rodrigo de Saraiva, Juan Campero “El viejo”, Juan de Orozco y el propio Juan Gil de Hontañón. Por su vez, también se observan las relaciones entre los agentes que están dentro de este “micro sistema” pero que se han relacionado en eventos que Gil de Hontañón no se ha relacionado. Por ejemplo, Enrique Egas y Antón Egas con la traza de San Andrés de Toledo; Pedro López y Enrique Egas con el Informe de la Iglesia Catedral de la Encarnación de Málaga; Alonso Rodríguez, Pedro López, Pedro Morales y Enrique Egas con la traza de la Capilla Real de los Juanes de Granada.

Cimborrio de la Catedral Santa María de Sevilla

Además de los agentes, podemos analizar las relaciones teniendo como “nodo principal” los objetos asociados a arquitectura o estructura que fueron recorridos en la Base de Datos. En este ejemplo visualizamos la red de relaciones trazada en torno al Informe del Cimborrio de la Catedral de Sevilla. En un primer plano, están las relaciones y nodos con profundidad de relación “1”, es decir, directamente relacionados con el Informe del cimborrio. Podemos observar tanto profesionales, mecenas como el propio edificio de la Catedral. Entre los profesionales están Enrique Egas , Juan de Álava, Juan Gil de Hontañón, Alonso Rodríguez, Juan de Ruela, Martín de Bruselas y Pedro López (Fig. II. 62). En segundo plano, se visualizan las relaciones de grado 3 en el cual se

¹²⁴ Como hemos analizado en el apartado 3.1, este periodo temporal es el intervalo con mayor número de registros de eventos en la base de datos.

observan las demás relaciones que han tenido las entidades relacionadas con el Informe del Cimborrio.

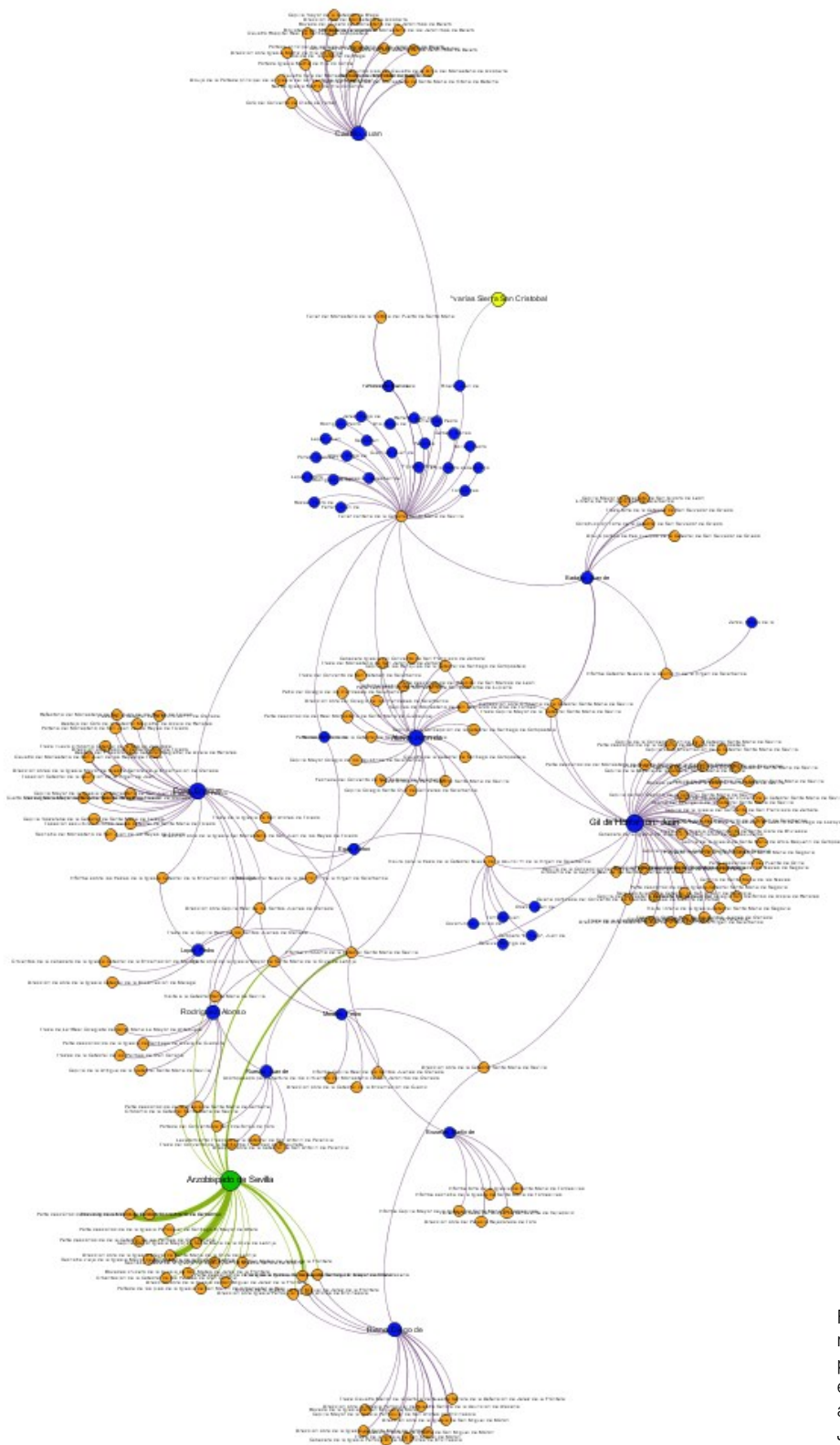


Fig. II. 62 Análisis Ego entorno al nodo de Juan Gil de Hontañón, con profundidad 3 e intervalo temporal entre 1500-1531. Dentro de los agentes con más actividades están Juan de Álava, Enrique Egas, Juan de Badajoz y Alonso Rodríguez.

Como hemos subrayado en la parte I de esta tesis, estos modelos tanto SIG como Grafos ofrecen innúmeras posibilidades de análisis y visualizaciones, en esta tesis hemos podido testear y observar varias casuísticas/simulaciones entre las cuales están la presentadas en este documento y otras que han sido publicadas o están en vías de publicación¹²⁵.

Asimismo, más una vez queremos subrayar que esos modelos son en si mismo herramientas para la investigación, siendo por lo tanto su uso abierto a futuros casos de estudio, bien como de su propia ampliación.

¹²⁵ Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b); Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017d); Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a); Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018b, *en prensa*); Ferreira Lopes, P. y Molina Rozalem, J. F. (2018)

4. METADATOS. Propuesta de metadatos para la BD y la IDE Histórica

4.1 Definición y propósito de los metadatos

Existen innúmeras definiciones para “metadatos”¹²⁶. No obstante, gran parte de ellas coinciden que un metadato podría ser definido como el “dato que describe el dato”¹²⁷ y que podría ser ampliado a “datos que describen recursos”¹²⁸. El metadato contempla la información de fondo que describe el contenido, calidad y características propias de un objeto¹²⁹, permiten identificar, clasificar, localizar y entender el objeto.

Según la ISO 15489:2016 la definición de metadato de registro es¹³⁰:

“una información estructurada o semiestructurada, que permite la creación, gestión y uso de registros a través del tiempo y entre diferentes dominios”

De manera sintética, la importancia de los metadatos radica en las funciones que él emplea. Dentro de las principales, podríamos destacar¹³¹:

- Provee el “puente” entre el futuro usuario de la información y el creador (que no deja de ser también un usuario) de ella;
- Facilitar y permitir la búsqueda, aumentando la accesibilidad;

¹²⁶ Ver Senso, J. A. y De la Rosa Piñero, A. (2003); Riley, J. y National Information Standards Organization. (2017) y ANDS. (s. f.). Para una visión acerca de estructuración de información ver Méndez Rodríguez, E. M. (2002). Méndez contempla en esta publicación tanto cuestiones de definición y tipologías de metadatos como sus problemáticas, modelos (como el *Dublin Core*), principales lenguajes (como SGML y XML) y la cuestión del acceso y recuperación. Con relación a la cuestión de metadatos para documentación espacial del patrimonio, ver Rodríguez Miranda (2014, 89-147).

¹²⁷ Guptil (1999)

¹²⁸ DCMI. (2018) [1995].

¹²⁹ El término “objeto” en este apartado se refiere a un único objeto que puede hacer referencia a un único ítem o puede ser el “cuerpo” que agrega a muchos ítems (por ejemplo, una base de datos es un objeto y puede contener varias tablas). Al mismo tiempo, ese “objeto” puede ser algo físico (un cuadro, un libro, una cartografía, etc.) o algo digital (una imagen, un archivo de música, etc.).

¹³⁰ ISO 15489-1 (2016, 2)

¹³¹ Iannella, R. y Waugh, A. (1997); Senso, J. A. y De la Rosa Piñero, A. (2003); National Information Standards Organization (2007); Castanedo, F. y Gidley, S. (2017)

- Facilitar la recuperación del documento;
- Facilitar la verificación si el dato o documento es el que el usuario necesita;
- Aportar información acerca de la autoría;
- Ayudar en la identificación;
- Aportar información acerca de las condiciones de uso/licencia;
- Aportar información acerca del software/programa requerido para su uso;
- Facilitar la interoperabilidad;
- Aportar información acerca de cómo interpretar el dato/documento
- Expandir el conocimiento y el perfeccionamiento acerca de metadatos

La falta de metadatos en los objetos que creamos durante una investigación afecta negativamente la eficacia del trabajo y desperdicia el esfuerzo que hemos tenido para su creación, ya que su usabilidad se reducirá y su accesibilidad y sostenibilidad se verán afectadas. Tener en cuenta la creación y la implementación de metadatos, sea durante la labor profesional o de investigación en el ámbito patrimonial, por ejemplo, hace que los recursos que hemos generados ganen ventaja competitiva una vez que se tornarán más fáciles de ser usados, adquirirán la cualidad de ser más comprensibles y encontrados. Además, sin la gestión de estos metadatos, los derechos de autoría (propiedad intelectual) son difícilmente registrados y, luego, fácilmente violados¹³².

Existen diferentes tipos de metadatos que pueden ser registrados según la complejidad de la información del objeto que se quiera describir. Los metadatos pueden clasificarse en¹³³:

¹³² Desde la UE, en 2016 se lanzó para los programas de Innovación e Investigación una guía para el manejo y la gestión de datos llamada “FAIR Data Management in Horizon 2020”. Esta guía busca garantizar que los datos sean “Encontrables, Accesibles, Interoperables y Reutilizables” (*Findable, Accessible, Interoperable and Reusable – del inglés FAIR*).

¹³³ Clasificación según Riley, J. y National Information Standards Organization. (2017).

(i) Metadatos Descriptivos. Son datos descriptivos del objeto. Por ejemplo, cuando accedemos a una base de datos de una biblioteca y obtenemos la descripción breve de un libro (ej. autor, editorial, título, etc.), ese conjunto de datos hace parte del metadato descriptivo de aquél determinado libro que hemos consultado.

(ii) Metadatos Estructurales. Describirán como están estructurados los datos y como ellos están relacionados. Por ejemplo, la estructuración de las tablas de nuestra BD o la estructuración del presente documento de tesis que se encuentra estructurado en apartados y subapartados.

(iii) Administrativo. De acceso y licencia. Se dividen en tres subcategorías:

(a) metadatos de derechos de acceso, que contempla el tipo de licencia de uso (por ejemplo, *openAccess*);

(b) metadatos de preservación. Contempla información acerca de la condición física del objeto, en el caso por ejemplo de objetos digitales, se referiría a su actualización o migración.

(c) metadatos técnicos. Relacionados con aspectos técnicos como requisitos de tipo de formato o extensión, software requerido, información sobre la técnica de digitalización empleada, etc.

(iv) Lenguaje de marcado/marcas. Este tipo de metadato hace la descripción mediante el uso de etiquetas para elementos estructurales (como párrafos), marcar palabras con información semántica (por ejemplo, si en un texto aparece la palabra “Sevilla”, esta palabra es

marcada como nombre de lugar) o proporcionando información cuanto al formato (como cursivas, negritas, etc.).

Metadata Type	Example Properties	Primary Uses
Descriptive metadata	Title Author Subject Genre Publication date	Discovery Display Interoperability
Technical metadata	File type File size Creation date/time Compression scheme	Interoperability Digital object management Preservation
Preservation metadata	Checksum Preservation event	Interoperability Digital object management Preservation
Rights metadata	Copyright status License terms Rights holder	Interoperability Digital object management
Structural metadata	Sequence Place in hierarchy	Navigation
Markup languages	Paragraph Heading List Name Date	Navigation Interoperability

Tabla II. 7 Las categorías de metadatos y sus ejemplos de propiedades y usos más comunes. Fuente: Riley, J. y National Information Standards Organization (U.S.). (2017, 6)

La importancia de los tipos de metadatos reside en el hecho de que son la fórmula para que de una manera más precisa la naturaleza del dato sea comprendida por quien la utilizará.

Los metadatos pueden ser creados manualmente y/o generados por las herramientas¹³⁴, aplicaciones o equipos que se han utilizado durante la captura del dato (por ejemplo, en el caso de los archivos de fotografía, algunas cámaras registran datos como exposición, fecha, hora, tipo de objetivo, etc.). No obstante, en el caso de los objetos generados en una investigación lo más común es que los metadatos sean estructurados y creados por los propios investigadores. Por ejemplo, si un investigador

¹³⁴ Los metadatos pueden ser creados por procesos automáticos como por ejemplo la minería de datos (*data mining*), la recolección de Metadatos (*Metadata Harvesting*) o la "web araña" (*Web Crawler*) (Gilliland, A. J., 2008, 3).

o un grupo de investigadores han creado una base de datos, ellos serían las personas más idóneas para crear los metadatos de esta BD porque conocen sus elementos, fuentes, etc. No obstante, la creación y el mantenimiento de tales metadatos (y de sus respectivos objetos) además de consumir mucho tiempo, pueden también consumir elevados recursos (como su espacio en el entorno digital, su mantenimiento en un repositorio o en un determinado servidor).

Con relación a su almacenamiento, los metadatos pueden estar: (i) almacenados juntamente con el objeto, es decir, el metadato está incrustado/registrado en el dato que él describe. Es el caso, por ejemplo, de metadatos que aportan información a nivel del dato y que pueden ser también utilizados para análisis. Como indicaremos más adelante, ese es el caso de algunos metadatos incorporados en el *dataset* de la BD, por ejemplo: los datos de las referencias bibliográficas incorporados al nivel del evento o el dato del autor que ha introducido el dato; (ii) almacenados o publicados empaquetados junto al objeto que describe, lo que suele ser más común. Por ejemplo, registrado separadamente con un formato HTML o XML asociado a la BD o documento que describe. Cuando son publicados por ejemplo en repositorios digitales institucionales¹³⁵ y tienen licencia de libre acceso, tanto el conjunto de datos como sus metadatos suelen estar accesibles¹³⁶.

En este proyecto, los metadatos tanto de la IDE histórica como de la Base de Datos son importantes porque facilitarán la búsqueda, el almacenamiento y recuperación, el entendimiento, el re-uso y ampliación futura de los datos¹³⁷. Siendo, por lo tanto, una parte esencial a ser contemplada en el proyecto. Por ejemplo, los metadatos ayudarán a saber acerca de la calidad/precisión de los datos, como también para saber si los datos son apropiados para el objetivo que el

¹³⁵ Como por ejemplo el “Repositorio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas” (Digital.CSIC) o el “Archivo Digital de Docencia e Investigación” (ADDI) de la Universidad del País Vasco.

¹³⁶ Ver Fandry, C., Slawinski, D. y Pender, L. (2005); Crespo Solana, A., Sánchez-Crespo Camacho, J. M. y Maestre Martínez, R. (2010)

¹³⁷ Scilia, M. (2006)

usuario persigue o si son compatibles con los datos que él ya posee o los que esté trabajando.

En siguientes apartados explicaremos la organización y estructura de la propuesta de metadatos creada para esta investigación. Esta fue pensada y elaborada a partir de modelos de metadatos ya existentes. Buscamos de esta manera compartir los resultados con relación a la aplicación de los metadatos a nuestro objeto de estudio, con el objetivo de proveer un futuro acceso en línea a ellos, en que tantos sus descriptores como la Base de Datos y la IDE Histórica pueda estar abierta. En comparación con la limitación del acceso físico, el entorno digital ampliará y tornará más eficaz su re-uso.

Recientemente, los datos sobre la Historia de la Arquitectura vienen siendo cada vez más disponibles en una estructura sistematizada, como es el caso de los datos del proyecto DOCOGOTHIC¹³⁸ o Mapping Gothic¹³⁹. No obstante, todavía el acceso y la abertura de esos datos, para que puedan ser descargados en un formato interoperable y reusados por los usuarios, en muchos casos no ha sido alcanzado¹⁴⁰. Un paso previo a esta apertura o publicación en línea de los datos es el registro y creación de sus metadatos.

Para la elaboración de los metadatos para la Base de datos y de la IDE histórica se han seguido tres etapas: (a) revisar los formatos de metadato existentes de proyectos desarrollados en ámbitos parecidos con el nuestro, en el área de patrimonio, historiografía y humanidades digitales. Para ello fueron estudiados los metadatos disponibles en línea en repositorio y publicaciones.; (b) verificación de tipo, formatos, esquemas, estándares y campos necesarios. Se ha intentado seguir las directrices del OAI para la BD y del INSPIRE para la IDE Histórica; (c) elaboración de los archivos en formato XML (*eXtensible Markup*

¹³⁸ Docogothic. Base de datos de construcción tardogótica hispánica. (2017)

¹³⁹ Murray, S., Tallon, A. y O'Neill, R. (2011).

¹⁴⁰ Una excepción en el campo historiográfico es el proyecto coordinada por Crespo Solana, anteriormente comentado (Crespo Solana, A., Sánchez-Crespo Camacho, J. M. y Maestre Martínez, R., 2010) y que nos ha servido como referencia dado las semejanzas con nuestro caso de estudio.

Language) de los metadatos. Una cuarta etapa, (d) testeo y corrección, solo podrá ser puesta en marcha una vez que los datos estén en línea.

4.2 Tipologías de estándares de metadatos

Los estándares de metadatos sirven para establecer un conjunto uniforme de reglas básicas para el marcado información facilitando de esa manera su eficacia en la interoperabilidad y en la coherencia de la definición y aplicación de metadatos¹⁴¹.

En esta tesis no comentaremos de modo exhaustivo acerca de las diversas tipologías de estándares de metadatos existentes¹⁴². No obstante, hay que subrayar que podríamos apuntar 4 categorías principales: los estándares de estructura o esquemas; Los estándares de valores o términos; los estándares de contenido o codificación; y los estándares de formatos o intercambio técnico¹⁴³.

Tipos de Estándares de datos para Metadatos	Ejemplos
<u>Estándares de Estructura</u> . Son estándares que especifican la Estructura de datos, los Esquemas o los Conjunto de elementos de los metadatos. Especifican los “campos”, los elementos o “categorías” de datos que marcan un registro o información.	Conjunto de elementos de metadatos del Dublin Core (DCIM), EAD (<i>Encoded Archival Description</i>), El conjunto de campos del MARC (<i>Machine-Readable Cataloguing Format</i>), CDWA (<i>Categories for Description of Works of Art</i>), VRA Core categorías, etc.
<u>Estándares de “valores” o “términos”</u> . Definen los “vocabularios controlados” que serán utilizados como valor a los elementos o campos que describen los metadatos.	Tesauro de CER.es, <i>Getty Art & Architecture Thesaurus</i> ; <i>Getty Thesaurus of Geographical Names (TGN)</i> , <i>UNESCO Thesaurus</i> ;
<u>Estándares de contenido o reglas de catalogación</u> . Son estándares que ofrecen recomendaciones y guías para el formato y sintaxis de los valores que irán definir los campos	CCO (<i>Cataloguing Cultural Objects</i>), DACS (<i>Describing Archives Content Standard</i>), RDA (<i>Resource Description and Access</i>)
<u>Estándares de formato o codificación</u> . Son estándares para el lenguaje de marcado	XML (<i>eXtensible Markup Language</i>), HTML (<i>Hyper-Text Markup Language</i>), SGML (<i>Standard Generalised Markup Language</i>), etc.

Tabla II. 8 Relación de las cuatro tipologías de estándares de metadatos con sus respectivos ejemplos. Fuente: Compendio realizado a partir de Boughida, K. B. (2005) y Baca, M. (2008)

En cuanto a los estándares de estructura o esquema, estos son reglas de organización que hacen que la información sea controlada por una lista de elementos que consiste en establecer los campos específicos con “valores”, como se fuera un listado predefinido de campos a rellenar (autor, título, fecha de creación, etc.). Cada elemento individualmente del metadato pertenece a una categoría de

¹⁴¹ Estos estándares son creados por grupo nacionales o internacionales como IFLA, NISO, ISO, W3C, etc.

¹⁴² Para ello ver Rodríguez Miranda, A. (2014, 89-148); Baca, M. (2008); Boughida, K. B. (2005) y Senso, J. A. y De la Rosa Piñero, A. (2003).

¹⁴³ Ver Boughida, K. B. (2005)

información. Como bien afirma Rodríguez Miranda¹⁴⁴, la utilización de una lista ya predefinida simplificaría la gestión y haría que el conjunto de información estuviera más coherente una vez que seguiría una misma “plantilla” de campos para su descripción. Sumado a esto, está la cuestión de la interoperabilidad, que se ve facilitada con el uso de un mismo esquema.

Además de tener esa misma “plantilla”, la búsqueda y la interoperabilidad de la información es facilitada aún más cuando el usuario utiliza a un determinado “estándar de valor” para atribuir el valor/término a los elementos, lo que llamamos “vocabulario controlado” o “lenguaje de indización” (*controlled vocabulary*). Estos términos, “vocabularios controlados” son encontrados, por ejemplo, en los *Thesaurus*. En los *Thesaurus*, esos términos están agrupados de acuerdo con sus significados organizados normalmente a través de una poli jerarquía, una estructura ramificada y relacionada de términos.

Asimismo, para que esos valores tengan mayor interoperabilidad, se establecen los estándares de contenido (directrices para la catalogación), pautas para el formato y la sintaxis de los valores que se utilizan para rellenar elementos de metadatos¹⁴⁵. Y, por último, para escribir esos estándares que establecerán las reglas de catalogación, existen los estándares de formato o lenguaje de códigos.

4.3 Metadatos de la Base de Datos

Como podemos observar en la tabla anterior, existen actualmente varios estándares de esquemas de metadatos (DCMI, EAD, TEIHeader, etc.)¹⁴⁶. La elección de cual utilizarlo dependerá tanto de la organización, como de los usuarios, recursos disponibles y utilidades previstas. Para este proyecto, nuestra propuesta ha contemplado utilizar el estándar *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI) para el metadato de la Base de Datos por las siguientes razones:

¹⁴⁴ Rodríguez Miranda, A. (2014, 95).

¹⁴⁵ Gilliland, A. J. (2008, 3)

¹⁴⁶ DCMI. (2018) [1995].; EAD: Encoded Archival Description (2018); TEI: Text Encoding Initiative. (s. f.).

- Es un esquema muy conocido y bastante difundido. Esto facilitó su empleo una vez que encontramos modelos de metadatos que lo utilizaban y hemos podido acceder a cursos, manuales y guías para implementarlo.
- Es un esquema utilizado por el OAI – PMH (*Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting*)¹⁴⁷.
- Es esquema muy flexible.
- Además de los descriptores básicos de Dublin Core, Dublin Core también posee descriptores más específicos dependiendo del interés de la comunidad de usuarios (educación, gubernamental, ciencias, etc.), conocidas como “*DCMI communities*”.
- Permite su creación a partir de lenguajes de codificado sencillas y conocidas como el HTML o XML.
- El esquema de Dublin Core ofrece la opción de un modelo Abstracto (*abstract model*) para “*definir la naturaleza de los documentos utilizados y describir cómo se combinan esos componentes para crear estructuras de información*”¹⁴⁸. Eso nos permite entender mejor los descriptores utilizados y facilita la interoperabilidad una vez que trabajan con un lenguaje RDF.
- Es un estándar relativamente de bajo coste para ser implementado y mantenido¹⁴⁹. Fig. II. 63.

¹⁴⁷ Este protocolo es utilizado para la gestión, archivo y preservación de documentos. Es el protocolo recomendado como requisito técnico, por ejemplo, para incluir datos en el repositorio de HISPANA (repositorio digital y agregador nacional de Europea). Asimismo, Dublin Core también es actualmente utilizado en repositorios digitales en España como el Digital CSIC, el ADDI (de la Universidad del País Vasco), el IDUS (Universidad de Sevilla) y el Repositorio de Activos Digitales del IAPH.

¹⁴⁸ DCMI: DCMI Abstract Model. (s.f.). Recuperado 13 de agosto de 2018, de <http://dublincore.org/documents/2007/02/05/abstract-model/>

¹⁴⁹ Ver Tennant, R. (2004, agosto 15).

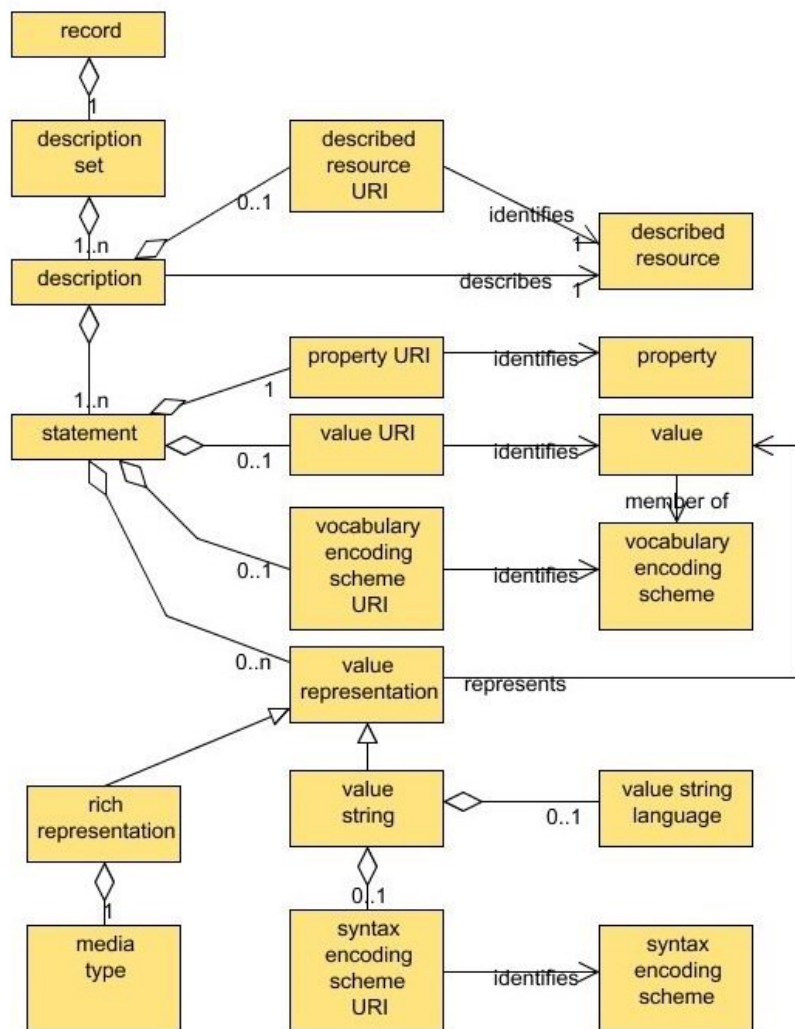


Fig. II. 64 Modelo de descripción del DCMI (la representación de este esquema sigue el lenguaje unificado de modelado, *Unified Modeling Language* – UML). Fuente: DCMI: DCMI Abstract Model. (s. f.).

4.3.1 Dublin Core Metadata Initiative. Breves apuntes

La Iniciativa de *Dublin Core* tienen sus bases en 1995, en un encuentro en Dublin, Ohio EEUU. En este encuentro participaron diferentes instituciones y comunidades científicas como el NSCA, OCLC, IETF y en el cual el objetivo era encontrar un modelo de estándar para la descripción de recursos/objetos (un estándar de esquema de metadatos), con el fin de facilitar su recuperación e interoperabilidad. Inicialmente pensado a la escala del usuario o pequeños repositorios institucionales, esta iniciativa rápidamente expandió su escala, y alcanzó una escala global, tanto debido al aumento de la cantidad de información digital que empezó a ser generada a partir de los principios del S. XXI como por que a los proveedores y administraciones les interesaba un sistema para optimizar la recuperación de información.

En 2003 el conjunto de descriptores del modelo de metadatos del *Dublin Core* se ha convertido en norma ISO, la ISO 15836/2003 y actualmente ha sido respaldado por los estándares de la IETF RFC 5013/2007, la ISO 15836/2009 y la ANSI/NISO Z39.85-2012¹⁵⁰. Actualmente el estándar *Dublin Core* es uno de los más utilizados para la recuperación de información en la Web y ha extendido su aplicación a diversos sectores en el arte, ciencia, negocios, administración, etc. Los 15 elementos de descriptores definidos en *Dublin Core* son actualmente parte del protocolo de la OAI-PMH.

De acuerdo con la versión 1.1¹⁵¹, el conjunto de elementos descriptores de metadatos de Dublin Core son: (1) colaborador; (2) cobertura; (3) creador; (4) fecha; (5) descripción; (6) formato; (7) identificador; (8) lengua; (9) editor; (10) relación; (11) derechos; (12) fuente; (13) claves; (14) título; (15) tipo (Tabla II. 9).

La incorporación de esos 15 descriptores no es obligatoria, sino que se deben utilizar solo aquellos que son imprescindibles para describir el objeto. En los casos en que esos descriptores necesiten concretarse a un nivel de detalle mayor, se pueden añadir un subnivel al descriptor: por ejemplo: dc.date¹⁵² puede que necesite especificar diferentes fechas, dc.date.modified (fecha de modificación); dc.date.created (fecha de creación)¹⁵³. Asimismo, otra característica de *Dublin Core* es la posibilidad de “repetitividad” de los elementos descriptores. Por ejemplo, en un registro de metadatos el descriptor dc.colaborator podría ser repetido y a cada uno de ellos se asociaría diferentes valores. Por ejemplo, si tenemos diferentes colaboradores en un proyecto podríamos incorporar dc.colaborator cuantas veces necesarias para designar el valor de PersonaA, otro para PersonaB y otro para PersonaC.

¹⁵⁰ Más información acerca de Dublin Core, ver DCMI: Metadata Basics. (2018).

¹⁵¹ DCMI: Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description. (2018)

¹⁵² El prefijo “dc” viene de la abreviación de Dublin Core y es insertado junto con la “etiqueta” del elemento en los descriptores del metadato. Observe en Fig. II. 64, las etiquetas en el formato XML a la derecha.

¹⁵³ Pomerantz, J. (2017).

En el caso que se necesiten más descriptores, se pueden añadir de acuerdo con el interés del usuario. Para ello, existen las *DCMI Communities*¹⁵⁴ que amplían los elementos establecidos en el Dublin Core según intereses específicos de una cierta comunidad o grupo (por ejemplo, comunidad académica, comunidad de bibliotecarios, gubernamentales, etc., (Tabla II. 10).

Elemento	Etiqueta Dublin Core	Definición y descripción	Recomendaciones para vocabulario/términos controlado
colaborador	contributor	Una persona u organización que haya tenido una contribución intelectual significativa en la creación del recurso, pero cuyas contribuciones son secundarias en comparación a las de las personas u organizaciones especificadas en el elemento Creator (por ejemplo, editor, ilustrador y traductor).	
cobertura	coverage	La característica de cobertura espacial y/o temporal del contenido intelectual del recurso, la aplicabilidad espacial del recurso o la jurisdicción bajo la cual el recurso es relevante.	[TGN] http://www.getty.edu/research/tools/vocabulary/tgn/index.html
creador	creator	La persona u organización responsable de la creación del contenido intelectual del recurso. Por ejemplo, los autores en el caso de documentos escritos, artistas, fotógrafos e ilustradores en el caso de recursos visuales.	
fecha	date	Una fecha o periodo de tiempo asociado con el recurso que se ha puesto a disposición del usuario.	[W3CDTF] http://www.w3.org/TR/NOTE-datetime
descripción	description	La descripción puede incluir, pero no se limita a: un resumen, una tabla de contenido, una representación gráfica o una cuenta de texto libre del recurso.	
formato	format	El formato de datos de un recurso, usado para identificar el software y posiblemente, el hardware que se necesitaría para mostrar el recurso.	[MIME] https://www.iana.org/assignments/media-types/media-types.xhtml

¹⁵⁴ Son grupos específicos para mejorar la práctica de metadatos y la implementación de Dublin Core en una determinada área.

identificador	identifier	Secuencia de caracteres usados para identificar unívocamente un recurso. Ejemplos para recursos en línea pueden ser DOI, URLs y URNs (cuando estén implementados).	
lengua	language	Lengua/s del contenido intelectual del recurso	[RFC4646] http://www.ietf.org/rfc/rfc4646.txt
editor	publisher	La entidad responsable de hacer que el recurso se encuentre disponible en la red en su formato actual, por ejemplo, la empresa editora, un departamento universitario u otro tipo de organización	
relación	relation	Un identificador de un segundo recurso y su relación con el recurso actual. Este elemento permite enlazar los recursos relacionados y las descripciones de los recursos.	
derechos	rights	Una referencia (URL, por ejemplo) para una nota sobre derechos de autor, para un servicio de gestión de derechos o para un servicio que dará información sobre términos y condiciones de acceso a un recurso.	
fuelle	source	Secuencia de caracteres utilizado para identificar unívocamente un trabajo a partir del cual proviene el recurso actual. El recurso descrito puede derivarse del recurso relacionado en todo o en parte. La mejor práctica recomendada es identificar el recurso relacionado por medio de una cadena que se ajuste a un sistema de identificación formal.	
claves	subject	Los tópicos del recurso. Típicamente, Subject expresará las claves o frases que describen el título o el contenido del recurso. Se fomentará el uso de vocabularios controlados y de sistemas de clasificación formales.	
título	title	Nombre dado a un recurso.	
tipo	type	La categoría del recurso, por ejemplo, página personal, romance, poema, minuta, diccionario.	[DCMITYPE] http://dublincore.org/documents/dcmi-type-vocabulary/

Tabla II. 9 Relación de elementos y etiquetas del modelo de esquema Dublin Core. Fuente: Realizado a partir de DCMI: Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description. (2018) y Rediris. (2018, abril 26).

Fig. II. 65 Verse el registro de metadatos del Plano de la Catedral de Sevilla del año de 1672 en el repositorio HISPANA; a su derecha, se visualiza los elementos descriptores de Dublin Core y sus respectivos valores en el lenguaje XML. Observe que en el elemento descriptor del recurso se ha registrado como valor una URL que enlaza con el repositorio de la Biblioteca Nacional de España en el cual se encuentra el objeto en formato digital. Fuente: <http://hispana.mcu.es>

Etiquetas Dublin Core de otros elementos dc.	Descripción
abstract	Un resumen del contenido del recurso
accessRights	Información acerca de quién puede acceder al recurso o una indicación de su estatus de seguridad
accrualMethod	El método por el cual los ítems se añaden a una colección

accrualPeriodicity	La frecuencia con la que los ítems son añadidos a la colección.
alternativeTitle	Otra forma del título usada como un subtítulo o alternativa al título formar del recurso.
audience	Una clase de entidad para la que está indicado el uso del recurso.
bibliographicCitation	Una referencia bibliográfica para el recurso
dataAccepted	Fecha de aceptación del recurso
isFormatOf	El recurso descrito tiene el mismo contenido intelectual que el recurso referido, pero presentado en otro formato.

Tabla II. 10 Ejemplo de otros descriptores que pueden ser añadidos al registro de metadatos. Esos son solo una muestra, existen una lista completa y detallada con esos elementos refinadas que puede ser accedida a través de DCMI: Metadata Basics. (2018).

Dublin Core articula un marco para compartir datos a través y entre diferentes esquemas para hacer más eficaz la interoperabilidad de datos. El marco está basado en 4 niveles¹⁵⁵:

- (nivel 1) Comparte las definiciones establecidas por Dublin Core. Es decir, necesita utilizar los elementos definidos en el “listado” del DCIM. Por ejemplo, en lugar de decir “autor”, definirías este elemento según DCIM, como “creador”. En este nivel de interoperabilidad, se utiliza el vocabulario definido por Dublin Core pero no se llega a utilizar la infraestructura existente que suporta todo el modelo de esquema;
- (nivel 2) Uso de la interoperabilidad semántica formal. Corresponde al nivel que el metadato utiliza implícitamente o explícitamente un modelo que contemple archivos RDF (*Resource Description Framework*), utilizando URIs unívocas para la identificación

¹⁵⁵ DCMI: Interoperability Levels for Dublin Core Metadata. (2018).

y descripción de los recursos (aprovechando, de esa manera, de la teoría del “*Linked Data*”);

- (nivel 3) Conjunto de descripción sintáctica interoperable. En este nivel el metadato utiliza explícitamente el modelo abstracto de DCMI y, por consiguiente, debe utilizar también explícitamente archivos RDF, compartiendo una sintaxis abstracta para los elementos de metadatos. Este nivel implica que existan aplicaciones compatibles con el esquema de metadatos mediante RDF y con el modelo de “*Linked Data*”;

- (nivel 4) Los perfiles de descripción interoperables. Proporciona un modelo de información y expresión XML de limitaciones estructurales en un conjunto de descripción.

Cuanto mayor es el nivel de interoperabilidad alcanzado, más formal será el metadato y más fácil será leído por algoritmos computacionales. Por otro lado, cuanto mayor el nivel, más limitada o menor será la legibilidad humana.

4.3.2 Tecnologías para metadatos

4.3.2.1 Lenguajes estructurados de códigos

XML

Para construir un esquema de metadatos de un objeto/registro se recomienda la utilización de lenguajes estructurado de códigos. Existen varios tipos de lenguajes de códigos: XML (eXtensible Markup Language), HTML (Hyper-Text Markup Language), SGML (Standard Generalised Markup Language), CSS, entre otros. Algunas veces, un lenguaje estructurado de códigos puede ser utilizado para construir otro lenguaje de códigos, por ejemplo, podemos crear HTML a través de XML que resultaría en un lenguaje de código XHTML.

Para construcción de nuestra propuesta hemos utilizado como base el lenguaje de codificado XML. El XML surgió como un lenguaje de marcado para “mejorar”, en cuanto al procesado de información, el lenguaje HTML, ampliamente más difundido. Es un lenguaje bastante flexible derivado de formato SGML (ISO 8879¹⁵⁶). La gran diferencia en términos de “lectura” es que HTML es más fácilmente leído por el ser humano, mientras que XML es más fácilmente “leído” por sistemas computacionales. HTML ofrece un lenguaje de marcado que ofrece un lenguaje más visual, en una página web, el lenguaje HTML define la posición de los botones, imágenes, tamaño de las letras, etc. Por otro lado, XML permite representar, ubicar e intercambiar datos de forma independiente de su presentación visual, lo que permite una estructuración de la información más eficaz para registro de metadatos (Fig. II. 65).

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<metadata><oai_dc:dc
xmlns:oai_dc="http://www.openarchives.org/OAI/2.0/oai_dc/"
xmlns:dc="http://www.lyncode.com/xoai"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
xsi:schemaLocation="http://www.openarchives.org/OAI/2.0/oai_
dc/ http://www.openarchives.org/OAI/2.0/oai_dc.xsd">
<dc:title>Base de datos de la fábrica edilicia del antiguo
reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna</dc:title>
<dc:creator>Wanderley Ferreira Lopes, Patricia</dc:creator>
<dc:colaborator>Pinto Puerto, Francisco
Sebastián</dc:colaborator>
<dc:colaborator>Molina Rozalem, Juan
Francisco</dc:colaborator>
<dc:colaborator>Santos, David</dc:colaborator>
<dc:subject>Late Gothic</dc:subject>
<dc:subject>Medieval</dc:subject>
<dc:subject>Architectural Artists</dc:subject>
<dc:subject>Seville Kingdom</dc:subject>
</metadata>
```

Fig. II. 66 Ejemplo del formato de lenguaje XML. Verse un ejemplo ficticio de registro de metadatos utilizando el esquema de Dublin Core. Elaboración propia.

La calidad del dato insertado en el registro de metadato es especialmente importante porque asegurará que el objeto/documento sea refinado y encontrado. Es decir, si el valor puesto en el registro es distinto del que el usuario ha buscado – por ejemplo, porque este ha

¹⁵⁶ Pomerantz, J. (2015).

utilizado otro término, o porque ha ocurrido algún error de digitación, el registro tal vez no sea encontrado por el usuario¹⁵⁷. En este sentido la existencia y eficacia del metadato es condicionada por la existencia de un seguimiento organizado de la propia estructura de los elementos y valores en él contenido.

RDF

Una estructura organizada de registro de metadatos aumenta su eficacia cuando el modelo seguido contempla las relaciones entre las entidades descritas en el registro de metadatos. Anteriormente mencionamos las ventajas del Dublin Core y en una de ellas estaba la posibilidad de construcción de un “modelo abstracto”¹⁵⁸. Pues bien, ese modelo abstracto corresponde a una estructura en el que los datos son organizados según una ontología, permitiendo representar relaciones entre valores de diferentes registros de metadatos. Para ello, Dublin Core utiliza un marco de describir objetos conocido como RDF (*Resource Description Framework*). RDF es un “marco según el cual se construyen los esquemas de metadatos: los tipos de entidades y relaciones entre esas entidades, que existen en el universo de un esquema de metadatos”¹⁵⁹. Y la base del modelo de RDF es su estructura en “grafo”, funcionando con relaciones conocidas como “tripletas” (triples, en inglés) que agrupan tres elementos: sujeto->predicado->objeto¹⁶⁰. De esa manera, los elementos descriptores del modelo Dublin Core pasarían a ser el predicado, el objeto/documento a ser registrado es el sujeto y los valores de los elementos descriptores son el objeto (Fig. II. 66).

¹⁵⁷ Algo muy similar acontece también en base de datos que creamos para registro de la información en una investigación, si el valor del dato sufre cambios de terminologías que quieran expresar el mismo significado, los análisis no alcanzarán un resultado correcto.

¹⁵⁸ Ese modelo abstracto es un modelo genérico, en el cual cualquier esquema de metadatos puede ser construido. Entre estos posibles esquemas está el de Dublin Core.

¹⁵⁹ Pomerantz, J. (2015, 142).

¹⁶⁰ Pomerantz, J. (2015).

[Santas Justa y Rufina] [fue pintado por] [Bartolomé Esteban, Murillo]

[Santas Justa y Rufina] [fue pintado en] [1666]

[Santas Justa y Rufina] [está ubicado en] [Museo de Bellas Artes]

[Museo de Bellas Artes] [está ubicado en] [Sevilla]

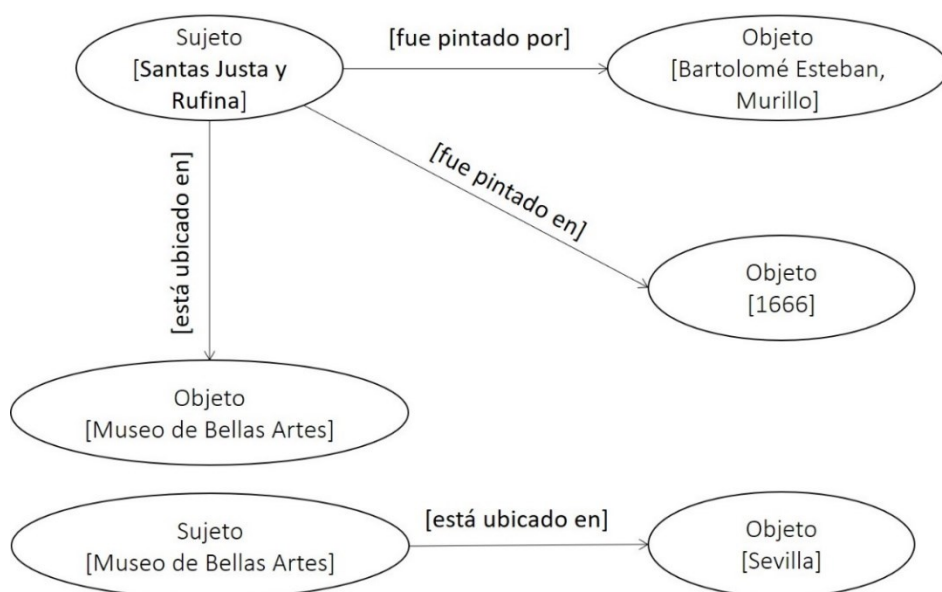


Fig. II. 67 Ejemplo de triplas en un lenguaje de texto y en forma de grafo. Elaboración propia.

En este tipo de modelo, el Objeto de una tripla puede venir a ser sujeto en otras. Por ejemplo, puede que el valor [Museo de Bellas Artes] sea Sujeto en otra tripla: [Museo de Bellas Artes] [está ubicado en] [Sevilla]. El modelo de grafo de RDF permite de esa manera una amplia flexibilidad, expansión e interrelación de valores de metadatos¹⁶¹. De esa manera, en el modelo se van creando vínculos entre los valores en diferentes “tripletas”, ese es el principio fundamental del “*Linked Data*” que comentamos en el apartado 4.3.1 cuando mencionamos los niveles de interoperabilidad de Dublin in Core.

¹⁶¹ Una aproximación similar a de las tripletas es también adoptada por el modelo CIDOC-CRM. Mediante el modelo CIDOC-CRM existe una lógica de como los elementos de la tripla deben ser definidos. En este sentido, CIDOC-CRM define un listado de las propiedades (que serían los predicados) y de las clases (correspondientes al objeto y sujeto del modelo RDF). Para más detalles acerca de CIDOC-CRM ver CIDOC CRM. (s. f.).

Esa aproximación “modular” permite que aumente la posibilidad del reconocimiento de los valores y relaciones entre diferentes esquemas de metadatos. La comunicación entre diferentes esquemas ni siempre es efectiva, por ejemplo, en Dublin Core el “creator” es el responsable por la creación del objeto, es el autor, mientras que en el esquema W3C’s ese elemento corresponde al “agent” y este puede ser el creador como puede ser cualquier individuo que haya tenido alguna influencia durante el ciclo de vida del objeto¹⁶². Es decir, en este caso no solo el nombre del descriptivo del elemento cambio sino también su definición. Ese problema de ontología se torna menor con la utilización de un modelo abstracto ya que fija también las relaciones de los valores y del cambio entre sujeto y objeto.

DTD

El DTD (*Document Type Definition*) es el documento que declara y define los elementos que existen en el lenguaje de marcado. Cuando entramos en una página web y miramos su código fuente aparecerá, por ejemplo, el DTD declarando que aquella página usa el lenguaje de marcado XHTML. Cada DTD define una determinada versión de lenguaje de marcado, por ejemplo, para cada versión de HTML existe un tipo de DTD distinto.

4.3.3 Propuesta

La propuesta para el registro de la Base de datos del proyecto se presenta en este documento con un formato compatible al repositorio idUS (Depósito de investigación de la Universidad de Sevilla)¹⁶³. El esquema de Dublin Core ha sido el utilizado para los descriptores de los elementos. Asimismo, se han utilizado los controladores de vocabulario de: *Getty Art & Architecture Thesaurus (AAT)*; *World Wide Web Consortium of Date and Time Formats (W3C-DTF)*; *DCMIType*; *URI*; *ISO 639-3*; *Getty Thesaurus of Geographic Names (TGN)*; Tesouro del Patrimonio Cultural de España - MECD.

¹⁶² Pomerantz, J. (2015, 144).

¹⁶³ Actualmente el repositorio idUS sólo permite el registro de objetos en formato .pdf. La propuesta aquí presentada contempla que, en un futuro a medio plazo, sea posible también la incorporación de otros formatos.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<metadata

xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"

xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"

xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/">

<dc:title>Base de datos de la transferencia artística en

la fábrica edilicia en el antiguo reino de Sevilla en el

tránsito a la Edad Moderna</dc:title>

<dcterms:alternative>Database of the artistic transfer

in the building factory in the ancient kingdom of

Seville in the transition to the Modern

Age</dcterms:alternative>

<dc:creator>Wanderley Ferreira Lopes,

Patricia</dc:creator>

<dc:subject xsi:type="dcterms:AAT">master

builders</dc:subject>

<dc:subject xsi:type="dcterms:AAT">Late

Gothic</dc:subject>

<dc:subject xsi:type="dcterms:AAT">Medieval</dc:subject>

<dc:subject xsi:type="dcterms:AAT">architectural

history</dc:subject>

<dc:subject xsi:type="dcterms:AAT">architectural

artists</dc:subject>

<dc:subject xsi:type="dcterms:AAT">artists (visual

artists)</dc:subject>

<dc:subject>Kingdom of Seville</dc:subject>

<dc:subject>maestros constructores</dc:subject>

<dc:subject>Gótico Tardío</dc:subject>

<dc:subject>historia de la arquitectura</dc:subject>

<dc:subject>artistas de la arquitectura</dc:subject>

<dc:subject>artistas</dc:subject>

<dc:subject>arquitectura</dc:subject>

<dc:subject>antiguo reino de Sevilla</dc:subject>
```

<dc:description>Los datos recopilados se almacenan en una base de datos de Microsoft Access® que se ha diseñado para integrarse físicamente en un sistema SIG y a herramientas para modelos orientado a Grafo, como Gephi®. La estructura de esta base de datos está compuesta por entidades y relaciones que son representadas por tablas de entidades principales (E), tablas de clasificación/valores - entidades secundarias (Ee) y relaciones (RS). Cada una de las tablas está formada por una serie de registros (cada registro corresponde a una entidad o elemento) y por columnas o campos. Existen 5 tablas de entidades principales: “E1 profesionales”, “E2 mecenas”, “E3 edificios”, “E4 parte_edificio” (objetos asociados a arquitectura y estructura); 4 tablas de entidades secundarias: “Ee1 categoria agente”, “Ee2 tipo-clasificacion”, “Ee3 autor-dato” y “Ee4 ref-docu”; y 2 tablas de Relaciones: “RS1 Evento” y “RS2 tiene pariente”. Formato: es una base de datos en Access® con 11 tablas. El objetivo es identificar los eventos relacionados con la actividad constructiva durante el fenómeno del Gótico Tardío, mediados del Siglo XV y XVI de los profesionales que han trabajado en el antiguo Reino de Sevilla con el fin de analizar los movimientos, actividades y red de relaciones de los profesionales en el tiempo y espacio. Publicaciones: Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F. (2018). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage, 9: 1-14. DOI: 10.1016/j.daach.2018.e00074; Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F. (2018, en prensa). Intercambio de maestros, saberes y técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información; Ferreira Lopes, P. (2018). Modelos Digitales de Información - SIG y Grafos - aplicados en el patrimonio. La fábrica edilicia en el antiguo reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna. (tesis inédita). Universidad de Sevilla.</dc:description>

<dc:description>The collected data is stored in a Microsoft Access® database that is designed to physically integrate into a GIS system and/or Graph tools for object-oriented models, such as Gephi®. The structure of this database is composed of entities and relationships that are represented by tables of main entities (E), classification tables/values - secondary entities (Ee) and relationships (RS). Each of the tables consists of a series of records (each record corresponds to an entity or element) and by columns or fields. There are 5 tables of main entities: "E1 professionals", "E2 patrons", "E3 buildings", "E4 part_building" (objects

associated with architecture and structure); 4 tables of secondary entities: "Ee1 agent category", "Ee2 type-classification", "Ee3 author-data" and "Ee4 ref-docu"; and 2 Relations tables: "RS1 Event" and "RS2 has_relative". Format: it is a database in Access® with 11 tables. The objective is to identify the events related to the constructive activity during the Late Gothic phenomenon, mid-fifteenth and sixteenth centuries of the professionals who have worked in the old Kingdom of Seville in order to develop time-space analysis of movements, activities and network of the professionals transfers. Publications: Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F. (2018). GIS and Models of Graphics for the Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in the Heritage: The case study of the Gothic Production of the Old Kingdom of Seville. Digital application in archaeology and cultural heritage, 9: 1-14. DOI: 10.1016 / j.daach.2018.e00074; Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F. (2018, in press). Exchange of teachers, knowledge and techniques between the factories of lower Andalusia and Portugal in the XV and XVI centuries. Contribution of a digital model of information; Ferreira Lopes, P. (2018). Digital Models of Information - GIS and Graphs - applied in the heritage. The building factory in the old kingdom of Seville in the transition to the Modern Age. (PhD thesis). Sevilla University.</dc:description>

<dcterms:abstract>Esta base de datos contiene información de producción arquitectónica con datos sobre profesionales, edificios, partes de edificios, fechas, usuarios, documentos históricos y, sobre todo, eventos, actividades y relaciones entre redes de producción arquitectónica. Estos datos se encuentran dentro de un marco cronológico entre mediados del siglo XV y XVI. Esta base de datos está adaptada a los modelos GIS y Grafos. Fueron consultadas y añadidas en la base de datos una gran variedad de fuentes, especialmente publicaciones y fuentes de archivo, para recopilar y registrar los datos. Esta base de datos ha sido producto de una tesis doctoral desarrollada por el creador/autor y está vinculada a los proyectos HAR2012-34571; HAR2016-78113-R y HAR2016-76371-P financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España.</dcterms:abstract>

<dcterms:abstract>This database contains information of architectural production with data on professionals, buildings, parts of buildings, dates, patrons, historical documents, and, above all, events, activities and relationship among architectural production networks. These data fall within a chronological framework between the mid-fifteenth and sixteenth centuries. This database is adapted to GIS and Graph

```

models. A large range of source, especially publications
and archival sources, was consulted and inserted in the
database in order to gather and register the data.
This database has been compiled as part of a PhD Thesis
developed by the creator/author and is linked to
Projects HAR2012-34571; HAR2016-78113-R and HAR2016-
76371-P funded by the Ministry of Economy and
Competitiveness of Spain. </dcterms:abstract>

<dc:publisher>Depósito de investigación de la
Universidad de Sevilla</dc:publisher>

<dc:contributor>Pinto Puerto, Francisco
Sebastián</dc:contributor>

<dc:contributor>Molina Rozalem, Juan
Francisco</dc:contributor>

<dc:contributor>Gutiérrez de los Santos, David
</dc:contributor>

<dcterms:available xsi:type="dcterms:W3CDTF">2018-09-
07</dcterms:available>

<dc:type xsi:type="dcterms:DCMIType">Dataset </dc:type>

<dcterms:extent>2616 kb</dcterms:extent>

<dc:identifier>http://hdl.handle.net/10261/7777*</dc:ide
ntifier>

<dc:language xsi:type="dcterms:ISO639-
3">es</dc:language>

<dc:coverage xsi:type="dcterms:TGN">Iberian
Peninsula</dc:coverage>

<dc:coverage xsi:type="dcterms:Period">15th century -
16th century</dc:coverage>

<dc:rights>openAccess</dc:rights>

<dc:rights.holder>Atribución-NoComercial 3.0
España</dc:rights.holder>

<dcterms:rightsholder>Depósito de investigación de la
Universidad de Sevilla</dcterms:rightsholder>

<dcterms:instructionalmethod>Data
Mining</dcterms:instructionalmethod>

</metadata>

```

4.4 Metadatos de la IDE Histórica. Modelo SIG temporal instantáneo (*snapshot*)

4.4.1 INSPIRE directiva metadatos

Los metadatos son generalmente estructurados mediante la utilización de estándares. Uno de los más ampliamente difundidos es el *Dublin Core* que hemos aplicado para generar los metadatos de la Base de Datos. No obstante, mientras *Dublin Core* presenta un modelo que se adecua a la descripción de una gran variedad de formatos de datos, como un *dataset*, no es un modelo idóneo para representar datos temporales que poseen parámetros de geolocalización detallados como lo que encontramos en una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)¹⁶⁴. Esa característica de las IDEs es mejor solucionada por el estándar ISO 19115 *Geographic Information Metadata*¹⁶⁵.

En el contexto europeo, la Directiva INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) establecida en 14 de marzo de 2007 (siendo revisada en 2013) ha sido creada para alcanzar una información espacial de mayor calidad y más interoperable¹⁶⁶. Esta directiva, en lo que corresponde a los estándares de metadatos, está basada en las normas ISO 19115. La ISO tiene como principal objetivo es¹⁶⁷:

“proporcionar una estructura para describir datos geográficos digitales. Este Estándar Internacional está destinado a ser utilizado por analistas de sistemas de información, planificadores de programas y desarrolladores de sistemas de información geográfica, así como otros a fin de comprender los principios básicos y los requisitos generales para la estandarización de la información geográfica.”

Esta norma define los elementos y propiedades de los metadatos, bien como las relaciones entre los elementos y algunas terminologías y procedimientos para que el modelo sea extendido. No obstante, la

¹⁶⁴ Parámetros como la precisión de la definición de las Coordenadas Geográficas, de la Escala, del Sistema de Referencia utilizado, por ejemplo. Otro elemento que también incorpora INSPIRE es la cuestión de la calidad y validez de los datos, ya que la información espacial tiene siempre márgenes de precisión y no una precisión absoluta.

¹⁶⁵ Para más detalles ver norma ISO 19115 -1:2014/Amd 1:2018.

¹⁶⁶ European Commission (2007)

¹⁶⁷ ISO (2013, viii)

implementación de la norma ISO 19115 no garantiza la conformidad con INSPIRE pero sí estar en conformidad con ella, no generando conflictos. Algunos elementos son requeridos por la ISO 19115 que no son en INSPIRE y vice-versa¹⁶⁸.

Dentro de los temas abordados dentro de INSPIRE están:

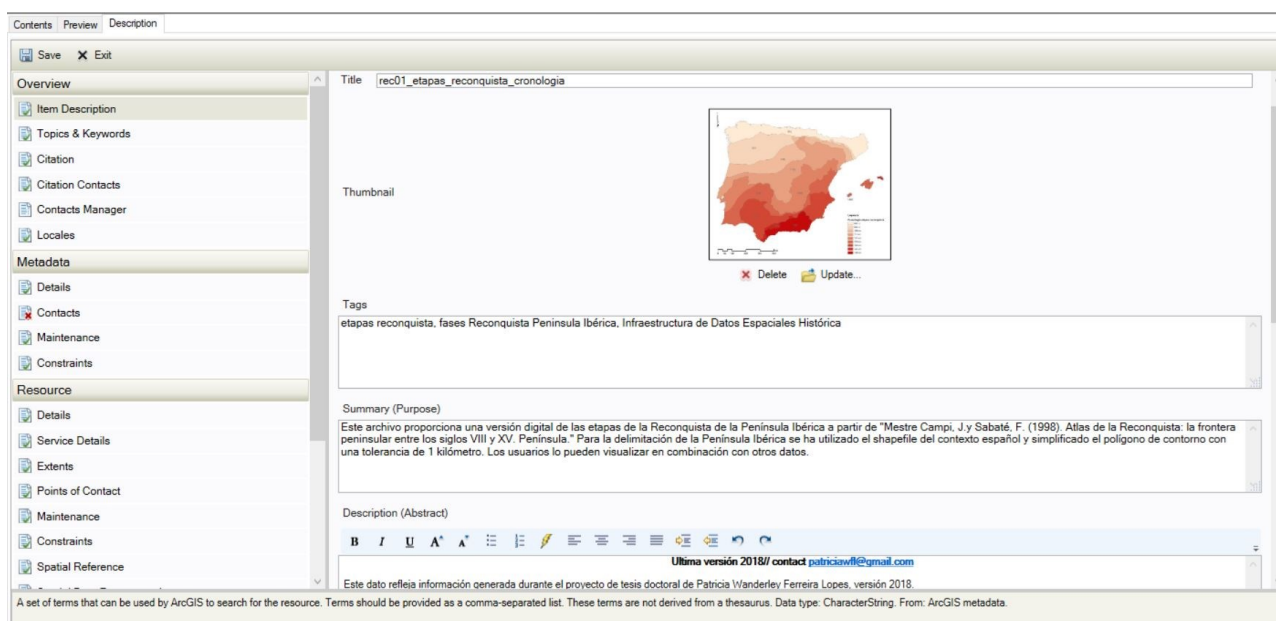
- T.1 Aspectos geográficos de carácter meteorológico
- T.2 Condiciones atmosféricas
- T.3 Cubierta terrestre
- T.4 Direcciones
- T.5 Distribución de la población — demografía
- T.6 Distribución de las especies
- T.7 Edificios
- T.8 Elevaciones
- T.9 Geología
- T.10 Hábitats y biotopos
- T.11 Hidrografía
- T.12 Instalaciones agrícolas y de acuicultura
- T.13 Instalaciones de observación del medio ambiente
- T.14 Instalaciones de producción e industriales
- T.15 Lugares protegidos
- T.16 Nombres geográficos
- T.17 Ortoimágenes
- T.18 Parcelas catastrales
- T.19 Rasgos geográficos oceanográficos
- T.20 Recursos energéticos
- T.21 Recursos minerales
- T.22 Redes de transporte
- T.23 Regiones biogeográficas
- T.24 Regiones marinas
- T.25 Salud y seguridad humanas
- T.26 Servicios de utilidad pública y estatales
- T.27 Sistema de cuadrículas geográficas
- T.28 Sistemas de coordenadas de referencia

¹⁶⁸ Para ver esta comparación de elementos requeridos entre INSPIRE y la ISO 19115 consultar Craglia, M. (2013).

- T.29 Suelo
- T.30 Unidades administrativas
- T.31 Unidades estadísticas
- T.32 Uso del suelo
- T.33 Zonas de riesgos naturales
- T.34 Zonas sujetas a ordenación, a restricciones o reglamentaciones y unidades de notificación

Dentro de la directiva INSPIRE, el tema “Lugares Protegidos” podría ser la primera tentativa para tratar datos históricos y del patrimonio cultural. Por un lado, parece no ser suficiente como bien ha apuntado McKeague¹⁶⁹ acerca de la información generada en Arqueología, o Gregory y Healey¹⁷⁰ con relación a la descripción de metadatos para datos espacio-temporales, como las IDEs históricas. Ese último problema es aún más evidente dado que la generación de datos espaciales con un propósito historiográfico, espacio-temporal, es todavía una materia reciente que está en fases de desarrollo. Por otro, abarca de manera más detallada las peculiaridades de los datos espaciales cuando comparado a otros estándares (Fig. II. 67).

Fig. II. 68 Captura de pantalla del programa ArcCatalog (incluido en el paquete de programas AcGIS Desktop). Verse la ventana para la creación de metadatos según el esquema de INSPIRE, en la parte izquierda se muestran algunos de los elementos descriptivos que se incluyen. Elaboración propia.



¹⁶⁹ McKeague, P. (2012)

¹⁷⁰ Gregory, I. N. y Healey, R. G. (2007)

Dentro del ámbito español, es la Ley 14/2010¹⁷¹ que transpone al ordenamiento jurídico de la Directiva INSPIRE. En el ANEXO III de esta Ley con relación a los datos temáticos generales (otra relación además de la especificada en el ANEXO I y II de la Ley) se recogen las siguientes temáticas¹⁷²:

“a) Militar, ya sea topográfica, naval o aeronáutica, que incluye información necesaria para la Defensa Nacional.

b) Aeronáutica, que incluye información necesaria para la navegación aérea, civil o militar.

c) Forestal o agrícola, que recoge información sobre la estructura de la vegetación forestal o de los cultivos agrícolas, así como de sus aprovechamientos primarios, y sobre el potencial o aptitud del terreno para estos usos.

d) Estadística, que incorpora información socioeconómica.

e) Urbanística, que recoge la información georreferenciada contenida en los instrumentos de ordenación urbanística y territorial e instrumentos de desarrollo, incluyendo el conjunto de disposiciones y determinaciones estructurantes y pormenorizadas que afecten a un determinado ámbito, así como las relaciones entre ellas.

f) De Infraestructuras y servicios, que recoge la ubicación, distribución y capacidades de las instalaciones, redes de transporte, de servicios e infraestructuras.

g) Didáctica, que recoge información física, política o de cualquier otra índole con fines pedagógicos.

*h) Específica, que se considera aquella que proporciona una imagen cartográfica de las características físicas, jurídicas, económicas, sanitarias, industriales, **patrimoniales, culturales**, turísticas, de transportes, ganaderas, sociales, **o de la evolución histórica de un***

¹⁷¹ Esta Ley fue modificada el 23 de mayo de 2018 – Ley 2/2018. Aportando pequeñas modificaciones y añadidos a la ley anterior.

¹⁷² Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España.

territorio, así como los mapas que reflejen una realidad específica conforme a la normativa vigente.”

Esta lista aporta como temática “específica” (punto -h-) el tema de la evolución histórica de un territorio. Para nuestro caso de estudio, sería la definición que se acerca más al propósito de la IDE histórica que hemos construido. No obstante, no queda muy claro si esta evolución histórica está más relacionada con aspectos de cambios físicos del territorio o con una visión más amplia que abarcaría temas historiográficos.

4.4.2 Propuesta

Nuestra propuesta de metadatos para la IDE histórica generada en este proyecto ha adoptado la directiva INSPIRE173 para el proyecto por las siguientes cuestiones:

- El proyecto pretende ser ampliado al contexto europeo. En este sentido, hemos querido adoptar un estándar que estuviera enmarcado en Europa.

- El paquete ArcGIS Desktop utilizado en este proyecto proporciona el programa ArcCatalog® que contempla entre sus herramientas la herramienta de incorporación de Metadatos. El ArcCatalog® ofrece la posibilidad de utilizar diferentes estilos¹⁷⁴: FDG CSDGM Metadata, INSPIRE Directiva de metadatos, ISO 19139 Especificación para implementación de Metadatos, 19139 Especificación para implementación de Metadatos GML 3.2, Perfil de Norte América de la ISO 19115 2003 y Descripción del Ítem (estilo reducido propuesto por ESRI®). Adoptar uno de esos estilos facilitaría la incorporación de los metadatos en el momento que estos estaban siendo generados. Además de la facilidad de trabajar en un mismo

¹⁷⁴ La elección del estilo determinará como los metadatos serán visualizados, exportados, validados y el orden de como aparecen en la ventana de edición del ArcCatalog.

entorno ArcGIS, esta opción también proporcionó un ahorro de tiempo en la organización y sistematización de los datos históricos generados.

- Desde ArcCatalog®, los metadatos pueden ser exportados en el lenguaje XML, facilitando así la interoperabilidad de los metadatos (Fig. II. 68).

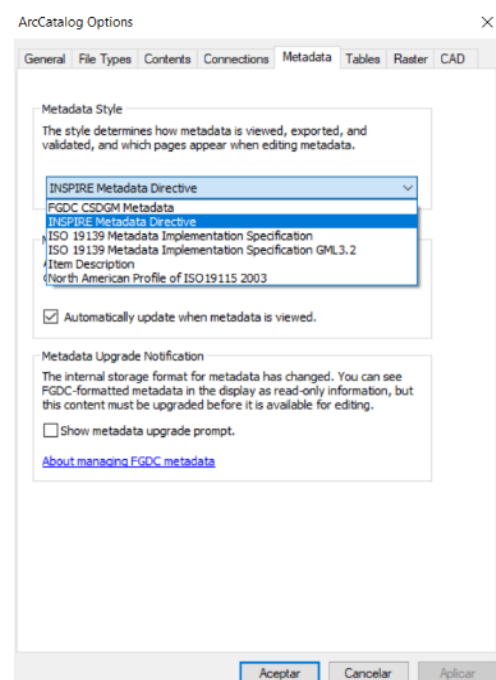
- La directiva proporciona la incorporación de elementos descriptivos relacionados con las cuestiones de datos geográficos bastantes más específicos que otros estándares, como el Dublin Core.

- Es un estándar adoptado por otros proyectos similares al nuestro, como por ejemplo el proyecto “The Digital Atlas of Roman and Medieval Civilizations”¹⁷⁵.

En el caso de esta investigación, el Metadato de la IDE histórica fue definido a dos niveles (pudiendo un *dataset* tener los dos niveles de metadatos):

- 1) A nivel de la entidad en el cual provee dato sobre una entidad individualmente que pertenece a un *dataset*, como por ejemplo el metadato de “precisión” sobre los núcleos de la Cartografía de Villuga.

Fig. II. 69 Captura de pantalla del programa ArcCatalog 10.6. En la pestaña de Metadatos se puede configurar el estilo de metadatos que será utilizado en los datos espaciales. Cada estilo permite una visualización, validación y exportación de los metadatos.



¹⁷⁵ McCormick, M. et al. (2018).

En este nivel, el metadato fue insertado en la propia una tabla formato .xls para luego ser asociado a la tabla de atributos de las entidades geométricas (en este caso, puntos), lo que permite también su análisis y cuantificación. Para este nivel, los metadatos fueron insertados o bien en la hoja de Excel que sería luego conectada a la entidad geométrica espacial en un entorno SIG o bien directamente en la tabla de atributos en el momento de creación/diseño/digitalización de las entidades en el ArcMap (Tabla II. 11).

2) A nivel del *dataset*: los metadatos describen el conjunto de datos de un *conjunto de entidades espaciales*, como por ejemplo en los datos espaciales de las capas de la Reconquista, de las diócesis, de los reinos, de las rutas marítimas etc. Para este nivel, los metadatos fueron insertados utilizando el ArcCatalog. A este nivel se definen los elementos descriptores de metadatos contemplados en la directiva INSPIRE¹⁷⁶.

FID	Shape *	Name	nombre_iv1	cat_iv1543	nombre_GP1	nombre	precision
553	Point ZM	Arganda del Rey	arganda	pueblo importante	Arganda	Arganda del Rey	
554	Point ZM	Vaciamadrid	vaciamadrid	pueblo pequeño	Vaciamadrid	Vaciamadrid	
555	Point ZM	Vallecas	vallecas	pueblo pequeño	Vallecas	Vallecas	
556	Point ZM	Almansa	almansa	pueblo importante	Almansa	Almansa	
557	Point ZM	Bonete	taponet	pueblo pequeño		Bonete	IMPRECISO
558	Point ZM	Villar de Chinchilla	villar	pueblo pequeño	El Villar	Villar de Chinchilla	
559	Point ZM	San Pedro	venta de san pedro	venta	Ventas Pedro	San Pedro	IMPRECISO
560	Point ZM	Almada	almada acuba	pueblo pequeño	Almada	Almada	
561	Point ZM	Palmela	palmeia	pueblo pequeño	Palmela	Palmela	
562	Point ZM	Marateca	mariteca	pueblo pequeño	Marateca	Marateca	
563	Point ZM	Alicacer do Sal	casandosal	pueblo pequeño	Alicacer do Sal	Alicacer do Sal	
564	Point ZM	Palma	palma	pueblo pequeño	Palma	Palma	
565	Point ZM	Torrão	shotarán	pueblo pequeño	Torrão	Torrão	
566	Point ZM	Cuba	acuba	pueblo pequeño	Cuba	Cuba	
567	Point ZM	Serpa	acerpa	pueblo pequeño	Serpa	Serpa	
568	Point ZM	Paymogo	paimogo	pueblo pequeño	Paymogo	Paymogo	
569	Point ZM	Beas	aucas	pueblo pequeño	Bea	Beas	
570	Point ZM	Trigueros	trigueros	pueblo importante	Trigueros	Trigueros	
571	Point ZM	Niebla	niebla	pueblo importante	Niebla	Niebla	
572	Point ZM	La Palma del Condado	palma	pueblo pequeño	La Palma	La Palma del Condado	
573	Point ZM	Vilarrasa	vila rasa	pueblo importante		Vilarrasa	
574	Point ZM	Vilalba del Alcor	villalva	pueblo pequeño	Vilalba	Vilalba del Alcor	
575	Point ZM	Manzanilla	manzanilla	pueblo pequeño	Manzanilla	Manzanilla	
576	Point ZM	Castiella del Campo	castillejo	pueblo pequeño	Castiella	Castiella del Campo	
577	Point ZM	Sanlúcar la Mayor	san lucar de alpechin	pueblo importante	Sanlúcar de Alpechin	Sanlúcar la Mayor	
578	Point ZM	Espartinas	espartinas	pueblo pequeño	Espartinas	Espartinas	
579	Point ZM	Gines	ventas de gines	venta		Gines	
580	Point ZM	Castiella de la Cuesta	castiella de la cuesta	pueblo pequeño	Castiella de la Cuesta	Castiella de la Cuesta	
581	Point ZM	Évora	evóra	capital	Évora	Évora	
582	Point ZM	Retorta	retorta	pueblo pequeño		Retorta	
583	Point ZM	Landera	venta la ledera	venta		Landera	
584	Point ZM	Rio Frio	rio frio	pueblo pequeño		Rio Frio	
585	Point ZM	Fronreira	frontera	pueblo pequeño	Fronreira	Fronreira	
586	Point ZM	Sousel	azucel	pueblo pequeño	Sousel	Sousel	IMPRECISO
587	Point ZM	Alter do Chão	terdocando	pueblo pequeño	Alter do Chão	Alter do Chão	IMPRECISO
588	Point ZM	Crato	arabo	pueblo importante	Crato	Crato	
589	Point ZM	Fior da Rosa	nossa señora flor de rosa	pueblo pequeño		Fior da Rosa	
590	Point ZM	Alpaião	alpaioll	pueblo pequeño	Alpaião	Alpaião	
591	Point ZM	Montalvão	montelbã	pueblo pequeño	Montalvão	Montalvão	
592	Point ZM	Alfrivda	venta do alfrivada	venta		Alfrivda	IMPRECISO
593	Point ZM	Castelo Branco	castillo blanco	pueblo importante	Castelo Branco	Castelo Branco	

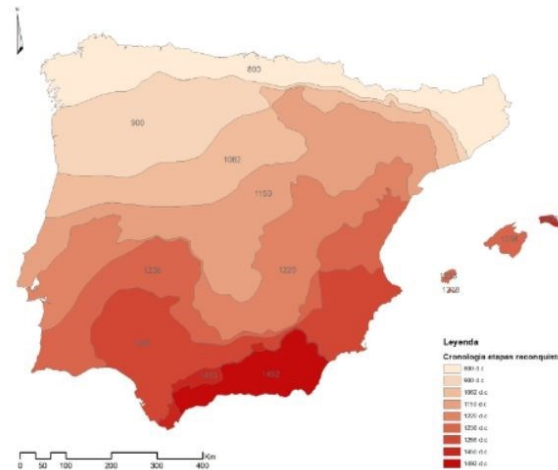
Tabla II. 11 Ejemplo de metadato a nivel de entidad. En este caso se refiere a las entidades del *shapefile* de los núcleos representados en el “Repertorio de los caminos de Villuga”. Captura de pantalla de la tabla de atributos desde ArcCatalog. Elaboración propia.

¹⁷⁶ En el siguiente apartado se presenta una propuesta teniendo como ejemplo la capa de las Etapas de la Reconquista. Para que esta propuesta fuera realmente validada en el estándar INSPIRE faltaría incorporar datos como la URI, URL y los datos acerca de la periodicidad de mantenimiento.

Ejemplo de la aplicación de los descriptores de INSPIRE en la IDE Histórica

rec01_etapas_reconquista_cronologia

Shapefile



Tags

etapas reconquista, fases Reconquista Península Ibérica, Infraestructura de Datos Espaciales Histórica

Summary

Este archivo proporciona una versión digital de las etapas de la Reconquista de la Península Ibérica a partir de Mestre Campi, J.y Sabaté, F. (1998). Atlas de la Reconquista: la frontera peninsular entre los siglos VIII y XV. Para la delimitación de la Península Ibérica se ha utilizado el shapefile del contexto español y simplificado el polígono de contorno con una tolerancia de 1 kilómetro. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos.

Description

Ultima versión 2018// contact patriciawfl@gmail.com

Este dato refleja información generada durante el proyecto de tesis doctoral de Patricia Wanderley Ferreira Lopes, versión 2018.

Cita Referencia

Ferreira Lopes, P. 2018. rec01_etapas_reconquista_cronologia. IDE Histórica del Proyecto de la tesis doctoral: Modelos Digitales de Información – SIG y Grafos – aplicados en el patrimonio. La fábrica edilicia en el antiguo reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna, (versión 2018). Universidad de Sevilla, ETSA Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica. Proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España (HAR2012-34571; HAR2016-78113-R).

Credits

Patricia Wanderley Ferreira Lopes

Use limitations

Este conjunto de datos está bajo Licencia Creative Commons 3.0 atribución-nocomercial y está destinado a trabajo académicos. Aunque se hayan realizado esfuerzos para verificar su precisión, el autor no garantiza que esté libres de defectos.

Extent

West -10.001705 **East** 4.755322
North 43.887522 **South** 35.835114

Scale Range

Maximum (zoomed in) 1:500,000
Minimum (zoomed out) 1:150,000,000

ArcGIS Metadata ►

Topics and Keywords ►

THEMES OR CATEGORIES OF THE RESOURCE boundaries

CONTENT TYPE Map Files

EXPORT TO FGDC CSDGM XML FORMAT AS RESOURCE DESCRIPTION No

THEME KEYWORDS History

Citation ►

*TITLE rec01_etapas_reconquista_cronologia

ALTERNATE TITLES Etapas reconquista Península Iberica

CREATION DATE 2018-08-16 08:00:00

PRESENTATION FORMATS * digital map

FGDC GEOSPATIAL PRESENTATION FORMAT map

RESOURCE IDENTIFIER

VALUE Title: rec01_etapas_reconquista_cronologia

Citation Contacts ►

RESPONSIBLE PARTY

INDIVIDUAL'S NAME Patricia Wanderley Ferreira Lopes

CONTACT'S POSITION researcher

ORGANIZATION'S NAME Universidad de Sevilla

CONTACT'S ROLE principal investigator

CONTACT INFORMATION ►

ADDRESS Calle Alfarería, Sevilla, CP: 41010
 TYPE
 E-MAIL ADDRESS patriciawfl@gmail.com

Resource Details ►

DATASET LANGUAGES * Spanish; Castilian (SPAIN)
 DATASET CHARACTER SET utf8 - 8 bit UCS Transfer Format

SPATIAL REPRESENTATION TYPE * vector

* PROCESSING ENVIRONMENT Version 6.2 (Build 9200) ; Esri ArcGIS
 10.6.0.8321

CREDITS
 Patricia Wanderley Ferreira Lopes

ARCGIS ITEM PROPERTIES

* NAME rec01_etapas_reconquista_cronologia
 * SIZE 0.041
 * LOCATION file://\LAPTOP-
 D7NGVBO6\C\$\00_Windows_C\00_IDE_Tardogótico\SHAPEFILES\
 shp00_contx_reconquista\rec01_etapas_reconquista_cronologia.sh
 p
 * ACCESS PROTOCOL Local Area Network

Hide Resource Details ▲

Extents ►

EXTENT
 GEOGRAPHIC EXTENT
 BOUNDING RECTANGLE
 EXTENT TYPE Extent used for searching
 * WEST LONGITUDE -10.001705
 * EAST LONGITUDE 4.755322
 * NORTH LATITUDE 43.887522
 * SOUTH LATITUDE 35.835114
 * EXTENT CONTAINS THE RESOURCE Yes

GEOGRAPHIC EXTENT
 GEOGRAPHIC DESCRIPTION
 DESCRIPTION CONTAINS THE RESOURCE No

EXTENT IN THE ITEM'S COORDINATE SYSTEM
 * WEST LONGITUDE -64498.472000
 * EAST LONGITUDE 1125783.431400
 * SOUTH LATITUDE 3987859.353400

* NORTH LATITUDE 4859380.321200
* EXTENT CONTAINS THE RESOURCE Yes

Resource Points of Contact ►

POINT OF CONTACT
INDIVIDUAL'S NAME Patricia Wanderley Ferreira Lopes
CONTACT'S POSITION researcher
ORGANIZATION'S NAME Universidad de Sevilla
CONTACT'S ROLE author

CONTACT INFORMATION ►
ADDRESS Calle Alfarería, Sevilla, CP 41010
TYPE
E-MAIL ADDRESS patriciawfl@gmail.com

Resource Constraints ►

CONSTRAINTS
LIMITATIONS OF USE
Este conjunto de datos está bajo Licencia Creative Commons 3.0 atribución-nocomercial y está destinado a trabajo académicos. Aunque se hayan realizado esfuerzos para verificar su precisión, el autor no garantiza que esté libres de defectos.

LEGAL CONSTRAINTS
ACCESS CONSTRAINTS copyright
USE CONSTRAINTS copyright

Spatial Reference ►

ARC GIS COORDINATE SYSTEM
* TYPE Projected
* GEOGRAPHIC COORDINATE REFERENCE GCS_ETRS_1989
* PROJECTION ETRS_1989_UTM_Zone_30N
* COORDINATE REFERENCE DETAILS
PROJECTED COORDINATE SYSTEM
WELL-KNOWN IDENTIFIER 25830
X ORIGIN -5120900
Y ORIGIN -9998100
XY SCALE 450445547.3910538
Z ORIGIN -100000
Z SCALE 10000
M ORIGIN -100000
M SCALE 10000

XY TOLERANCE 0.001
 Z TOLERANCE 0.001
 M TOLERANCE 0.001
 HIGH PRECISION true
 LATEST WELL-KNOWN IDENTIFIER 25830
 WELL-KNOWN TEXT
 PROJCS["ETRS_1989_UTM_Zone_30N",GEOGCS["GCS_ETRS_1989",DATUM["D_ETRS_1989",SPHEROID["GRS_1980",6378137.0,298.257222101]],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],PROJECTION["Transverse_Mercator"],PARAMETER["False_Easting",500000.0],PARAMETER["False_Northing",0.0],PARAMETER["Central_Meridian",-3.0],PARAMETER["Scale_Factor",0.9996],PARAMETER["Latitude_Of_Origin",0.0],UNIT["Meter",1.0],AUTHORITY["EPSG",25830]]

 REFERENCE SYSTEM IDENTIFIER
 * VALUE 25830
 * CODESPACE EPSG
 * VERSION 5.1(4.0.0)

Spatial Data Properties ►

VECTOR ►
 * LEVEL OF TOPOLOGY FOR THIS DATASET geometry only

GEOMETRIC OBJECTS
 FEATURE CLASS NAME rec01_etapas_reconquista_cronologia
 * OBJECT TYPE composite
 * OBJECT COUNT 12

ARCGIS FEATURE CLASS PROPERTIES ►
 FEATURE CLASS NAME rec01_etapas_reconquista_cronologia
 * FEATURE TYPE Simple
 * GEOMETRY TYPE Polygon
 * HAS TOPOLOGY FALSE
 * FEATURE COUNT 12
 * SPATIAL INDEX TRUE
 * LINEAR REFERENCING FALSE

Data Quality and validity ►

LINEAGE
 Este archivo proporciona una versión digital de las etapas de la Reconquista de la Península Ibérica a partir de Mestre Campi, J.y

Sabaté, F. (1998). Atlas de la Reconquista: la frontera peninsular entre los siglos VIII y XV. Para la delimitación de la Península Ibérica se ha utilizado el shapefile del contexto español y simplificado el polígono de contorno con una tolerancia de 1 kilómetro. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos. Nombre del responsable: Patricia Wanderley Ferreira Lopes. Fecha creación del dato: 2018-08-16. Forma de representación: Documento Digital. Estatus del Dato: Completado.

Distribution ►

DISTRIBUTION FORMAT

* NAME Shapefile
VERSION shapefile

TRANSFER OPTIONS

* TRANSFER SIZE 0.041

Fields ►

DETAILS FOR OBJECT rec01_etapas_reconquista_cronologia ►

* TYPE Feature Class
* ROW COUNT 12

DEFINITION

Digitalización a partir de Mestre Campi, J.y Sabaté, F. (1998).

DEFINITION SOURCE

Mestre Campi, J.y Sabaté, F. (1998). Atlas de la Reconquista: la frontera peninsular entre los siglos VIII y XV

FIELD FID ►

* ALIAS FID
* DATA TYPE OID
* WIDTH 4
* PRECISION 0
* SCALE 0
* FIELD DESCRIPTION

Internal feature number.

* DESCRIPTION SOURCE

Esri

* DESCRIPTION OF VALUES

Sequential unique whole numbers that are automatically generated.

MEASUREMENT FREQUENCY as needed

FIELD Shape ►

- * ALIAS Shape
- * DATA TYPE Geometry
- * WIDTH 0
- * PRECISION 0
- * SCALE 0

FIELD DESCRIPTION

Feature geometry. Polígono.

* DESCRIPTION SOURCE
Esri

* DESCRIPTION OF VALUES
Coordinates defining the features.

MEASUREMENT FREQUENCY as needed

FIELD Shape_Area ►

- * ALIAS Shape_Area
- * DATA TYPE Double
- * WIDTH 19
- * PRECISION 0
- * SCALE 0

* FIELD DESCRIPTION

Area of feature in internal units squared.

* DESCRIPTION SOURCE
Esri

* DESCRIPTION OF VALUES
Positive real numbers that are automatically generated.

MEASUREMENT FREQUENCY as needed

FIELD etapa_cron ►

- * ALIAS etapa_cron
- * DATA TYPE Integer
- * WIDTH 5
- * PRECISION 5
- * SCALE 0

FIELD DESCRIPTION

fase cronológica de las etapas de la reconquista

DESCRIPTION SOURCE

Mestre Campi, J.y Sabaté, F. (1998). Atlas de la Reconquista: la frontera peninsular entre los siglos VIII y XV.

Metadata Details ►

* METADATA LANGUAGE Spanish; Castilian (SPAIN)
* METADATA CHARACTER SET utf8 - 8 bit UCS Transfer Format

SCOPE OF THE DATA DESCRIBED BY THE METADATA * dataset
SCOPE NAME * dataset

* LAST UPDATE 2018-08-18

ARCGIS METADATA PROPERTIES

METADATA FORMAT ArcGIS 1.0
STANDARD OR PROFILE USED TO EDIT METADATA INSPIRE

CREATED IN ARCGIS FOR THE ITEM 2018-04-07 22:12:23
LAST MODIFIED IN ARCGIS FOR THE ITEM 2018-08-18 12:11:39

AUTOMATIC UPDATES

HAVE BEEN PERFORMED Yes
LAST UPDATE 2018-08-18 12:11:39

ITEM LOCATION HISTORY

ITEM COPIED OR MOVED 2018-04-07 22:23:58
FROM
C:\00_Windows_C\00_IDE_Tardogótico\SHAPEFILES\shp01_admin
istrativo\etapas_reconquista_cronologia
To \\LAPTOP-
D7NGVBO6\C\$\00_Windows_C\00_IDE_Tardogótico\SHAPEFILES\
shp00_reconquista\etapas_reconquista_cronologia

Metadata Contacts ►

METADATA CONTACT

INDIVIDUAL'S NAME Patricia Wanderley Ferreira Lopes
CONTACT'S POSITION researcher
ORGANIZATION'S NAME Universidad de Sevilla
CONTACT'S ROLE principal investigator

CONTACT INFORMATION ►

ADDRESS Calle Alfarería, Sevilla, CP: 41010.
TYPE
E-MAIL ADDRESS patriciawfl@gmail.com

Metadata Maintenance ▶

MAINTENANCE

UPDATE FREQUENCY as needed

Thumbnail and Enclosures ▶

THUMBNAIL

THUMBNAIL TYPE JPG

Hide Thumbnail and Enclosures ▲

1. CONCLUSIONES

En esta tesis las aplicaciones y oportunidades de los avances de los modelos digitales para investigación de las dimensiones del patrimonio arquitectónico e histórico han sido estudiadas e implementadas desde la perspectiva de la Base de Datos (*e-database*), Ciencias del Sistema de Información Geográfica y la teoría de Grafos. Durante su desarrollo se identificaron cuatro desafíos principales en la investigación del patrimonio tardogótico para los cuales, los modelos digitales y herramientas fueron empleados como hipótesis de solución y futuro desarrollo:

- i. El crecimiento y, a la vez, la dispersión de la información relacionada con el tardogótico, desde su perspectiva historiográfica y arquitectónica.
- ii. La inter y transdisciplinariedad requerida para el desarrollo de la metodología de esta investigación.
- iii. El manejo de datos incompletos y/o imprecisos y de fuentes todavía en formato analógico.
- iv. El desarrollo de análisis de un objeto de estudio complejo que requiere aproximaciones múltiples.

Estos desafíos reflejan también las características que determinan la propia investigación en el campo del patrimonio. En este sentido, se ofrece un avance mediante posibles soluciones a partir de la creación y empleo de una metodología en el objeto de estudio propuesto. Este proyecto piloto ofrece una oportunidad para ampliar los métodos tradicionales en la investigación patrimonial, mediante la aplicación y desarrollo de modelos digitales de información para su registro, análisis y conocimiento. El trabajo ha logrado evaluar los avances de las investigaciones anteriormente realizadas en el ámbito del tardogótico y poner en énfasis la importancia de la aplicación de la sistematización de la información y de herramientas digitales para su estudio.

Asimismo, ha alcanzado resultados y sinergias con otros objetos de estudio y grupos de investigación que apuntan a la continuidad de la línea de investigación trazada en esta tesis.

1.1 Respuestas a las cuestiones planteadas.

La cuestión principal de esta investigación, planteada en el capítulo tercero de la Parte I, es:

¿Qué contribuciones significativas pueden aportar los métodos digitales y las tecnologías de la información (Base de datos, SIG y Grafos) en las investigaciones sobre las dimensiones históricas, sociales, geográficas y arquitectónicas del patrimonio en el territorio?

Con el fin de contestar a esta cuestión central fueron formulados cuatro problemas y preguntas.

P1.: ¿Cómo la uniformización, clasificación y sistematización de los datos puede ser desarrollada con el fin de mejorar el avance en investigaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias, llevando en consideración las particularidades y necesidades de las distintas disciplinas y la heterogeneidad de las fuentes documentales?

Dos capítulos en especial contribuyen para contestar a esta pregunta. En la Parte II de la tesis, el “capítulo 1. Base de Datos” presenta un diseño de base de datos basada en eventos para la uniformización, clasificación y sistematización de la información relacionada con las actividades de la fábrica edilicia durante el tardogótico. Se subraya la importancia de la uniformización de las terminologías y la importancia del registro de las fuentes bibliográficas consultadas para cada registro de actividad. Asimismo, dado las características pertenecientes al propio periodo del objeto de estudio, se explican las relaciones de las diferentes informaciones recogidas en las tablas de la Base de Datos.

En la Parte II, el “capítulo 2. Modelo Basado en SIG -temporal”. En este capítulo el apartado 2.1.2.1 presenta el desarrollo metodológico para la elaboración del modelo SIG temporal instantáneo en el cual se digitaliza y se uniformiza las capas temporales que componen la IDE histórica desarrollada en esta investigación. En este sentido, como información complementaria a los datos recorridos en la base de datos

se crea una Infraestructura de Datos Espaciales histórica que aporta informaciones de contexto histórico relacionadas con el marco temporal del objeto de estudio.

Además, la tesis ha supuesto un considerable avance en el potencial patrimonial de la información recopilada. En muchos casos la información acerca del proceso constructivo de los edificios no se ha documentado o han desaparecido y solo existen referencias tangenciales que hagan referencia de un agente a un edificio. La creación de la Base de Datos y el uso de las herramientas SIG y Grafos nos ha ayudado a percibir y verificar las atribuciones e hipótesis ya existentes a la vez que plantear nuevas. De manera que conseguimos de cierto modo detectar lagunas documentales, siempre teniendo cuidado de que en la propia base de datos esa información quede reflejada como “atribuida” en lugar de “documentada”.

P2.: ¿Cómo el estudio de la producción arquitectónica del tardogótico podrá ser realizado mediante modelos digitales SIG y Grafos con el fin de generar una aproximación integral e interdisciplinar?

Esta pregunta ha sido tratada a lo largo de la tesis en diferentes capítulos. En el “capítulo 4 Metodología” de la Parte I se presenta la metodología seguida para el desarrollo de esta investigación y que se compone de ocho bloques. En particular, los bloques M1, M2, M3, M4, M5 y M6 forman la base para contestar a esta pregunta.

Los capítulos “1. Base de Datos”, “2. Modelos” y el “3. Análisis” de la Parte II presentan más detalladamente como mediante la aplicación de los modelos de información SIG y Grafos se alcanza a una aproximación más cercana de la realidad histórica del fenómeno del Tardogótico, una aproximación de la producción edilicia como Red. Este proyecto es el primero que trata la producción del tardogótico como un sistema complejo interconectado. Hasta entonces, solo han existido estudios biográficos de los agentes, concernientes a un edificio específico o a un conjunto de ellos. De manera que la Base de Datos basada en eventos y los modelos SIG y Grafos sirven para analizar el recorrido de un proceso de transformación tanto a nivel constructivo y biográfico como a nivel de estructuración del territorio.

P3.: ¿Cómo los modelos de la Base de Datos, del SIG y de los Grafos van a ser creados llevando en consideración la posibilidad de compartirlos, reusarlos y editarlos?

La respuesta a esta pregunta ha sido contestada a lo largo de la Parte II de la tesis, en especial en los capítulos 1, 2 y 4. En el capítulo “1. Base de Datos” el re-uso del modelo ha sido uno de los factores condicionantes que ha influido tanto en el diseño como en la elección de la herramienta utilizada. Optando así por un diseño flexible que proporcionada su edición e interoperabilidad en futuros proyectos.

En el capítulo 2. Modelos, en el apartado introductorio y en los apartados 2.1.3 y 2.2.2 se explican las tecnologías empleadas en el modelo SIG y Grafos y la cuestión de su interoperabilidad y re-uso. Con relación a la IDE histórica (modelo SIG temporal instantáneo), su formato *.shapefile* proporciona la posibilidad de su re-uso en otras diferentes herramientas, incluidas las de acceso abierto, como podría ser la herramienta Quantum GIS. Con relación al modelo SIG temporal-entidad, los datos espaciales provienen de las consultas realizadas en la base de datos o por su conexión directa a ella, permitiendo de esta manera mayor flexibilidad y también re-uso de la información. En el caso del modelo Grafo, la base de su información proviene de la Base de Datos. Asimismo, la herramienta utilizada *Gephi* permite la exportación del modelo en la extensión en diferentes formatos (ver tabla II.2 en el apartado 2. Modelos).

El capítulo 4 de la Parte II presenta una propuesta de esquema de metadatos para la Base de Datos y para la IDE Histórica que pretende aumentar la usabilidad de los datos recopilados bien como facilitar la búsqueda, el almacenamiento, la recuperación y el entendimiento de los datos. Para ello, se han seguido las bases de dos estándares: *Dublin in Core* (base de datos) e *INSPIRE* (IDE histórica).

P4: ¿Cómo se pueden observar y estudiar la red de la producción arquitectónica del tardogótico utilizando métodos de análisis que contemplan múltiples escenarios?

La respuesta a esta pregunta ha sido contestada en el capítulo “3. Análisis” con la realización de análisis y visualizaciones en ambos modelos, SIG y Grafos. En el apartado 2.3, mediante análisis espacio-temporales en el entorno SIG se ha aportado visualizaciones que han contemplado el análisis de las redes de caminos, geotemporal de los eventos relacionados con las actividades de la fábrica edilicia, de distribución direccional de un determinado grupo de agentes, así como de las conexiones a escala territorial y regional con el fin de estudiar hipótesis relacionadas a las actividades de los profesionales. También se han podido observar las lagunas temporales de las actividades y realizar simulaciones de rutas con el fin de estudiar los recorridos que podrían haber realizado determinados agentes. En el apartado 3.3, la representación abstracto-relacional del modelo grafo ha desarrollado análisis que complementan la visión del fenómeno del tardogótico con el enfoque en las relaciones de las diferentes entidades que componen el sistema. Se han podido visualizar los principales agentes que han desarrollado más actividades y cuales han sido los focos de la producción arquitectónica. Asimismo, se han realizado varios análisis y consultas para observar temporalmente las relaciones de un determinado agente o grupo de agentes.

1.2 Consideraciones para futuras investigaciones

A raíz del trabajo realizado, se plantea la posibilidad de abrir futuras líneas de investigación. La producción de la arquitectura tardogótica en el antiguo Reino de Sevilla, como en resto de la Península y Europa, ha sido desarrollada en un periodo de gran transferencia artística, motivada y propiciada por las circunstancias económicas, políticas, sociales y culturales de este marco cronológico. En el caso de la Península Ibérica, este fenómeno podría ser estudiado como un macrosistema debido tanto a las características físicas de la propia geografía peninsular como a su evolución histórica y económica tras la última etapa de la reconquista y las conquistas en territorios de América y África. En este sentido, a medio-largo plazo, podríamos ampliar el objeto de estudio de esta tesis de manera que se contemplen también las relaciones con las principales fábricas edilicias de la Península Ibérica. Este salto de marco territorial conllevaría también el aumento de la complejidad del sistema que, para su buen

funcionamiento y eficiencia, debería contemplar otras herramientas que permitiesen el volcado de datos de manera más automatizada, además de estudiar las posibles mejoras en la arquitectura del diseño de la Base de Datos¹.

En este contexto, otra posible línea de investigación a desarrollar podría ser el registro del procedimiento o de la técnica utilizada por el profesional, pues actualmente la Base de Datos alcanza en el registro solo el agente, el objeto/producto resultante de su actuación y su clasificación, sin especificar la técnica o material utilizado. Esto debería ser realizado en primer lugar a partir de la elección de un determinado producto/objeto, como por ejemplo la producción del elemento arquitectónico bóveda, que presenta una notable evolución a lo largo de este periodo histórico en formas, materiales y técnicas constructivas².

A través de las sinergias y colaboración entre nuestro grupo de investigación y la Red Tardogótica, la expansión de los registros y la mejora de la Base de Datos podría ser de gran utilidad, principalmente para mejorar la calidad de acceso a la información y su sistematización. En concreto, podría ser interesante abordar los eventos ocurridos en los principales centros de producción para observar cómo se comportaría cada “micro-sistema” en su evolución espacial y temporal.

Otra futura línea de desarrollo es el análisis detallado de la producción arquitectónica a partir del desarrollo de modelos HBIM junto con el modelo SIG para identificar y analizar características similares y/o distintas (desde la métrica hasta la técnica) de la producción arquitectónica realizada por los profesionales que hayan trabajado en un mismo espacio y tiempo.

¹ El interés en esta línea de investigación fue confirmado ya en 2015 con la aceptación de la propuesta “Mapping European Late Gothic Network” en la convocatoria ERA-NET “Uses of the past” y más recientemente con la realización de una propuesta a un proyecto europeo (MSCA) en conjunto con la FCSH de la Universidad Nova de Lisboa.

Asimismo, la expansión de la base de datos también debería incorporar mejoras en su estructura (ontología y vocabulario) para que pudiera ser conectada con base de datos de otras instituciones y así estar abierta *online* a un público mayor.

² Actualmente el estudio de las técnicas y materiales utilizados para construcción de las bóvedas está siendo realizado por el proyecto DOCOGOTHIC (López Mozo, A. , 2017).

Los primeros resultados del proceso conseguido en esta tesis doctoral se han visto materializados en aportaciones científicas de las cuales se destacan:

Ferreira Lopes, P. (2018a). Achieving the state of research pertaining to GIS applications for cultural heritage by a systematic literature review. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4*, 169-175. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-169-2018.

Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018b, en prensa). Intercambio de Maestros, Saberes y Técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los Siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. En *De la Traça à Edificação*. Universidad de Lisboa.

Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage, 9*, 1-14. doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00074

Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b). Creación de un modelo de información relacional de la red tardogótica. Avances, problemáticas y soluciones. En E. Rabasa Díaz, A. López Mozo y M. A. Alonso Rodríguez (Eds.), *Obra Congrua* (pp.365-377). Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suárez, J. (2016a). Seeing Andalucía's Late Gothic heritage through GIS and Graphs. En *Digital Humanities 2016: Conference Abstracts* (pp. 501-504). Kraków: Jagiellonian University & Pedagogical University. doi.org/10.13140.

Por otro lado, la metodología empleada ha generado sinergia con otros objetos de estudio en el ámbito del patrimonio arquitectónico medieval que se ha visto materializado en la siguiente aportación científica³.

³ Para consultar las publicaciones, ver anexo 3.

Ferreira Lopes, P. y Molina Rozalem, J. F. (2018). Historical SDI, thematic maps and analysis of a complex network of medieval towers (13th-15th century) in the Moorish Strip. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4, 177-183. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-177-2018.

La aplicación de las tecnologías de información digital para el estudio de la historia de la arquitectura proporciona y facilitan su entendimiento mediante la creación de una nueva epistemología reflexiva que integra múltiples visiones, aproximaciones y “tiempos” del pasado. Esta permite que los hechos sean observados y analizados a varias escalas y perspectivas: al crear simulaciones de contextos difíciles de alcanzar con herramientas tradicionales, al reducir la distancia entre los elementos que componen el gran conjunto de información y al permitir que el pasado también sea tan dinámico como es el presente. En suma, permite una visión alternativa de la historia del pasado desde su representación dinámica en el territorio, una mirada muy enfocada en la “visualización” y experimentación, en los datos cuantitativos y cualitativos tanto del espacio conceptual como del real. No obstante, su aplicación debe ser entendida como un método complementario que no reemplaza o substituye los métodos tradicionales de narrativas interpretativas y si los invita a que se unan.

Patricia Wanderley Ferreira Lopes.

Septiembre 2018.

2. CONCLUSIONS

In this thesis, the applications and opportunities of the digital models for the research of architectural and historical heritage's dimensions were studied and implemented from the perspective of the Database (e-database), Geographic Information System and the Graph Theory. During its development, this research identified 4 main challenges in the investigation of the late-Gothic heritage for which the digital models and tools were used in this thesis as a hypothesis of the solution and future developments in this line of research.

- i. The growth and, at the same time, the dispersion of information related to the late Gothic, from its historiographic and architectural perspective.
- ii. The inter and transdisciplinarity required for the development of the methodology of this research.
- iii. The handling of incomplete and / or imprecise data and sources that are still in an analogue format.
- iv. The development of the analysis of a complex study-case that requires multiple approaches.

These challenges also reflect the characteristics that concern the heritage works itself. In this sense, this research offers an advance through possible solutions of these points from the creation and use of a methodology in the proposed study-case. This pilot project offers an opportunity to expand traditional methods in heritage research, through the application and development of digital models of information for its registration, analysis and knowledge. This work has been able to evaluate the opportunities of the research previously carried out in the field of the Late Gothic and to emphasise the importance of the application of the information's systematisation and digital tools for its study. Likewise, it has achieved results and synergies

with other objects of study and research groups, which points to the continuity of the research line outlined in this thesis.

2.1 Answers to the questions raised.

The main issue of this investigation, discussed in the third chapter of Part I, is as follows:

What significant contributions can digital methods and information technologies (Database, GIS and Graphs) provide in research on the historical, social, geographical and architectural dimensions of heritage in the territory?

In order to answer this central question, four problems and questions were asked.

Q1.: How can the standardisation, classification and systematisation of data be developed in order to improve the progress in transdisciplinary and interdisciplinary research, taking into consideration the particularities and needs of the different disciplines and the heterogeneity of the documentary sources?

Two chapters in particular contribute to answering this question. In Part II of this thesis, the "Chapter 1. Database" presents a database design based on events for the standardisation, classification and systematisation of information related to the activities of the building factory during the Late Gothic period. The importance of the standardisation of the terminologies and the significance of the registration of the bibliographic sources consulted for each record of activity is highlighted. Also, given the characteristics of the Late Gothic period, the relationships between different information covered in the tables of the Database are explained.

In Part II, "Chapter 2. SIG-based Model - Temporal". In this chapter, Section 2.1.2.1 presents the methodological development for the creation of the instantaneous temporal GIS model in which the temporal layers that make up the historical SDI developed in this research are digitised and standardised. In this sense, as complementary information to the data covered in the e-database, a

historical spatial data infrastructure is created in order to provide historical context information related to the time frame of the subject of study.

In addition, the thesis has meant a considerable advance in the potential of the heritage information collected. In many cases, the information about the construction process of the buildings has not been documented or has disappeared and there are only tangential references that refer an agent to a building. The creation of the Database and the use of GIS and Graph tools has helped us to perceive and verify the already existing attributions and hypotheses while raising new ones. So, we managed to detect gaps in a certain way, always taking care that in the database itself that information is reflected as "attributed" instead of "documented".

Q2.: How can the study of the architectural production of the Late Gothic be carried out using digital models -GIS and Graph- in order to generate an integral and interdisciplinary approach?

This question has been dealt with throughout the thesis in different chapters. In "Chapter 4 Methodology" of Part I the methodology followed for the development of this research is presented and is composed of eight blocks. In particular, blocks M1, M2, M3, M4, M5 and M6 form the basis for answering this question.

The chapters "1. Database "," 2. Models "and" 3. Analysis "of Part II present in more detail how an approximation closer to the historical reality of the phenomenon of the Late Gothic is reached: an approximation of the building production as a Network, through the application of the GIS and Graph information models. This project is the first that deals with the Late Gothic production as a complex and interconnected system. Until now, there have only been biographical studies of the agents or concerning a specific building or a set of them. In this way, the Database based on events and the GIS and Graph models help to analyse the course of a transformation process both at a constructive and biographical level and at the level of structuring the territory.

Q3: How are the Database, GIS and Graph models going to be created taking into account the possibility of sharing, reusing and editing them?

This question has been answered throughout Part II of the thesis, especially in chapters 1, 2 and 4. In Chapter "1. Database", the reuse of the model has been one of the conditioning factors that has influenced both the design and the choice of the tool used, opting for a flexible design that provides its edition and interoperability in future projects.

In chapter "2. Models", in the introductory section and in sections 2.1.3 and 2.2.2, the technologies used in the GIS and Graphs model and the question of their interoperability and reuse are explained. In relation to the historical SDI (instantaneous and temporal GIS model), its *shapefile* format provides the possibility of its reuse in other, different tools, including open access tools, such as the Quantum GIS© tool. In relation to the temporal-entity GIS model, the spatial data come from the queries made in the database or by its direct connection to it, thus allowing a greater flexibility and also a reuse of the information. In the case of the Graph model, the basis of its information comes from the Database. Also, the Gephi© tool used allows the exporting of the model in the extension in different formats (see Table II.2 in Section 2. Models).

Chapter 4 of Part II presents a proposed metadata schema for the Database and for the Historical SDI that aims to increase the usability of the data collected, as well as facilitating the search, storage, retrieval and understanding of the data. To do so, the bases of two standards have been followed: Dublin in Core (database) and INSPIRE (historical SDI).

Q4: How can the network of the architectural production of the Late Gothic be observed and studied using methods of analysis that contemplate multiple scenarios?

This question has been answered in chapter "3. Analysis "with the realisation of analyses and visualisations in both models, SIG and Graphs. In Section 2.3, through spatio-temporal analysis in the GIS environment, some visualisations and analyses have been provided: the analysis of the road networks, geotemporal analysis of the events

related to the activities of the building factory, analysis of the directional distribution of a certain group of agents and the analysis of the connections at a territorial and regional level in order to study hypotheses related to the activities of professionals. It has also been possible to observe the temporary gaps in the activities and perform simulations of routes in order to study the routes that certain agents could have made.

In Section 3.3, the abstract-relational representation of the graph model has developed analyses that complement the vision of the Late Gothic phenomenon with a focus on the relationships of the different entities that make up the system. It has been possible to visualise the main agents that have developed more activities, and which have been the principal centres of the architectural production. Likewise, several analyses and consultations have been carried out to temporarily observe the relationships of a certain agent or group of agents.

2.2 Considerations for future research lines and debates

As a result of the work carried out, the possibility of opening future lines of research is raised. The production of Late Gothic architecture in the old Kingdom of Seville, as in the rest of the Peninsula and Europe, took place in a period of great artistic transfer, motivated and provided by the economic, political, social and cultural circumstances relevant to this chronological framework. In the case of the Iberian Peninsula, this phenomenon could be studied as a macrosystem due to both the physical characteristics of the Peninsula itself and its historical and economic evolution, after the last stage of the reconquest and the conquests in American and African territories. In this sense, in the medium to long-term, we could expand the subject of study of this thesis to the Peninsula, in order to also contemplate the relations with the main building factories of the Iberian Peninsula. This leap of territorial framework would also entail an increase in the complexity of the system which, for its proper functioning and efficiency, should contemplate other tools that would allow the data to be digitised in a

more automated manner, as well as studying the possible improvements in the database's design architecture ⁴.

In this context, another possible line of research to be developed could be the registration of the procedure or the technique used by the professional/artist, once the Database currently reaches the registry of the agent and the object/product resulting from its activity and its classification without specifying the technique or material used. This must be done first from the choice of a specific product / object, such as the production of the vaulted architectural element which, in this historical period, presents an evolution over time in forms, materials and construction techniques⁵.

Through the synergies and collaboration between our research group and the "*Red Tardogótica*", the expansion of the records and the improvement of the Database could be very useful, mainly to improve the quality of access to information and its systematization. In particular, it could be interesting to address the events that occurred in the main production centres to observe how each "micro-system" would behave in its spatial and temporal evolution.

Another future line of development is the detailed analysis of the architectural production from the development of HBIM models together with the GIS model to identify and analyse similar and/or different characteristics - from the metric to the constructions' technique- associated with the professionals who have worked in the same space and time.

⁴ The interest in this line of research was confirmed in 2015 with the acceptance of the proposal "Mapping the European Late Gothic Network" in the ERA-NET call "Uses of the Past" and more recently with the realization of a proposal for a European project (MSCA) in conjunction with the FCSH at the Nova Lisboa.

Likewise, the growth of the database should also incorporate improvements in its structure (ontology and vocabulary) in order to allow its connection with the databases of other institutions and then made available online to a large audience.

⁵ Currently the study of the techniques and materials used for the construction of vaults is being carried out by the DOCOGOTHIC Project (López Mozo, A., 2017).

The first results of this doctoral thesis have been also materialized in scientific contributions⁶, such as:

Ferreira Lopes, P. (2018a). Achieving the state of research pertaining to GIS applications for cultural heritage by a systematic literature review. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4*, 169-175. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-169-2018.

Ferreira Lopes, P. & Pinto Puerto, F. (2018b, *in press*). Intercambio de Maestros, Saberes y Técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los Siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. In *De la Traça à Edificação*. Universidad de Lisboa.

Ferreira Lopes, P. & Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, 1-14. doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00074

Ferreira Lopes, P. & Pinto Puerto, F. (2017b). Creación de un modelo de información relacional de la red tardogótica. Avances, problemáticas y soluciones. In E. Rabasa Díaz, A. López Mozo y M. A. Alonso Rodríguez (Eds.), *Obra Congrua* (pp.365-377). Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. & Suárez, J. (2016a). Seeing Andalucía's Late Gothic heritage through GIS and Graphs. In *Digital Humanities 2016: Conference Abstracts* (pp. 501-504). Kraków: Jagiellonian University & Pedagogical University. doi.org/10.13140.

On the other hand, the methodology created has generated synergy with other objects of study in the field of medieval architectural

⁶ Please see ANEXO 3

heritage that has been materialised in the following scientific contribution:

Ferreira Lopes, P. & Molina Rozalem, J. F. (2018). Historical SDI, thematic maps and analysis of a complex network of medieval towers (13th-15th century) in the Moorish Strip. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4, 177-183. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-177-2018.

The application of digital information technologies for the study of the history of architecture provides and facilitates their understanding through the creation of a new reflective epistemology that integrates the multiple visions, approximations and "times" of the past. It allows the facts to be observed and analysed on various scales and from different perspectives: by creating simulations of contexts which are difficult to achieve with traditional tools; by reducing the distance between the elements that make up the large set of information; and by allowing the past to be as dynamic as the present. In short, it allows an alternative view of the history of the past from its dynamic representation in the territory, a vision very focused on "visualisation" and experimentation, on the quantitative and qualitative data of both the conceptual and the real space. However, its application should be understood as a complementary method that does not replace or substitute the traditional methods of interpretive narratives, but rather it invites them to come together.

Patricia Wanderley Ferreira Lopes.

September 2018.

| BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

- Abrate, M., Bacciu, C., Hast, A., Marchetti, A., Minutoli, S. y Tesconi, M. (2013). GeoMemories-A Platform for Visualizing Historical, Environmental and Geospatial Changes in the Italian Landscape. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(2), 432-455.
doi.org/10.3390/ijgi2020432
- ADHO. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2018, de <https://adho.org/>
- Aicher, O., Zimmermann, Y. y Vossenkuhl, W. (2001). *Analógico y digital*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Akkus, C. y Ozdenerol, E. (2014). Exploring Childhood Lead Exposure through GIS: A Review of the Recent Literature. *Int J Environ Res Public Health*, 11(6), 6314–6334.
doi.org/10.3390/ijerph110606314
- Alcázar Molina, C. (1953). Las comunicaciones en la época de los Reyes Católicos. En *Curso de conferencias sobre la política africana de los Reyes Católicos*, V (pp. 55-70).
- Alonso Ruiz, B. (2003). *Arquitectura tardogótica en Castilla: los Rasines*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Alonso Ruiz, B. (2005) Los talleres de las catedrales góticas y los canteros del norte. En J. Á. Solórzano Telechea y M. R. González Morales (coord.), *Actas del II Encuentro de Historia de Cantabria*, II (pp.707-728). Santander: Parlamento de Cantabria-Universidad de Cantabria.
- Alonso Ruiz, B. (2010). *Los últimos arquitectos del gótico*. Madrid: Grupo de Investigación de Arquitectura Tardogótica.
- Alonso Ruiz, B. (2011a). *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América*. Madrid: Sílex.
- Alonso Ruiz, B. (2011b). Los tiempos y los nombres del tardogótico castellano. En B. Alonso Ruiz (Eds.) *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América* (pp. 43-80). Madrid: Sílex.
- Alonso Ruiz, B. (2011c). Enrique Egas (ca. 1460-1534). En F. Rodríguez Iglesias (coord.) *Proyecto Andalucía. Tomo XXXV, Artistas Andaluces y Artífices Del Arte andaluz. El Ciclo Humanista*,

- Desde El Último Gótico Al Fin Del barroco. Arquitectos I* (pp. 128-161). Sevilla: Publicaciones Comunitarias.
- Alonso Ruiz, B. (2012). La nobleza en la ciudad: Arquitectura y magnificencia a finales de la edad Moderna. *Studia Histórica. Historia Moderna*, 34, 217-253.
- Alonso Ruiz, B. y Jiménez Martín, A. (2009). *La traça de la Iglesia de Sevilla*. Sevilla: Cabildo Metropolitano.
- Alonso Ruiz, B. y Villaseñor Sebastián, F. (2014). *Arquitectura tardogótica en la Corona de Castilla: trayectorias e intercambios*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Álvarez Luna, Á., Guerrero Vega, J. M. y Romero Bejarano, M. (2003). *La intervención en el patrimonio. El caso de las iglesias jerezanas (1850-2000)*. Cádiz: Servicio Publicaciones Ayto. de Jerez. Cádiz.
- Alves, D. (2016). As Humanidades Digitais como uma comunidade de práticas dentro do formalismo académico: dos exemplos internacionais ao caso português. *Ler História*. 69, 91-103. doi.org/10.4000/lerhistoria.2496.
- Alves, D. y Queiroz, A. I. (2013). Studying Urban Space and Literacy Representations using GIS. Lisbon, Portugal, 1852-2009. *Social Science History*, 37(4), 457-481. doi.org/10.1215/01455532-2346861.
- Alves, D. y Queiroz, A. I. (2015). Exploring Literary Landscapes: From Texts to Spatiotemporal Analysis through Collaborative Work and GIS. *International Journal of Humanities and Arts Computing*, 9 (1), 57-73. doi.org/10.3366/ijhac.2015.0138
- Ampliato Briones, A. L. (1996). *Muro, Orden Y Espacio En La Arquitectura Del Renacimiento Andaluz: Teoría y Práctica en Al Obra de Diego Siloé, Andrés de Vandelvira y Hernán Ruiz II*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- ANDS. (s. f.). Metadata. Recuperado 11 de agosto de 2018, de <http://www.ands.org.au/working-with-data/metadata>
- Angulo Fornos, R., Guerrero Vega, J. M., Pinto Puerto, F. S. (2016). Planimetría del facistol. En Laguna Paúl, T. (coord.), *Facistol de la catedral de Sevilla. Estudios y recuperación* (pp. 243-250). Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla y Catedral de Sevilla.
- Angulo Fornos, R., Pinto Puerto, F. S., Rodríguez Medina, J. y Palomino, A. (2017). Digital Anastylis of the Remains of a Portal by Master Builder Hernán Ruiz: Knowledge Strategies, Methods

and Modelling Results. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 5, 32-41.
doi.org/10.1016/j.daach.2017.09.003

ArcGIS. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2018, de <http://www.esri.es/arcgis/>

Archivo General de Simancas - Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2018, de
<https://www.mecd.gob.es/cultura/areas/archivos/mc/archivos/ags/portada.html>

Arévalo Rodríguez, F. (2003). *La Representación de la Ciudad en el Renacimiento: Levantamiento Urbano y Territorial*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos

Arévalo Rodríguez, F. (2007). La catedral que llegó navegando por el río. Una hipótesis de un canal navegable entre el Guadalete y el Guadalquivir. En A. Jimenénez Martín (Coord.), *La Piedra Postrera V Centenario De La Conclusión De La Catedral De Sevilla: Comunicaciones* (pp.225-247). Sevilla: Ed. Taller Dereceo.

Aronoff, S. (1989). *Geographic Information System: A Management Perspective*. Canada: WDL Publications Ottawa.

Ayers, L. E. (2010). Turning toward Place, Space, and Time. En D. J. Bodenhamer, J. Corrigan y T. M. Harris (Eds.), *The spatial humanities: GIS and the future of humanities scholarship* (pp. 1-13). Indianapolis: Indiana University Press.

Azkarate, A., Barreiro, D., Criado, F., García Camino, I., Gutiérrez Lloret, S., Quirós, J.A. y Salvatierra, V. (2009). La Arqueología hoy. En Ortiz de Landaluze, A. L., (Eds.), *Medio siglo de arqueología en el cantábrico oriental y su entorno* (pp. 599-615). Vitoria-Gasteiz España: Instituto Alavés de Arqueología y Diputación foral de Álava.

Baca, M. (2008). *Introduction to metadata* (2nd ed). Los Angeles, CA: Getty Research Institute.

Bascompte, J. (2009). Disentangling the web of life. *Science*, 325 (5939), 416-419.
doi.org/10.1126/science.1170749

Bayón, D. (1991). *Mecenazgo y arquitectura en el dominio castellano (1475-1621)*, Granada: Dip. Prov. de Granada.

Bello, L., Clements, N., Dickerson, M. y Hogarth, M. (2016). *Critical Collection Analysis: Using DH Tools to Contextualize Historical Collecting Patterns within a Political Framework*. Recuperado el 14 de febrero de 2018, de <http://madelynndickerson.wixsite.com/dh4collections>

- Bentkowska-Kafel, A., Denard, H. y Baker, D. (2012). *Paradata and transparency in virtual heritage. Digital research in the arts and humanities*. Burlington: Ashgate.
- Bermúdez Sánchez, J. (2004). Creación de Rutinas o Macros con el Programa IDRISI: el Cálculo Acumulado de Visibilidades y Rutas Óptimas. En J. C. Martín de La Cruz y A. M^a. Lucena Martín (Eds.), *Actas del I Encuentro Internacional. Informática aplicada a la investigación y la gestión arqueológicas* (pp. 407-418). Córdoba: Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.
- Berthelot, M., Nony, N., Gugi, L., Bishop, A., De Luca, L. (2015). The Avignon bridge: a 3D reconstruction project integrating archaeological, historical and geomorphological issues. *International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL (5/W4)*, 223-227. doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-223-2015
- Blossom, J. (2015). *Geocoding Best Practices*. Center for Geographic Analysis, Harvard University. Recuperado el 14 de febrero de 2015, de <http://gis.harvard.edu/services/blog/geocoding-best-practices>
- Bodenhamer, D. J., Corrigan, J. y Harris, T. M. (Eds.). (2010). *The Spatial Humanities: GIS and the Future of Humanities Scholarship. Humanities*. Indiana University Press. <http://doi.org/10.3366/ijhac.2013.0087>
- Bone, T. y Johnson, D. (2007). Human Factors in GIS Use: A Review and Suggestions for Research. *Proceedings of the Information Systems Education Conference, 24*, 1-15.
- Bonnell J. y Fortin M. (ed.). (2014). *Historical GIS Research in Canada*. Calgary: University of Calgary Press.
- Boughida, K. B. (2005). CDWA Lite for Cataloging Cultural Objects (CCO): A New XML Schema for the Cultural Heritage Community. En *Humanities, Computers and Cultural Heritage: Proceedings of the XVI International Conference of the Association for History and Computing* (pp. 49-56). Amsterdam: Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences. Recuperado en 1 de agosto de 2017, de <https://dans.knaw.nl/nl/over/organisatie-beleid/publicaties/DANShumanitiescomputersandculturalheritageUK.pdf>
- Box, P. (1999). *GIS and Cultural Resource Management: A manual for Heritage Managers*, ed. Suki Dixon. Bangkok: UNESCO.
- Braudel, F. (2001). *El Mediterraneo y el mundo mediterraneo en la época de Felipe II*. Madrid: S.L. fondo de Cultura Económica de España.

- Brughmans, T. (2010). Connecting the dots: towards archaeological network analysis. *Oxford Journal of Archaeology*, 29(3), 277-303. doi.org/10.1111/j.1468-0092.2010.00349.x
- Brughmans, T. y Poblome, J. (2012). Pots in space: understanding Roman pottery distribution from confronting exploratory and geographical network analyses. En E. Barker, S. Bouzarovski, C. Pelling, L. Isaksen (Eds.), *New worlds out of old texts: developing techniques for the spatial analysis of ancient narratives* (pp. 225-280). Oxford: Oxford University Press. doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199664139.003.0011
- Burrough, P.A. y McDonnell, R.A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Burton, D. (1996). *A data standard for GIS with English Heritage Central Archaeology Service*. English Heritage Central Archaeology Service.
- Butler, E. N., Ambs, A.M., Reedy, J. y Bowles H.R. (2011). Identifying GIS measures of the physical activity built environment through a review of the literature. *J Phys Act Health*, 1(S9), 1-7.
- Cacho, S.F. (2011). Aplicación de las Tecnologías de la Información Geográfica a la gestión del patrimonio cultural. *Revista PH*, 77, 94-100.
- Capra, F. y Sempau, D. (1998). *La trama de la vida: Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Anagrama.
- Carmo, M. (2003). *La arquitectura en la era de la imprenta*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Carreras, C. y Soto, Pau de (2013). The Roman transport network: a precedent for the integration of the European mobility. *Historical Methods* 46(3), 117-133. doi.org/10.1080/01615440.2013.803403
- Cartoteca Digital: mapes i fotografies antigues de Catalunya i tot el món. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2018, de <http://cartotecadigital.icc.cat/>
- Cassatella, C. y Carlone, G. (2013). GIS-based visual analysis for planning and designing historic urban landscapes: The case of Turin. En *Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, 2, 45-52. doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6744728
- Castanedo, F. y Gidley, S. (2017). *Understanding metadata: create the foundation for a scalable data architecture*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Castellano Román, M. (2015). Generación de un modelo de información del patrimonio inmueble

- en el momento de su protección jurídica. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 26, 266-277.
- Castellano Román, M. (2017). *La Cartuja de Nuestra Señora de la Defensa en Jerez de la Frontera: un modelo digital de información para la tutela de bienes inmuebles del patrimonio cultural*. (Tesis Doctoral Inédita). Sevilla, Universidad de Sevilla.
- Castells, M. (1995). *La ciudad Informacional: tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional*. Madrid: Alianza Editorial.
- Català Domènech, J. M. y Argullol, R. (2005). *La imagen compleja: la fenomenología de las imágenes en la era de la cultura visual*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions.
- Chatzigrigoriou, P. (2016). Taking the next step in digital documentation of historic cities: How hermes evolved in an open data digital library of historic buildings. *Lecture Notes in Computer Science*, 10058, 144-156. doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9_12
- Chaunu, P. (1983). *Sevilla y América siglos XVI y XVII*. Utrera: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Chías Navarro, P. (1992). La cartografía y la expresión gráfica del soporte arquitectónico. IV Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, Vol.1, pp.357-359.
- Chías Navarro, P. (2012). El arte de describir el territorio: mapas y planos históricos en torno al puente de Alcántara (Cáceres, España). *Informes de la construcción*, 64, 121-134. doi.org/10.3989/ic.11.071
- China Historical GIS CHGIS (2018). Recuperado el 14 de octubre de 2017, de <http://sites.fas.harvard.edu/~chgis/>
- CIDOC CRM. (s. f.). Recuperado el 20 de agosto de 2018, de <http://www.cidoc-crm.org/>
- CIDOC. (1995). *Draft International Core Data Standard for Archaeological Sites and Monuments*. International Documentation Committee, International Council of Museums.
- Claramount, C., Thériault, M. (1995). Managing time in GIS and event-oriented approach. En J. Clifford y A. Tuzhilin (Eds), *Recent advances in temporal databases. Workshops in Computing* (pp. 23-24). London: Springer. doi.org/10.1007/978-1-4471-3033-8_2
- Cohen, D. J., et al. (2008). Interchange: The Promise of Digital History. *The journal of American History*, 95 (2), 452-491. doi.org/10.2307/25095630

- Collantes de Terán Sanchez, A. (2004). Las ciudades andaluzas en la transición de la Edad Media a la Moderna. *Minervae Baeticae. Boletín de la Real Academia Sevillana de Buenas Letras*, 32, 30-124.
- Collantes de Terán Sanchez, A. (2006). Una ciudad, una catedral. En A. Jiménez Martín (coord.), *La catedral de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva* (pp. 115-146). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Consortio de Santiago (s.f.). *Sistema de Información Patrimonial de Santiago de Compostela*. Recuperado el 20 de enero de 2015, de <http://sip.consorciodesantiago.org/SIPWeb/#p=0>
- Cosa, Juan de la (1510). Carta universal. Madrid: Editorial Egeria. Recuperado de <http://bibliotecadigital.rah.es/dgbrah/i18n/consulta/registro.cmd?id=61015>
- Craglia, M. (2013). *INSPIRE metadata implementing rules: technical guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119*. INSPIRE –Infrastructure for spatial information in Europe. Recuperado de <https://inspire.ec.europa.eu/documents/inspire-metadata-implementing-rules-technical-guidelines-based-en-iso-19115-and-en-iso-1>
- Crespo Solana, A. (2014). *Spatio-temporal narratives: historical GIS and the study of global trading networks (1500-1800)*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing.
- Crespo Solana, A., Sánchez-Crespo Camacho, J. M. y Maestre Martínez, R. (2010). *CrespoDynCoopNet dataCollections*. doi.org/10.20350/digitalCSIC/212. Recuperado el 08 de abril de 2016, de <http://digital.csic.es/handle/10261/28394>.
- CSDH / SCHN. (s. f.). Recuperado el 9 de agosto de 2018, de <http://csdh-schn.org/>
- Curull, F. S. I. y Campi, J. M. i. (1998). *Atlas de la «reconquista»: la frontera peninsular entre los siglos VIII y XV*. Península.
- Date, C. J. (2006). *An introduction to database systems*. Pearson Education India.
- DCMI. (2018) [1995]. Recuperado el 13 de agosto de 2018, de <http://dublincore.org/>
- DCMI: DCMI Metadata Terms. (2018). Recuperado el 15 de agosto de 2018, de <http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/>
- DCMI: Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description. (2018). Recuperado el 15 de agosto de 2018, de <http://dublincore.org/documents/dces/>

- DCMI: Interoperability Levels for Dublin Core Metadata. (2018). Recuperado 13 de agosto de 2018, de <http://dublincore.org/documents/interoperability-levels/>
- DCMI: Metadata Basics. (2018). Recuperado 15 de agosto de 2018, de <http://dublincore.org/metadata-basics/>
- De Hond, R. (2013). 3D GIS for mapping the via appia. Explorative survey. En H. Duinker y E. Hopman (Eds.), *Conference proceedings Symposium Onderzoek Jonge Archeologen 2013*. Groningen 12 abril.
- De la Rosa, J. y Suárez, J. L. (2015). A Quantitative Approach to Beauty. Perceived Attractiveness of Human Faces in World Painting. *DAH-Journal*, 1, 112-129. doi.org/10.11588/dah.2015.1.21640
- De la Rosa, J. y Suárez, J. L. (2016). The Life of Lazarillo de Tormes and of His Machine Learning Adversities. *Lemir*, 20, 373-438.
- De la Rosa, J., Suárez, J. L. y Sancho Caparrini, F. (2013). SylvaDB: A Polyglot and Multi-backend Graph Database Management System. En *Proceedings of the 2nd International Conference on Data Technologies and Applications* (pp. 285-292). doi.org/10.5220/0004475702850292
- De Montis, A. y Caschili, S. (2012). Nuraghes and landscape planning: Coupling viewshed with complex network analysis. *Landscape and Urban Planning*, 105(3), 315-324. doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.005
- Dear, M., Ketchum, J., Luria, S., y Richardson, D. (2011). *GeoHumanities: Art, and the Future of Humanities Scholarship*. Bloomington, IN: Indiana University
- Del Bosque González, I., Fernández Freire, C., Martín-Forero Morente, L. y Pérez Asensio, E. (2012). *Los sistemas de información geográfica y la investigación en ciencias humanas y sociales*. Madrid: Confederación Española de Centros de Estudios Locales.
- Deleuze, G. y Guattari, F. (1972). *Capitalisme et Schizophrénie 1. L'Anti-Œdipe*. París: Minuit.
- Docogothic. Base de datos de construcción tardogótica hispánica. (2017). Recuperado 11 de agosto de 2018, de <http://vaultsconstruction.com/>
- Domenjoud, M., Vial, T. (2012). Graph database: an overview. *Octo*. Recuperado en 5 de agosto de 2014 de <https://blog.octo.com/en/graph-databases-an-overview/>
- EAD: Encoded Archival Description (2018). Recuperado 13 de agosto de 2018, de

<http://www.loc.gov/ead/>

Ethington, P. J. (2007). Placing the Past: 'Groundwork' for a Spatial Theory of History, *Journal of Rethinking History*, 11, 465-493.

European Commission. (2007). *Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007 por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea* (Inspire).

Europeana Collections (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2018, de <https://www.europeana.eu/portal/?locale=es>

Fandry, C., Slawinski, D. y Pender, L. (2005). *Two-Rocks moorings data 2004 - 2005*. v2. CSIRO. Data Collection. <https://doi.org/10.4225/08/50F624325B0A7>

Ferreira Lopes, P. (2012). El Patrimonio inmaterial de la antigua fábrica Tacaruna. En M. Á. Álvarez Areces (coord.), *Patrimonio inmaterial e intangible de la industria: artefactos, objetos, saberes y memoria de la industria* (pp. 539-550). Gijón: CICEES ediciones.

Ferreira Lopes, P. (2014). El paisaje ferroviario. Miradas geoexperimentales. En M.ª D. Palazón Botella y M. López Sánchez (coord.), *Actas de las III Jornadas de Patrimonio Industrial Activo* (pp. 74-83). Madrid, España: Jóvenes vinculados al Patrimonio Industrial.

Ferreira Lopes, P. (2015). La producción del sistema ferroviario. Hacia una IDE histórica del patrimonio ferroviario de Andalucía. *Virtual Archaeology Review Journal*, 13, 39-48.

Ferreira Lopes, P. (2016). El proceso ferroviario en Andalucía: en el espacio leemos el tiempo. En M. Á. Álvarez Areces (coord.), *El patrimonio industrial en el contexto histórico del franquismo 1939-1975* (pp. 95-100). Gijón: CICEES ediciones.

Ferreira Lopes, P. (2017). Datos e imagen. La visualización como herramienta arquitectónica. En *ACCA 016: análisis y comunicación contemporánea de la arquitectura* (pp. 144-159). Sevilla: Universidad de Sevilla.

Ferreira Lopes, P. (2018a). Achieving the state of research pertaining to GIS applications for cultural heritage by a systematic literature review. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4*, 169-175. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-169-2018.

Ferreira Lopes, P. (2018b, *en prensa*). La transformación del proceso de investigación en Historia de la Arquitectura con el uso de las tecnologías digitales. *ArtNODES*

- Ferreira Lopes, P. (2018c, *en revisión**). SIG e história da arquitetura. Avanços no estudo das redes de caminhos da Península Ibérica do século XVI. *Digital Humanities Quaterly*. *En 2ª ronda de revision por pares.
- Ferreira Lopes, P. y Molina Rozalem, J. F. (2018). Historical SDI, thematic maps and analysis of a complex network of medieval towers (13th-15th century) in the Moorish Strip. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4, 177-183. doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-177-2018
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2015). Application of a Schema to Late Gothic Heritage: Creating a Digital Model for a Spatio-temporal Study in Andalusia. *WIT Transactions on the Built Environment*, 153, 29-41. doi.org/10.2495/STR150031
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017a). The interdisciplinary study of Late Gothic heritage through the application of data Technologies. En *Actas Interdisciplinary Futures: Open the Social Sciences 20 Years Later International Conference*. Lisboa: Portugal.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017b). Creación de un modelo de información relacional de la red tardogótica. Avances, problemáticas y soluciones. En E. Rabasa Díaz, A. López Mozo y M. A. Alonso Rodríguez (Eds.), *Obra Congrua* (pp.365-377). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017c). Hacia una geografía patrimonial. Nuevos mecanismos para entender y gestionar el patrimonio. *Revista Internacional de Humanidades*. CGPublisher, 5(1), 1-10. doi.org/10.18848/2474-5022/CGP/v05i01/1-10.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2017d). Análisis georrelacional de la fábrica arquitectónica en el Antiguo Reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna. En Nuria Rodríguez Ortega (eds.) *Actas III Congreso de la Sociedad Internacional Humanidades Digitales Hispánicas Sociedades, políticas, saberes*, pp. 261-267. ISBN: 978-84-697-5692-8.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018a). GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, 1-14. doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00074.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018b, *en prensa*). Intercambio de Maestros, Saberes y Técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los Siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. En *De la Traça à Edificação*. Universidad de Lisboa.

- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018c, *en revision**). El aprendizaje del SIG en la formación de los alumnos de arquitectura. *Revista Cultura y Educación*. Taylor & Francis. *2ª ronda de revision por pares.
- Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suárez, J. (2016a). Seeing Andalucía's Late Gothic heritage through GIS and Graphs. En *Digital Humanities 2016: Conference Abstracts* (pp. 501-504). Kraków: Jagiellonian University & Pedagogical University. doi.org/10.13140.
- Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suárez, J.L. (2016b). Aplicación de nuevos modelos digitales para el conocimiento del patrimonio tardogótico en Andalucía. En *Actas del Congreso Euro-Americano REHABEND 2016. Patología de la Construcción, tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio* (pp. 178-185).
- Fischer, M. M. y Nijkamp, P. (1992). Geographic information System and spatial analysis, *The annals of Regional Science*, 26 (1), 3-17. doi.org/10.1007/BF01581477.
- Fish, S. (2011, junio 13). The Triumph of the Humanities. En *New York Times*. Recuperado el 8 de agosto de 2018, de <https://opinionator.blogs.nytimes.com/2011/06/13/the-triumph-of-the-humanities/>
- Fisher, P. F., Farrelly, C., Maddocks, A. y Ruggles, C. L. N. (1997). Spatial analysis of visible areas from the Bronze Age cairns of Mull. *Journal of Archaeological Science*, 24 (7), 581–592. doi.org/10.1006/jasc.1996.0142.
- Fletcher, R., Johnson, I., Bruce, E. y Khun-Neay, K. (2007). Living with heritage: site monitoring and heritage values in Greater Angkor and the Angkor World Heritage Site. *World Archaeology*, 39(3), 385-405.
- Folch, R. (2003). *El territorio como sistema: conceptos y herramientas de ordenación*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Foresman, T. W. (Ed.) (1997). *The History of Geographic Information Systems: Perspectives from Pioneers*. Prentice Hall PTR.
- Frankl, P. (2002) [1965]. *Arquitectura Gótica*. Ediciones Cátedra. Madrid.
- Freire, P. y Shor, I. (2014). *Miedo y osadía la cotidianidad del docente que se arriesga a practicar una pedagogía transformadora*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina.
- Fuster Ruiz, R., Aguadé Torrell, J. y Rendón Gómez, A. (2013). *Signos Lapidarios. Proyecto SIGNO*

(Sociedad de Investigaciones Gliptográficas para la Normalización y Ordenación). Recuperado el 14 de enero de 2018, de <http://www.signoslapidarios.org/inicio/proyecto/objetivos-de-la-asociacion>

Gajos, M. y Sierka, E. (2012). GIS Technology in Environmental Protection: Research Directions Based on Literature Review. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21 (2), 241-248.

Galton, A. (2004). Fields and Objects in Space, Time and Space-Time. *Spatial Cognition and Computation*, 4(1), 1-29. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/404b/767a76fa360bed88663247b18f5f311c0dfb.pdf>

García Cuetos, M. P. (2011). Raíces del tardogótico castellano. La arquitectura europea en el contexto del último gótico: ¿una arquitectura paneuropea? En B. Alonso Ruiz (Eds.). *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América* (pp. 17-42). Madrid: Sílex.

Genin, S., Moreira, R. y Jonge, K. (2011). As igrejas-salão portuguesas. A inovação de João Castillo. En B. Alonso Ruiz (Eds.). *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América* (pp. 543-572). Madrid: Sílex.

Gephi - The Open Graph Viz Platform. (2017). Recuperado el 4 de agosto de 2016, de <https://gephi.org/>

Gestoso y Pérez, J. (1899). *Ensayo de un diccionario de los artífices que florecieron en esta ciudad de Sevilla desde el siglo XIII hasta el XVIII*. T. I. Sevilla.

Gil, A. (2016). From the city scale to the building scale: virtual reconstruction of monastic Lisbon. En *Proceedings EAUH Conference*, Helsinki, agosto 2016.

Gilliland, A. J. (2008). Setting the Stage. En M. Baca (Eds.), *Introduction to metadata* (pp.1-19). Los Angeles, CA: Getty Research Institute.

GmbH, K. T. (s. f.). *Old Maps Online*. Recuperado 8 de agosto de 2018, de <https://www.oldmapsonline.org>

Google Maps. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2018, de <https://www.google.com/intl/es/maps/about/mymaps/>

Gough, D., Oliver, S. y Thomas, J. (2012). *An Introduction to Systematic Reviews*. London: SAGE Publications.

Gough, D., Oliver, S. y Thomas, J. (2013). *Learning from research: Systematic reviews for informing*

policy decisions: A quick guide. Alliance for Useful Evidence. London: Nesta.

Graham, S. (2006). Networks, agent-based models and the Antonine itineraries: implications for Roman archaeology. *Journal of Mediterranean Archaeology*, 19(1), 45–64.
doi.org/10.1558/jmea.2006.19.1.45

Grassi, G. (1973). *La construcción lógica de la arquitectura*. Barcelona: COACB.

Gregory, I. N. (2003). *A place in History. A guide to using GIS in Historical Research*. Oxford: Oxbow.
Recuperado el 14 de febrero de 2015, de <http://hds.essex.ac.uk/g2gp/gis/index.asp>

Gregory, I. N. (2005). The Great Britain Historical GIS. *Historical Geography*, 33, 132-134.

Gregory, I. N. (2014). Challenges and opportunities for digital history. *Front. Digit. Humanit*, 1.
doi.org/10.3389/fdigh.2014.00001

Gregory, I. N. y Ell, P. (2007). *Historical GIS: technologies, methodologies, and scholarship*.
Cambridge Studies in Historical Geography. doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Gregory, I. N. y Geddes, A. (2010). Conclusions: from historical GIS to Spatial Humanities. Challenges and Opportunities. En I. N. Gregory y A. Geddes (Eds.), *Toward Spatial Humanities Historical GIS and Spatial History* (pp. 172-185). Indiana University Press.

Gregory, I. N. y Healey, R. G. (2007). Historical GIS: structuring, mapping and analysing geographies of the past. *Progress in Human Geography*, 31 (5), 638-653.
doi.org/10.1177/0309132507081495

Gregory, I. N. y Reinhold, A. (2017). Geographical Information System in the Digital Humanities. Curso impartido en el *Lancaster Summer School in corpus linguistics and other digital methods 2017*. Lancaster: United Kingdom.

Gregory, I. N., Bennett, C., Gilham, V.L. y Southall, H.R. (2002). The Great Britain Historical GIS: From maps to changing human geography. *Cartographic Journal*, 39, 37-49.

Grupo de Investigación de Arquitectura Tardogótica. (s. f.). Tardogótico. Red de Investigación.
Recuperado 8 de agosto de 2018, de <http://www.tardogotico.net/es/inicio/>

Guerrero Vega, J. M. (2018, *en prensa*). *Espacio y construcción en la Arquitectura Religiosa Medieval de Jerez de la Frontera*. Sevilla: Editorial de la Universidad de Sevilla.

Guerrero Vega, J. M., Pinto, F., Mora, G. y Redondo, M. (2017). Bóvedas tardogóticas en los

- oratorios palatinos sevillanos. El caso de la capilla de la Flagelación de la Casa Pilatos. En E. Rabasa Díaz, A. López Mozo y M. A. Alonso Rodríguez (Coord.), *Obra Congrua* (pp. 227-240). Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Guptil, S. C. (1999). Metadata and data catalogues. En P. A. Longley, M. F. Goochild, D. J. Maguire y D. W. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications* (pp. 677-692). Chichester: Wiley.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? *Papers of the Regional Science Association*, 24, 7–21.
- Hasensatb, R. J. (1983). *A preliminar cultural resource sensitivity analysis for flood control facilities construction in the Paissaic River basin of New Jersey*. Marietta: US Army Corps of Engineers.
- Hernando, M. D. y Ladero Quesada, M. A. (2009). Caminos y ciudades en España de la Edad Media al siglo XVIII. *La España Medieval*, 32, 347-382. Recuperado de <http://revistas.ucm.es/index.php/ELEM/article/view/ELEM1010110347A/21157>
- Herzog, I. (2013). Theory and practice of cost functions. En *CAA 2010. 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (pp. 375 – 382). Oxford: Archaeopress. Recuperado el 15 febrero de 2015, de https://publikationen.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/60793/59_Herzog_CAA_2010.pdf?sequence=2
- Hillier, B. (1999). *Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture*. Cambridge University Press.
- Humanidades Digitales Hispánicas. (s. f.). Recuperado el 9 de agosto de 2018, de <http://www.humanidadesdigitales.org/inicio.htm;jsessionid=88A97DF1B2F81DF6D61DE3CB2AC32019>
- Iannella, R. y Waugh, A. (1997). Metadata: enabling internet. En *Proceedings of Cause 1997, the information Professions and the Information Professional* (pp. 87-98). Brisbane: Systems technology Center.
- IAPH (s. f.). *Patrimonio Inmueble de Andalucía*. Recuperado 9 de noviembre de 2015, de <http://www.iaph.es/patrimonio-inmueble-andalucia/>
- IdeCastrexo. (s. f.). *De Arqueológica da Idade de Ferro en Galicia*. Recuperado el 25 de enero de 2017, de <http://idepatri.cesga.es/>
- Imízcoz Beunza, J. M. y Ruiz, L. A. (2011). Redes sociales y correspondencia epistolar. Del análisis

cuantitativo de las relaciones personales a la reconstrucción de redes egocentradas. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 21(2), 98-138.
<https://doi.org/10.5565/rev/redes.419>

Imízcoz Beunza, J.M. (2017). El paradigma relacional. Actores, redes, procesos para una historia global. En M. Bertrand, F. Andújar y T. Glesener (Eds.), *Gobernar y reformar la monarquía. Los agentes políticos y administrativos en España y América Siglos XVI-XIX* (pp. 65-80). Valencia: Albatros.

Infante Limón, E. (2016). La cabecera tardogótica de la parroquial de Santa María de Niebla (Huelva): una obra promovida por el arzobispo fray Diego de Deza. En B. Alonso Ruiz y J. C. Rodríguez Estévez (eds.), *1514, Arquitectos tardogóticos en la encrucijada, Sevilla* (pp.237-248). Sevilla: Universidad de Sevilla.

InfiniteGraph. (2013, enero 27). Recuperado 7 de agosto de 2018, de
<https://www.objectivity.com/products/infinitegraph/>

Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Cartografía Histórica de Andalucía. (s. f.). Recuperado el 8 de agosto de 2018, de
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/prodCartografia/cartoteca/index.htm>

Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA). (s. f.). Recuperado el 9 de agosto de 2018, de
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/>

Instituto Geográfico Nacional. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2018, de
<http://www.ign.es/web/ign/portal>

ISO (2013). *ISO 19115 Geographic Information Metadata*.

ISO (2015). *ISO 19109: 2015. Geographic information -- Rules for application schema*.

ISO 15489-1 (2016). *UNE-ISO 15489-1: 2016 (E). Information and documentation – Records management. Part 1: Concepts and principles*. AENOR. Recuperado de
<https://static1.squarespace.com/static/5a1c710fbce17620f861bf47/t/5a45d41353450a6f05e9b138/1514525716795/ISO%2B15489-1-2016.pdf>

Jackson, C., 2017. Using social network analysis to reveal unseen relationship in medieval Scotland. *Digital Scholarship in the Humanities*, 32(2), 336-343. doi.org/10.1093/llc/fqv070

doi.org/10.1093/llc/fqv070

- Jacobs, J. (2006). A geography of big things. *Cultural Geographies*, 1, 1-27.
- Jaskot, P. B., Knowles, A. K., Wasserman, A., Whiteman, S. y Zweig, B. (2015). A Research-Based Model for Digital Mapping and Art History: Notes from the Field. *Art/@s Bulletin*, 4(1), 65-74.
- Jiménez Martín, A. (2006). *La catedral gótica de Sevilla: fundación y fábrica de la obra nueva*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Vicerrectorado de Investigación.
- Jiménez Martín, A. (2014). La catedral de Sevilla y el gótico mediterráneo. En B. Alonso Ruiz y F. Villaseñor Sebastián (Eds.) *Arquitectura Tardogótica en la corona de Castilla: trayectorias e intercambios* (pp. 179-200). Santander: Universidad de Cantabria.
- Jiménez Martín, A. (2016). El principio del fin. En B. Alonso Ruiz y J. C. Rodríguez Estévez (Eds.), *1514 Arquitectos tardogóticos en la encrucijada* (pp. 17-30). Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla.
- Jiménez, S. F. (2004). ¿Se hace camino al andar? Influencia de las variables medioambientales y culturales en el cálculo de caminos óptimos mediante SIG. *Trabajos de Prehistoria*, 61 (2), 25-40. doi.org/10.3989/tp.2004.v61.i2.41
- Johnson, S. (2008). *Sistemas emergentes o Qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: Turner.
- Knappett, C. (2013). Introduction: Why Networks? En C. Knappett (Eds.), *Network Analysis in Archaeology. New Approaches to regional Interactional* (pp. 3-16). Oxford: Oxford University Press.
- Knowles, A. K. (2002). *Past Time, Past Place: GIS for History*. Redlands, CA: ESRI Press.
- Knowles, A. K. y Hillier, A. (2008). *Placing History: how maps, spatial data, and GIS are changing historical scholarship*. Redlands, CA: ESRI Press.
- Kvamme, K. L. (1983). *A manual for predictive site location models: examples from the Grand Junction District Colorado*. Bureau of Land Management: Grand Junction District.
- Kvamme, K. L. (1990a). GIS algorithms and their effects on regional archaeological analyses. En K. M. S. Allen, S.W. Greeny y E. B.W.Zubrow (Eds.), *Interpreting Space: GIS and Archaeology* (pp. 112-125). London: Taylor & Francis.
- Kvamme, K. L. (1990b). One-sample tests in regional archaeological analysis: new possibilities

through computer technology. *American Antiquity* 55, 367–381.

Ladero Quesada, M. A. (1999). *Andalucía a fines de la Edad Media*. Cádiz: Servicio de publicaciones Universidad de Cádiz.

Lamenza, G.N. (2015). SIG y teledetectación en investigaciones del Chaco argentino. *Arqueología Iberoamericana*, 27, 40-54.

Langran, G. (1992). *Time in Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis.

Lazzari, M., Patriziano, M.S. y Aliano, G.A. (2014). GIS assessment and planning of conservation priorities of historical centers through quantitative methods of vulnerability analysis: An example from southern Italy. En *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2014. Lecture Notes in Computer Science*, 8580(2), 677-692. Cham: Springer International Publishing Switzerland.

Lefebvre, H. (2013). *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing.

Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España. Boletín Oficial del Estado, núm. 163, de 6 de julio de 2010, Sec. I. pp. 59628 a 59652.

López Mozo, A. (2009). *Bóvedas de Piedra de El Escoria* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

López Mozo, A. (2017). Docogothic, red para la documentación de la construcción tardogótica hispánica. En E. Rabasa Díaz, A. López Mozo y M. A. Alonso Rodríguez (Eds.), *Obra Congrua* (pp. 3-6). Madrid: Instituto Juan de Herrera.

López Toro, J. (1951). *Viaje por España y Portugal, 1494-1495*. Del original Codex Latinus Monacensis 431 (CLM 431). Madrid.

López Vargas Machuca, F. (2016). La irradiación del gótico-mudéjar jerezano: el Divino Salvador de Vejer de la Frontera. En F. Perez Mulet y F. Aroca Vicenti (Eds.), *Nuevas aportaciones a la Historia del Arte en Jerez de la Frontera y su entorno* (pp.17-48). Cádiz: Editorial Universidad de Cádiz.

Lyster, C. (2016). *Learning from logistics. How Networks Change Our Cities*. Basel: Birkhauser.

MacDonald, B. y Black, F. (2000). Using GIS for spatial and temporal analyses in print culture studies. *Social Science History*, 24, 505-536

- Maina, M.M., Amin, M.S.M., Yazid, M.A. (2014). Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 64(4), 283-293.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), 703-726.
- Marie-Françoise, A., Franck Vautier, O. y Voldoire, E. R. (2014). Accelerated stone deterioration induced by forest clearance around the Angkor temples. *Science of the Total Environment*, 493(15), 98-108.
- Martín Gutiérrez, E. (2004). *La organización del paisaje rural durante la Baja Edad Media: el ejemplo de Jerez de la Frontera*. Sevilla: Universidad de Cádiz.
- Massey, D. (1999). Space-time, 'science' and the relationship between physical geography and human geography. *Transactions of the Institute of British Geographers: New Series*, 24, 261-276.
- Mayo Escudero, J. (2001). *Protocolo primitivo y de fundación de la Cartuja de Santa María de la Defensa. Jerez de la Frontera (Cádiz)*. Salzburgo: Analecta Cartusiana.
- McCormick, M. et al. (2018). *Digital Atlas of Roman and Medieval Civilizations-DARMC*. Recuperado en 14 de febrero de 2017, de <https://darmc.harvard.edu/>
- McKeague P. (2012). Historic Environment and INSPIRE – A View from Scotland. En M. Ioannides, D. Fritsch, J. Leissner, R. Davies, F. Remondino, R. Caffo (Eds.), *Progress in Cultural Heritage Preservation. EuroMed 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7616 (pp. 833-843). Berlin: Springer.
- McLean, P. D. (2007). *The Art of the Network: Strategic Interaction and Patronage in Renaissance Florence*. Durham; London: Duke University Press.
- Méndez Rodríguez, E. M. (2002). *Metadatos y recuperación de información. Estándares, problemas y aplicabilidad en bibliotecas digitales*. Gijón: Biblioteconomía y administración cultural.
- Méndez, E. y Senso, J.A. (2004). *Introducción a los metadatos: estándares y aplicación*. Recuperado de <http://www.sedic.es/autoformacion/metadatos/programa.htm>
- Miller, H. J. (2004). What about people in geographic information science? En P. Fisher y D. Unwin (Eds.), *Re-Presenting Geographic Information Systems* (pp. 215-242). New Jersey: Wiley.

- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte – Gobierno de España (2018). *Tesoros del Patrimonio Cultural de España. Diccionario de Bienes Culturales*. Recuperado el 14 de febrero de 2016, de <http://tesoros.mecd.es/tesoros/bienes culturales.html>.
- Mols, S. (2018). *Mapping Via Appia Project*. Recuperado el 28 de agosto de 2017, de <http://mappingtheviaappia.nl/>.
- Moriello, S. (2003). Sistemas complejos, caos y vida artificial. *Red científica*. Recuperado el 14 de septiembre de 2014, de pensamientocomplejo.org.
- Moriello, S. (2005). *Dinámica de los sistemas complejos*. Recuperado el 14 de septiembre de 2014, de http://www.pensamientocomplejo.com.ar/docs/files/Moriello_Dinamica%20de%20los%20Sistemas%20Complejos.pdf
- Münzer, H. y Alba, R. (2002). *Viaje por España y Portugal, 1494-1495* (2a ed.). Madrid: Polifemo.
- Murillo Romero, M. y Ferreira Lopes, P. (2016). A paisagem do vinho como um sistema. Uma abordagem ao fenómeno bodeguero do Porto de Santa Maria - The landscape of wine as a system. An approach to the phenomenon of Puerto de Santa Maria's cellars. En *Libro Resúmenes Actas del 3º Congreso Internacional sobre patrimonio industrial – Reutilización de sitios industriales: un reto de la conservación patrimonial*. Lisboa: TICCIH. doi.org/10.13140/RG.2.1.1477.0800
- Murray, S., Tallon, A. y O'Neill, R. (2011). *Mapping the Gothic France*. Media Center for Art History, Columbia University y Art Department, Vassar College: The Mellon Foundation. Recuperado 10 enero de 2018, de <http://mappinggothic.org/>
- Murrieta-Flores, P. (2012). Understanding human movement through spatial technologies. The role of natural areas of transit in the Late Prehistory of South-western Iberia. *Trabajos de Prehistoria*, 69(1), 103-122. doi.org/10.3989/tp.2012.12082
- Murrieta-Flores, P., Donaldson, C. E. y Gregory, I. N. (2017). GIS and literary history: advancing digital humanities research through the spatial analysis of historical travel writing and topographical literature. *Digital Humanities Quarterly*, 11(1). Recuperado de <http://www.digitalhumanities.org/dhq/vol/11/1/000283/000283.html>
- National Information Standards Organization (2007). *A Framework of Guidance for Building Good Digital Collections - 3rd edition*. Recuperado de <https://www.niso.org/sites/default/files/2017-08/framework3.pdf>

- Nodegoat. (s. f.). Recuperado el 7 de agosto de 2018, de <https://nodegoat.net/home>
- Nunes da Silva, Ricardo J. 2016. Entre dois lados da fronteira: a presença de João de Castilho na obra do Hospital Real de Santiago de Compostela (1513). En B. Alonso Ruiz y J. C. Rodríguez Estévez (eds.), *1514, Arquitectos tardogóticos en la encrucijada, Sevilla*. Sevilla: Universidad de Sevilla, 121-136.
- Opolot, E. (2013). Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems in Flood Management: A Review. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(10), 1884-1894.
- Ortega, L. (2017). *El diseñador total: autoría en la arquitectura de la época posdigital*. Barcelona: Puente Editores.
- Owens, J. (2014). New, free, GIS training manual for historians. Recuperado 10 enero de 2018, de <http://www.geographicallyintegratedhistory.com/download/>
- Paolini, P., Allegrini Simonetti, F., Forti, G. y Corrao, A. (2013). Ancient Rome worldwide links: Sharing knowledge to preserve the roots. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, XL (5/W2), 465-470.
- Pernoud, R. (1956). *Les villes marchands au siècles XIV-XV*. Paris.
- Pettna, G. (2003). Comprender y construir el espacio físico. En L. Galofaro (coord.), *Artscapes. El arte como aproximación al paisaje contemporáneo = art as an approach to contemporary landscape*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Peuquet, D. J. (1994). It's about time: a conceptual framework for the representation of temporal dynamics in Geographic Information Systems. *Annals of the Association of American Geographers*, 84, 441-461.
- Peuquet, D. J. (1999). Time in GIS and geographical databases. En P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire y D.W. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Volume 1, principles and technical issues* (pp. 91-103). Chichester: John Wiley & Sons.
- Peuquet, D. J. y Duan, N. (1995). An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9 (1), 7-24.
- Pidal, G. M. (1951). *Repertorio de todos los caminos de España (hasta agora nunca visto)*. Real Academia de História, Coleção Departamento de Cartografia e Artes Gráficas, assinatura: C-

030-030, R: 01101.

Pierre, N. y Jaques, Le Goff (1986). *Fairre de l'histoire*. Paris: Gallimard.

Pineda Alfonso, J. A. (2015). *El gobierno arzobispal de Sevilla en la Edad Moderna (siglos XVI-XVII)*. (Tesis doctoral). Sevilla: Universidad de Sevilla.

Pinto Puerto, F. (2002). *Las esferas de piedra: Sevilla como lugar de encuentro entre arte y ciencia del renacimiento*. Sevilla: Diputación Provincial de Sevilla.

Pinto Puerto, F. (2006). Fábrica y forma del templo gótico. En A. Jiménez Martín (coord.), *La catedral gótica de Sevilla: fundación y fábrica de la obra nueva* (pp. 209-296). Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Vicerrectorado de Investigación.

Pinto Puerto, F. (2015). El horizonte curvo: lugares comunes en la representación de la esfera en la cartografía y la arquitectura del renacimiento andaluz. En *ACCA15: análisis y comunicación contemporánea de la arquitectura* (pp. 75-96). Sevilla: Universidad de Sevilla.

Pinto Puerto, F., Angulo Fornos, R., Castellano Román, M., Ferreira Lopes, P., y Alba Dorado, J. A. (2016). El uso del BIM y del SIG en la enseñanza e investigación de la Arquitectura. En *El Arquitecto, de La Tradición al Siglo XXI. Docencia e investigación en Expresión Gráfica Arquitectónica* (pp. 507-514). Alcalá de Henares: Fundación General de la Universidad de Alcalá.

Pinto Puerto, F., Angulo Fornos, R., Castellano Román, M., Ferreira Lopes, P. y Alba Dorado, J. A. (2017). Using BIM and GIS to Research and Teach Architecture. En *Architectural Draughtsmanship* (pp. 699-711). Cham: Springer International Publishing AG.
doi.org/10.1007/978-3-319-58856-8_55

Pitts, F. R. (1965). A Graph Theoretic Approach to Historical Geography. *The Professional Geographer*, 17(5), 15-20. doi.org/10.1111/j.0033-0124.1965.015_m.x

Polonia, A., Pinto, S. y Ribeiro, A. (2014). Trade Networks in the first global age: the case study of Simon Ruiz Company: visualization methods and spatial projections. En A. Crespo Solana (Eds.), *Spatio-temporal narratives: historical GIS and the study of global trading networks (1500-1800)* (pp. 140-177). Newcastle: Cambridge Scholars Publishing.

Pomerantz, J. (2015). *Metadata*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Pomerantz, J. (2017). *Metadata MOOC 2*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=8Imz902PZwA&list=PLkp3pG2Rd3yowho5nFvnV5puUMF>

11jZ6X&index=5

Portal Casa Montero. (2011). 25 de enero de 2017, de <http://www.casamontero.org/ide.html>

Porter, C., Atkinson, P. y Gregory, I. N. (2018). Health and disease in nineteenth-century newspaper: A textual and geographical analysis of a large newspaper corpus. *International Journal of Humanities and Arts Computing*, 12(2).

Rabasa, E., López Mozo, A. y Alonso, M.A (2017). *Obra Congrua*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ramiro Fariñas, D. dir. (2013). *HISDI-MAD IDE histórica de la ciudad de Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*. Recuperado en 14 de febrero de 2017, de <http://www.idehistoricamadrid.org/hisdimag/index.htm>

Red de Humanidades Digitales. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2018, de <http://www.humanidadesdigitales.net/>

Rediris. (2018, abril 26). *RedIRIS - Dublin Core en castellano - Elementos del conjunto de metadatos de Dublin Core: Descripción de Referencia*. Recuperado 15 de agosto de 2018, de <http://www.rediris.es/search/dces/>

Riley, J. y National Information Standards Organization. (2017). *Understanding metadata: what is metadata, and what is it for?* Recuperado de <http://www.niso.org/publications/understanding-metadata-riley>

Rivas, L. (2013). Uma História de Pioneirismo: escritor resgata a história da Fábrica Tacaruna e lança movimento pela preservação do patrimônio. *Algomais: a Revista de Pernambuco*, 7(83), 66-68.

Robinson, I., Webber, J. y Eifrem, E. (2013). *Graph Databases. Information Management*. Sebastopol: O'Reilly Media.

Rocha, L. M. da. (2012). *Usina Beltrão, Fábrica Tacaruna: história de um empreendimento pioneiro*. 2 ed. ampl. Recife.

Rodríguez Estévez, J. C. (1996). Los Canteros de la Obra Gótica de la Catedral de Sevilla (1433-1528). *Laboratorio de Arte. Revista del Departamento de História del Arte*, 9 (1), 49-71.

Rodríguez Estévez, J. C. (1998). *Los canteros de la Catedral de Sevilla: del gótico al renacimiento*. Sevilla: Diputación de Sevilla.

Rodríguez Estévez, J. C. (2007). El gótico catedralicio. La influencia de la catedral de Sevilla en el

- arzobispado hispalense. En A. Jimenénez Martín (Coord.), *La Piedra Postrera V Centenario De La Conclusión De La Catedral De Sevilla: Comunicaciones* (pp. 175-256). Sevilla: Ed. Taller Dereceo.
- Rodríguez Estévez, J. C. (2011). Martín de Gainza. En *El ciclo humanista. Arquitectos I. Proyecto Andalucía. Artistas andaluces y artífices del arte andaluz, Vol. XXV-I* (pp. 255-287). Publicaciones Comunitarias-Grupo Hércules.
- Rodríguez Miranda, A. (2014). *Documentación espacial del patrimonio: preservación de la información. Necesidades, posibilidades, estrategias y estándares*. (Tesis doctoral). Universidad del País Vasco. <https://addi.ehu.es/handle/10810/13617>
- Rodríguez-Ortega, N. y Cruces Rodríguez, A. (2018). Development of technological ecosystems for cultural analysis: The case of Expofinder system and art exhibitions. *Digital Scholarship in the Humanities, fqy018*. doi.org/10.1093/llc/fqy018.
- Rose, I. (2011). Reconstitution, représentation graphique et analyse des réseaux de pouvoir au haut Moyen Âge: Approche des pratiques sociales de l'aristocratie à partir de l'exemple d'Odon de Cluny (y 942). *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, Vol. 21 (5). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. http://revista-redes.rediris.es/html-vol21/vol21_5f.htm
- Rua, H. y Gil, A. (2014). Automation in heritage – Parametric and associative design strategies to model inaccessible monuments: The case-study of eighteenth-century Lisbon Águas Livres Aqueduct. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 1 (3-4), 82-91.
- Rubenstein, R. y Hersh, H. (1984). *The human factor: Designing Computer Systems for People*. Bedford TX: Digital Press.
- Rucquoi, A. (2014). Por la nasción de España: castilla en el Concierto europeo del siglo XV. En B. Alonso Ruiz y F. Villaseñor Sebastián (Eds.), *Arquitectura Tardogótica en la corona de Castilla: trayectorias e intercambios* (pp. 13-32). Santander: Universidad de Cantabria.
- Rumeu de Armas, A. (1974). *Itinerario de los Reyes Católicos, 1474-1516*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Rumsey, D. (2018). *David Rumsey Map Collection*. Recuperado 8 de agosto de 2018, de <https://www.davidrumsey.com/>
- Rumsey, D. y Williams, M. (2012). Historical Maps in GIS. En A. K. Knowles (Eds.), *Past Time, Past Place: GIS for History* (pp. 1-18). Redlands: ESRI Press.

- Salvador, I. y Vitti, A. (2011). Survey, representation and analysis of a world war I complex system of surface and underground fortifications in the Gresta Valley – Italy. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 38(5W16), 319-325.
- Schlögel, K. y Arántegui, J. L. (2007). *En el espacio leemos el tiempo: sobre historia de la civilización y Geopolítica*. Madrid, España: Siruela.
- Scholnick, J. B., Munson, J. L. y Macri, M.J. (2013). Positioning power in a multi-relational framework: a social network analysis of Classic Maya political rhetoric. En C. Knappett (Eds.), *Network Analysis in Archaeology. New Approaches to regional Interactional* (pp. 95-124). Oxford University Press, Oxford.
- Scilia, M. (2006) *Metadata, semantics, and ontology: providing meaning to information resources* Int. J. Metadata, Semantics and Ontologies, 1(1), 83.
- Senso, J. A. y De la Rosa Piñero, A. (2003). El concepto de metadato. Algo más que descripción *Proceedings of Cause 1997, the information Professions and the Information Professional* de recursos electrónicos. *Ciência da Informação*, 32(2), 95-106.
- Serra Desfilis, A. (2011). La arquitectura del tardogótico en la Corona de Aragón: intercambios y trayectorias. En B. Alonso Ruiz (Eds.). *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América* (pp. 459-490). Madrid: Sílex.
- Sharma, B., Brandes, E. y Khanchi, A. *et al.* (2015). Evaluation of Microalgae Biofuel Production Potential and Cultivation Sites Using Geographic Information Systems: A Review. *Bioenergy Research*, 8(4), 1714-1734. doi.org/10.1007/s12155-015-9623-0
- Silva, J. C. V. da. (1989). *O tardo-gótico em Portugal: a arquitectura no Alentejo*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Smith, N. G., Knabb, K., Defanti, C. *et al.* (2014). ArtifactVis2: Managing real-time archaeological data in immersive 3D environments. *Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)* 1, 363-370.
- Soja, E. W. (2008). *Postmetrópolis: estudios críticos sobre las ciudades y las regiones*. *Traficantes de Sueños*. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Soja, E. W. (2009). Taking Space Personally. En B. Warf y S. Arias (Eds.), *The spatial: Turn Interdisciplinary Perspectives* (pp. 11-35). London: Routledge.

- Soja, E. W. (2010). *Postmodern geographies. The reassertion of space in critical social theory*. London: Verso.
- Soja, E. W. (2011) [1989]. *Postmodern geographies: the reassertion of space in critical social theory. Radical thinkers*. New York: Verso.
- Soja, E. W. (2014). *En Busca de la Justicia Espacial*. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Soler, F., Melero, F.J. y Luzon, M.V. (2017). A complete 3D information system for cultural heritage documentation. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 49-57.
- Soto, Pau de (2018). *Mercator-e*. Recuperado el 14 de junio de 2018, de <http://fabricadesites.fcsh.unl.pt/mercator-e/>
- Sparsity-technologies: Sparksee high-performance graph database. (s. f.). Recuperado 7 de agosto de 2018, de <http://www.sparsity-technologies.com/>
- Spatial History Project. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2018, de <http://web.stanford.edu/group/spatialhistory/cgi-bin/site/index.php>
- Stein, S., Malone, S., Knight, D. J., Howard, A. y Carey, C. (2017). New Approaches to Mapping and Managing Paleochannel Resources in the Light of Future Environmental Change: A Case Study from the Trent Valley, UK. *The Historic Environment: Policy and Practice*, 8(2), 113-124.
- Stepánek, P. (1970). El arte Gótico en Bohemia. *Goya: revista de arte*, 99, 140-145.
- Stevens, G. (2017). New Metadata Recipes for Old Cookbooks: Creating and Analyzing a Digital Collection Using the HathiTrust Research Center Portal. *The Code4Lib Journal*, (37). Recuperado de <http://journal.code4lib.org/articles/12548>
- Suárez, J.L., Sancho-Caparrini, F. (2016). Nuevas Tecnologías y Patrimonio: más allá de la digitalización. El caso del "Hispanic Baroque Project". En *Fernando Sancho Caparrini*. Recuperado el 5 de diciembre de 2016, de <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=27>.
- Suárez, J.L., Sancho-Caparrini, F., Ortega, E., de la Rosa, J., Caldas, N., Brown, D., (2013). Towards a digital geography of Hispanic Baroque Art. *Literary and Linguistic Computing* 28(4), 718-735. <https://doi.org/10.1093/lc/fqt050>
- SylvaDB. (2018). Recuperado 7 de agosto de 2018, de <http://sylvadb.com/>
- Taylor, J. E., Donaldson, C. E., Gregory, I. N. y Butler, J. O. (2018). Mapping Digitally, Mapping Deep:

- Exploring Digital Literary Geographies. *Literary Geographies*, 4(1), 10-19.
- TEI: Text Encoding Initiative. (s. f.). Recuperado 13 de agosto de 2018, de <http://www.tei-c.org/>
- Tennant, R. (2004, agosto 15). Metadata Bitter Harvest. *Library Journal*
- Terpstra N. y Rose, C. (2016). *Mapping Space, Sense, and Movement in Florence: Historical GIS and the early modern city*. Abingdon: Routledge.
- Terpstra, N. (coord.). (2016). DECIMA. Recuperado en 8 de agosto de 2018, de <https://decima-map.net/>.
- The Neo4j Graph Platform. (2018). Recuperado 7 de julio de 2017, de <https://neo4j.com/>
- The Programming Historian. (2018). *Programming Historian*. Recuperado en 14 de febrero de 2018, de <https://programminghistorian.org/>
- Timothée, P., Nicolas, L.-B., Emanuele, S., Sergio, P., y Stéphane, J. (2010). A Network Based Kernel Density Estimator Applied to Barcelona Economic Activities. En D. Taniar, O. Gervasi, B. Murgante, E. Pardede, & B. O. Apduhan (Eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2010* (Vol. 6016, pp. 32-45). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12156-2_3
- Torres, D. V. y Piñeda, A. P. (2011). Tecnologías de la Información Geográfica en la gestión del patrimonio cultural andaluz. *Ph*, 77, 101-106.
- Uriol Salcedo, J. I. (1985). Las calzadas romanas y los caminos del siglo XVI. *Revista de Obras Públicas*, 3237, 553-563.
- Uriol Salcedo, J. I. (1990). *Historia de los caminos de España I. Hasta el siglo XIX*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Valor, M. P. (2004). Las fortificaciones de la Baja Edad Media en la provincia de Sevilla. *Historia. Instituciones. Documentos*, 31, 687-700.
- Van Leusen, P. M. (1993). Cartographic modelling in a cell-based GIS. En J. Andresen, T. Madsen y I. Scollar (Eds.), *Computing the Past: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (pp. 105-123). Aarhus: Aarhus University Press.
- Van Leusen, P. M. (1999). Viewshed and cost surface analysis using GIS (cartographic modelling in a cell-based GIS II). En *New Techniques for Old Times—CAA98—Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology: Proceedings of the 26th Conference, British*

Archaeological Reports International Series (pp. 215–223). Oxford: Archaeopress.

Vancisin, T., Crawford, A., Orr, M. M. y Hinrichs, U. (2018). From people to pixels: visualizing historical university records. *Transimage 2018*, pp. 41-57. Recuperado de <https://research-repository.st-andrews.ac.uk/handle/10023/13187>

Venice Time Machine, EPFL. (2016). Recuperado 8 de agosto de 2018, de <https://vtm.epfl.ch/>

Verhagen, P. (2018). Spatial Analysis in Archaeology: moving into New Territories. En C. Siart, M. Forbriger y O. Bubbenzer (Eds.). *Digital Archaeology, Nature Science in Archaeology*. Cham: Springer.

Verhagen, P., Nuninger, L., Bertonecello, F., Castrorao Barba, A. (2016). Estimating the “memory of landscape” to predict changes in archaeological settlement patterns. En *CAA 2015. Keep the revolution going. Proceedings of the 43rd annual conference on computer applications and quantitative methods in Archaeology, Siena* (pp. 623–636). Oxford: Archaeopress.

Verhagen, P., Nuninger, L., Tourneux, F.P., Bertonecello, F. y Jensen, K. (2013). Introducing the human factor in predictive modelling: a work in progress. En *CAA 2012. Archaeology in the digital era. Papers from the 40th annual conference of computer applications and quantitative methods in archaeology, Southampton, 26–29 March 2012* (pp. 379–388). Amsterdam: Amsterdam University Press.

Villuga, J. (1543). *Repertorio de todos los caminos de España en el año de gracia de 1543*. Barcelona: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, R: RL 3419.
<http://cartotecadigital.icgc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/2618/rec/1>

Villuga, J. (1950) [1543]. *Repertorio de todos los caminos de España*. Madrid: Reimpresiones Bibliográficas.

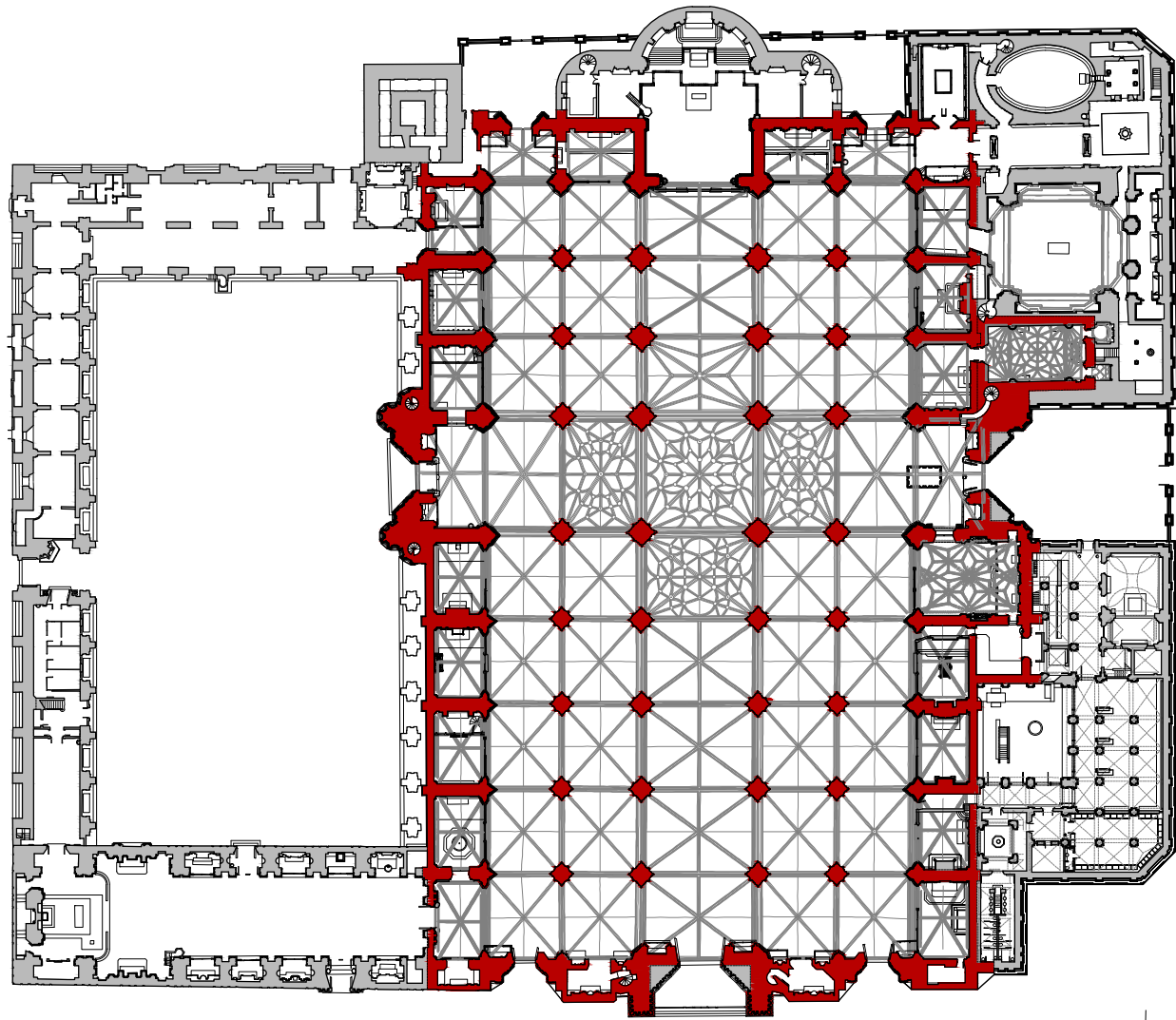
Vitra Kantabutra, J. B., Owens, J. y Crespo Solana, A. (2014). Intentionally-Linked Entities: A Better Database System for representing dynamic Social Networks, narrative geographic information and general abstractions of reality. En A. Crespo Solana (Eds.). *Spatio-Temporal Narratives. Historical GIS and the Study of Global Trading Networks (1500-1800)* (pp. 56-78). Newcastle: Cambridge Scholars Publishing.

Von Lünen, A. y Travis, C. (2012). *History and GIS: epistemologies, considerations and reflections*. Cham: Springer Science & Business Media.

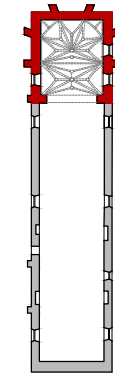
Wachowicz, M. (1999). *Object-Orientated Design for Temporal GIS*. London: Taylor & Francis.

- Wachowicz, M. (2014) [1999]. *Object-Orientated Design for Temporal GIS*. London: CRC Press.
- Wager, J. (1995). Environmental planning for a world heritage site: Case study of Angkor. *Journal of Environmental Planning and Management*, 38(3), 419-434.
- Wang, Y., et al. (2015). Linked activity spaces: a new approach for spacializing social networks. En Helbich, M., Arsanjani, J. Leitner, M. (ed.), *Computacional Approaches for Urban Environments*. Springer, pp. 313-336. doi.org/10.1007/978-3-319-11469-9_13
- Whitley, T.G., Moore, G., Goel, G., Jackson, D. (2010). Beyond the marsh: settlement choice, perception and spatial decision-making on the Georgia coastal plain. En *CAA 2009. Making history interactive. Computer applications and quantitative methods in archaeology. Proceedings of the 37th conference, Williamsburg, VA, US* (pp. 380-390). Oxford: Archaeopress. <https://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/28800>
- Withers, C. (2009). Place and the "Spatial Turn" in Geography and History. *Journal of the History of Ideas*, 70(4), 637-658.
- Worboys, M. F. (2005). Event-oriented approaches to geographic phenomena. *International Journal of Geographical Informations Science*, 19:1, 1-28, doi.org/10.1080/13658810412331280167.
- Worboys, M.F., Hearnshaw, H.M. y Maguire, D.J. (1990). Object-oriented data modelling for spatial databases. *International Journal of Geographical Information Systems*, 4(4), 369–383.
- Yuan, M. (2001). Representing complex geographic phenomena with both object- and fieldlike properties. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(2), 83–96.
- Yuan, M. (2014). Temporal GIS for Historical Research. Crespo Solana (Eds.), *Spatio-temporal narratives: historical GIS and the study of global trading networks (1500-1800)* (pp.45-55). Newcastle: Cambridge Scholars Publishing.
- Zaragozá Catalá, A. (2000). *Arquitectura gótica valenciana*. Valencia: Ed. Generalitat valenciana.

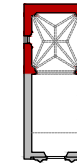
| ANEXO 1



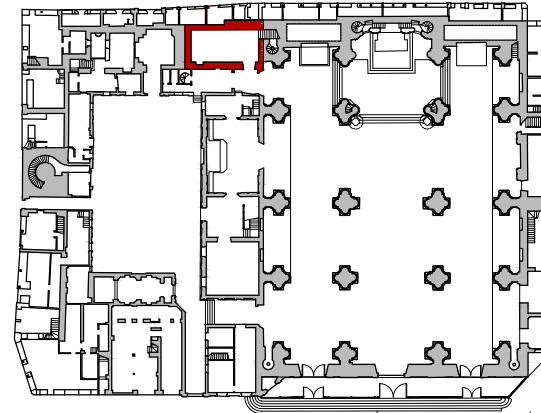
Catedral Santa María [Sevilla]



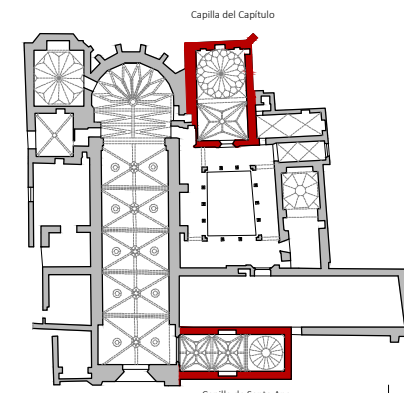
Iglesia del Convento de Santa Paula [Sevilla]*



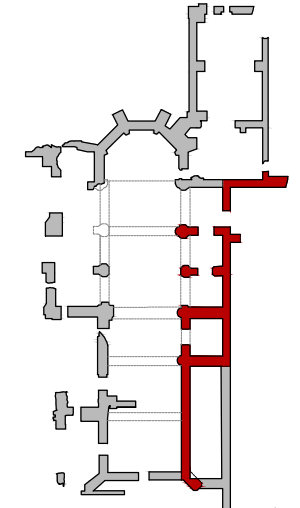
Capilla de Santa María de Jesús [Sevilla]



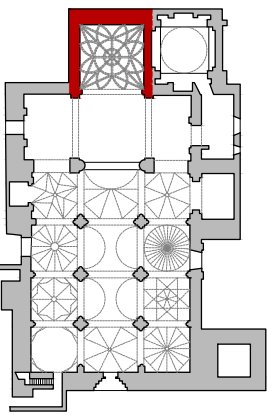
Parroquia del Divino Salvador [Sevilla]*



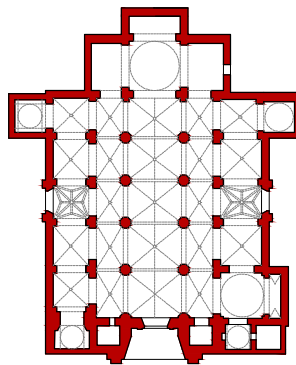
Cartuja de Santa María de las Cuevas [Sevilla]



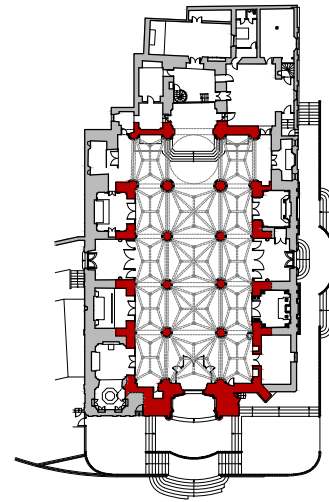
Monasterio de San Jerónimo [Sevilla]*



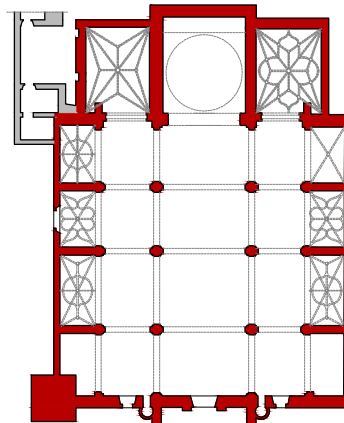
Santa María de la Oliva [Lebrija]



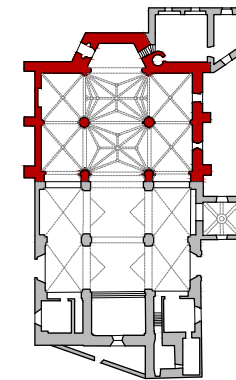
Santa María de la Mesa o de la Asunción [Utrera]



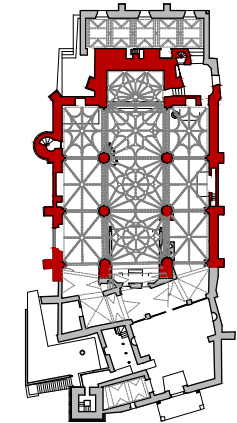
Iglesia de Santiago El Mayor [Utrera]



Colegiata de Nuestra Señora de la Asunción [Osuna]



Iglesia de Santiago [Alcalá de Guadaíra]

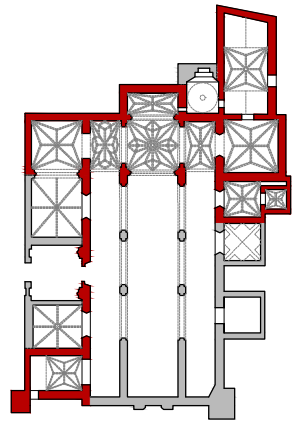


Iglesia Santa María [Estepa]*

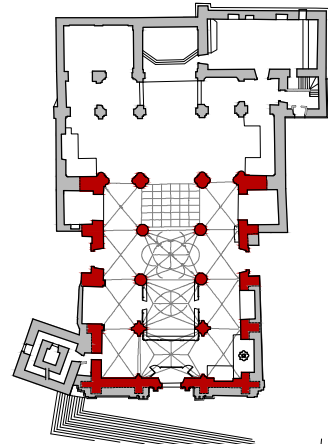
0 5 15 30

■ Tardogótico

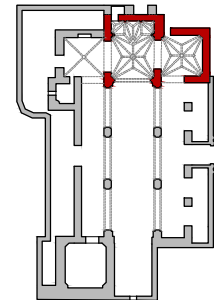
*edificios sin eventos asociados en la Base de Datos



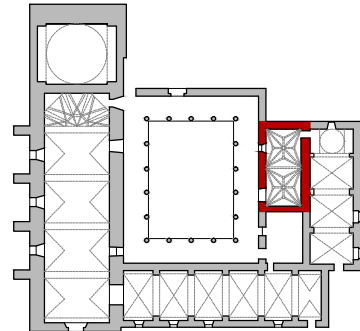
Iglesia de la Asunción [Lora del Río]*



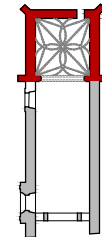
Iglesia de San Miguel [Morón de la Frontera]



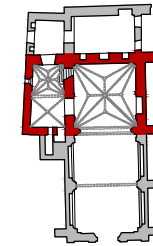
Iglesia de las Nieves [Algaba]*



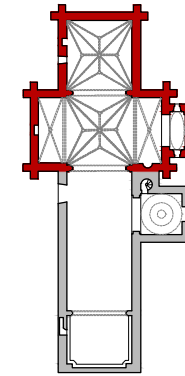
Cartuja [Cazalla de la Sierra]*



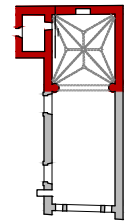
Capilla del Convento de la Concepción [Carmona]*



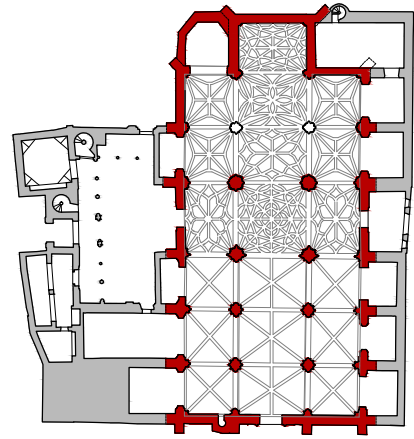
Ermita de la Virgen de Gracia [Carmona]*



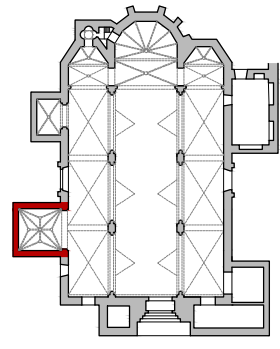
Capilla del convento de Santa Ana [Carmona]*



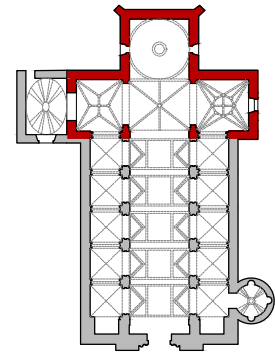
Capilla del convento de Santa Clara [Carmona]*



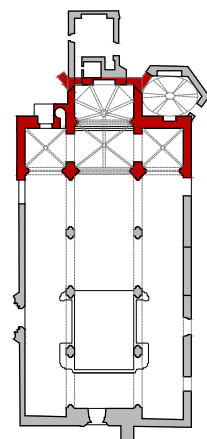
Iglesia de Santa María [Carmona]



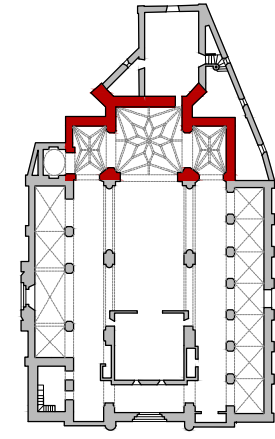
Iglesia de Santiago [Carmona]*



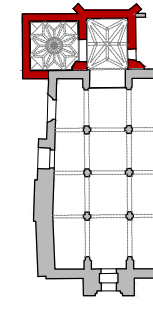
Iglesia de San Francisco [Écija]*



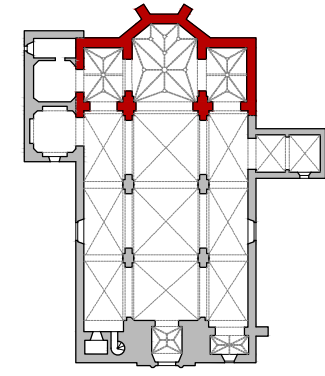
Iglesia de Santiago [Écija]*



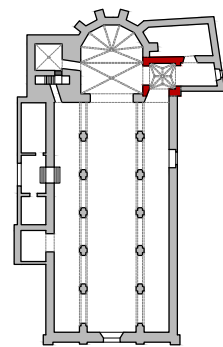
Iglesia de San Juan Bautista [Marchena]*



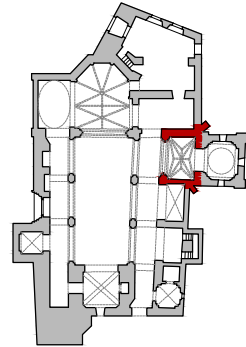
Iglesia Nuestra Señora de la Asunción [Huévar]*



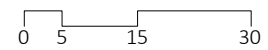
Iglesia de Santa María de la Encarnación [Constantina]*



Iglesia de Santa María de la Asunción [Alcalá del Río]*

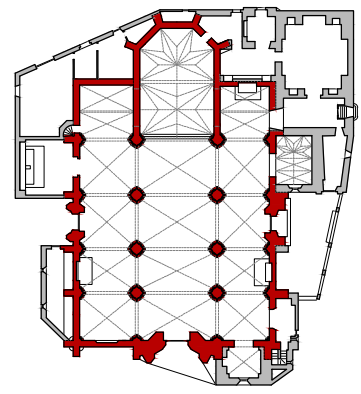


Iglesia de Santa María de la Asunción [Guadalcanal]*

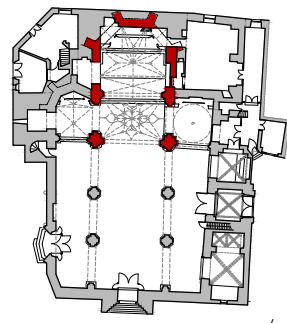


■ Tardogótico

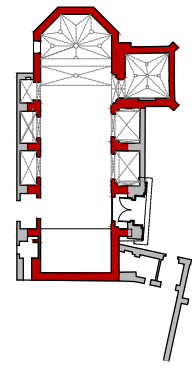
*edificios sin eventos asociados en la Base de Datos



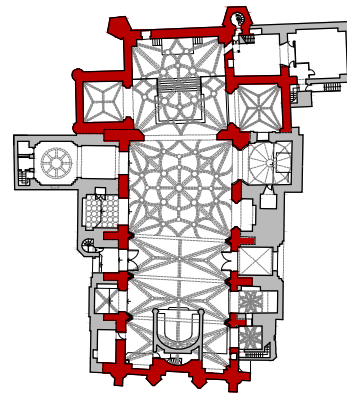
Iglesia de Santiago
[Jerez de la Frontera]



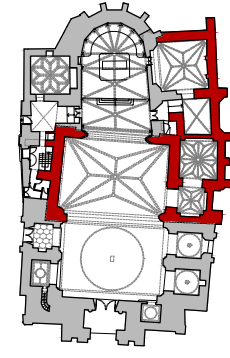
Iglesia de San Dionisio
[Jerez de la Frontera]



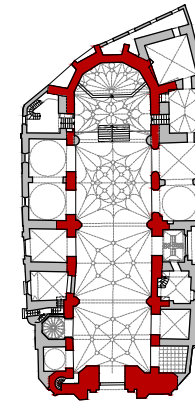
Iglesia de la Merced
[Jerez de la Frontera]



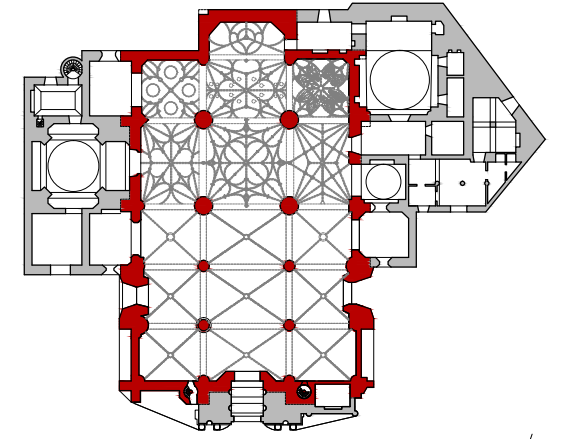
Iglesia de San Mateo
[Jerez de la Frontera]



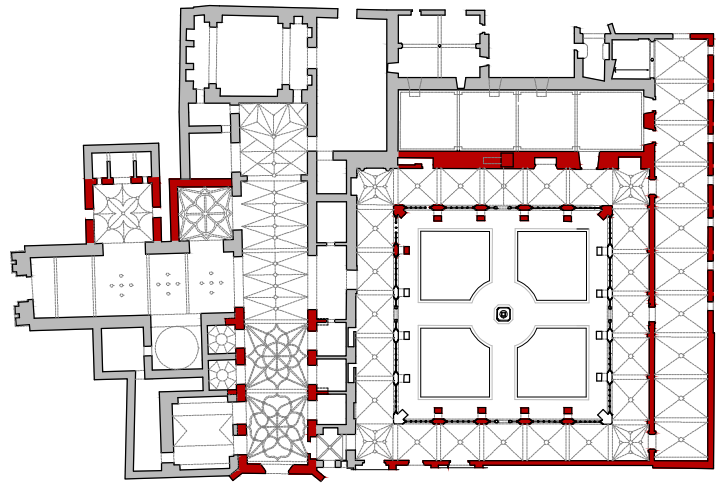
Iglesia de San Juan de los
Caballeros [Jerez de la
Frontera]



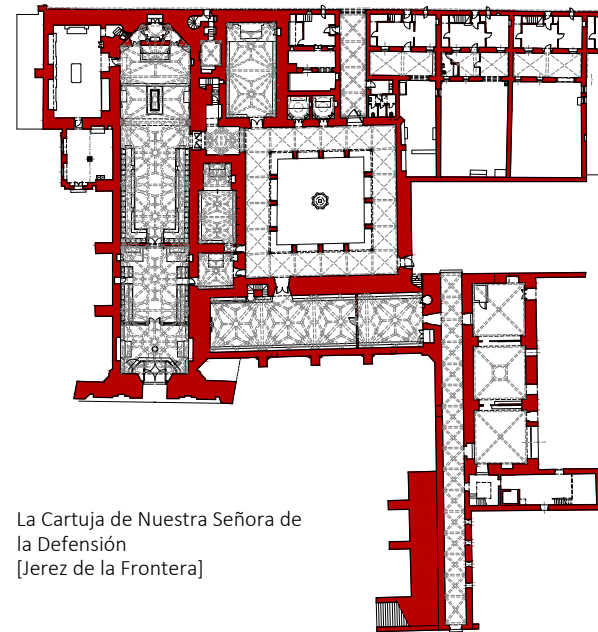
Iglesia de San Marcos
[Jerez de la Frontera]



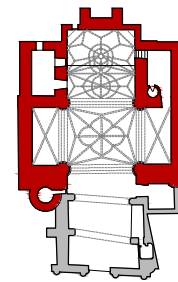
Iglesia de San Miguel
[Jerez de la Frontera]



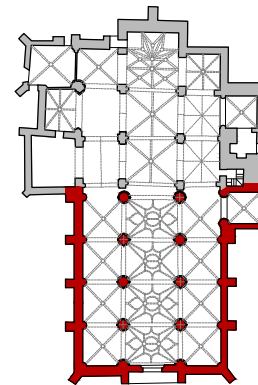
Monasterio de Santo Domingo
[Jerez de la Frontera]



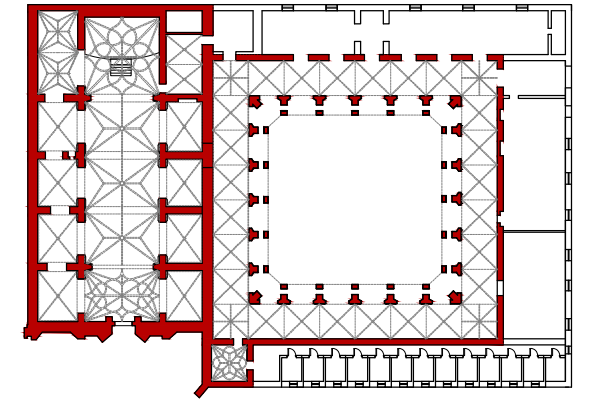
La Cartuja de Nuestra Señora de
la Defensa
[Jerez de la Frontera]



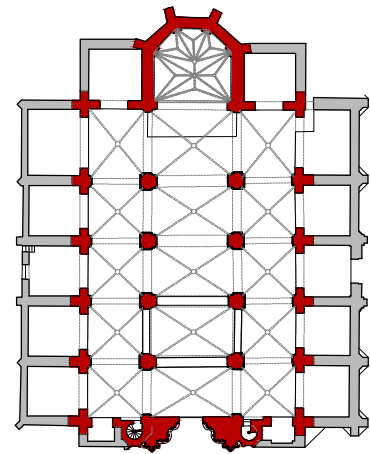
Iglesia de Ntra. Sra. de la
Encarnación [Setenil de las
Bodegas]



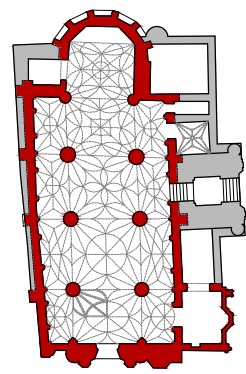
Iglesia Divino Salvador
[Vejer de la Frontera]



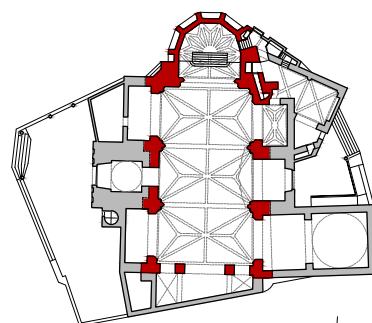
Monasterio de la Victoria
[Puerto de Santa María]



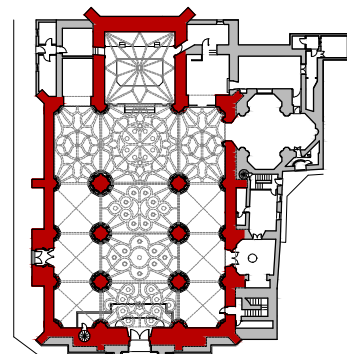
Iglesia Mayor Prioral
[Puerto de Santa María]



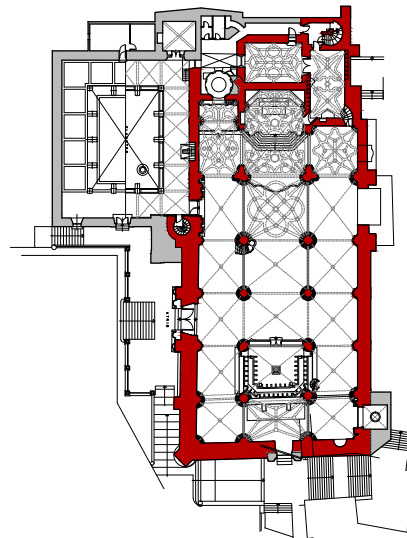
Iglesia de Santa Maria de la
Asuncion [Arcos de la Frontera]



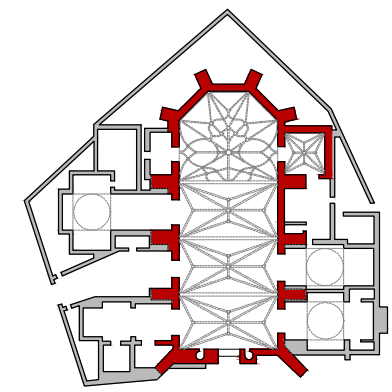
Iglesia de San Pedro Apostol
[Arcos de la Frontera]



Iglesia Mayor de San Mateo
[Tarifa]



Iglesia de Santa María
[Medina-Sidonia]



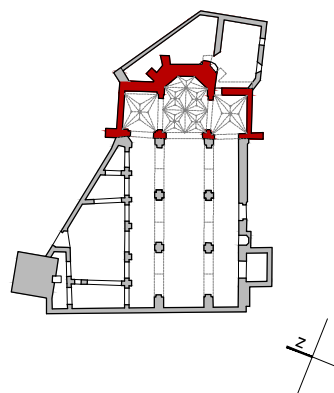
Iglesia Nuestra Señora de la O [Rota]

0 5 15 30

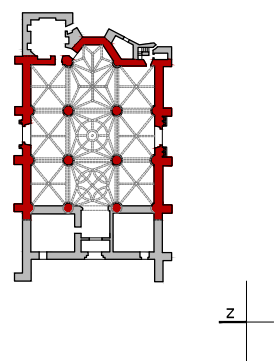
■ Tardogótico

*edificios sin eventos asociados en la Base de Datos

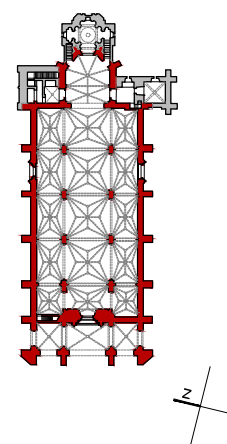
[PROVINCIA DE CÁDIZ]



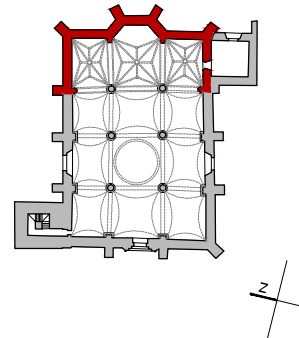
Iglesia de Santa María de la Granada [Niebla]



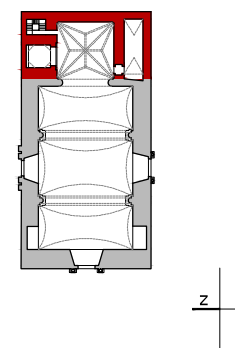
Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción [Aroche]



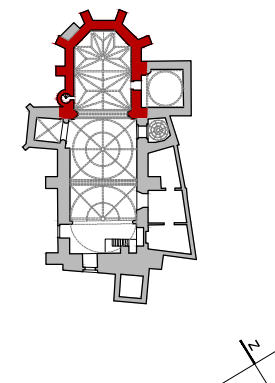
Iglesia de Nuestra Señora de los Dolores [Aracena]



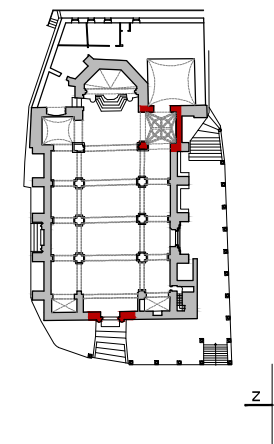
Iglesia del Divino Salvador [Cortegana]



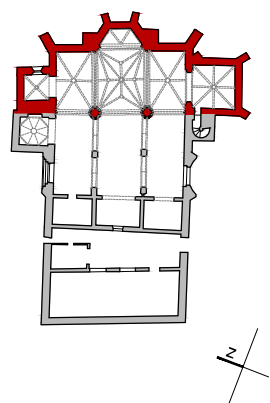
Iglesia Parroquial de San Andrés [Encinasola]



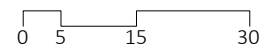
Iglesia de Santa María de la Purísima Concepción [Zufre]



Iglesia de San Martín [Almonaster la Real]

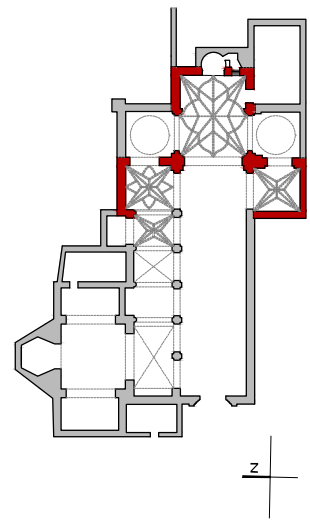


Iglesia de San Jorge de [Palos de la Frontera]

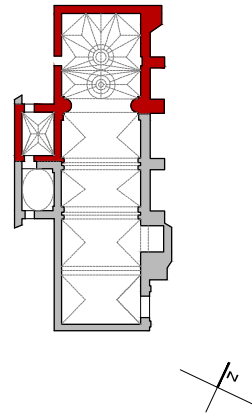


■ Tardogótico

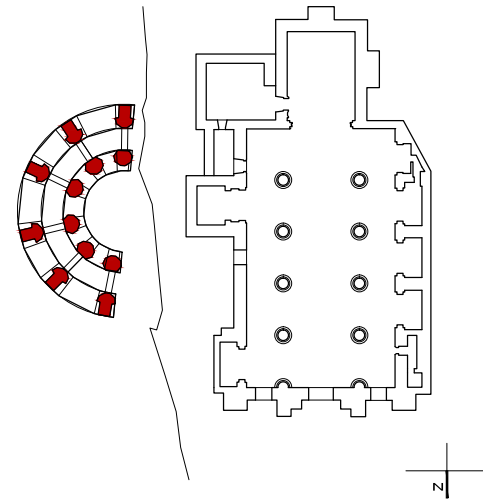
*edificios sin eventos asociados en la Base de Datos



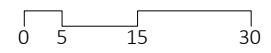
Real Monasterio de San Zoilo
[Antequera]*



Iglesia del Convento de San Agustín
[Antequera]



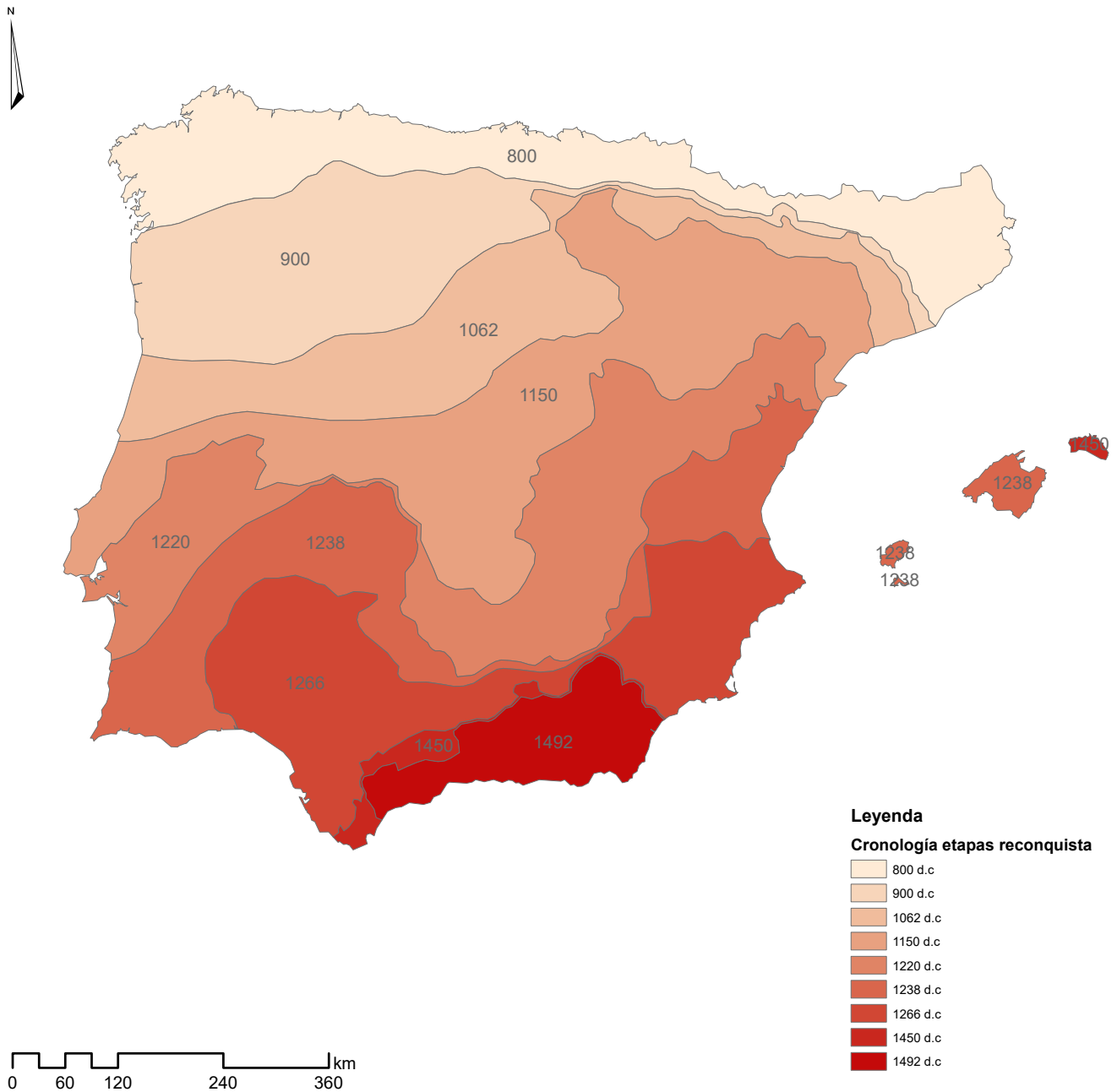
La Real Colegiata de Santa María La Mayor
[Antequera]



■ Tardogótico

*edificios sin eventos asociados en la Base de Datos

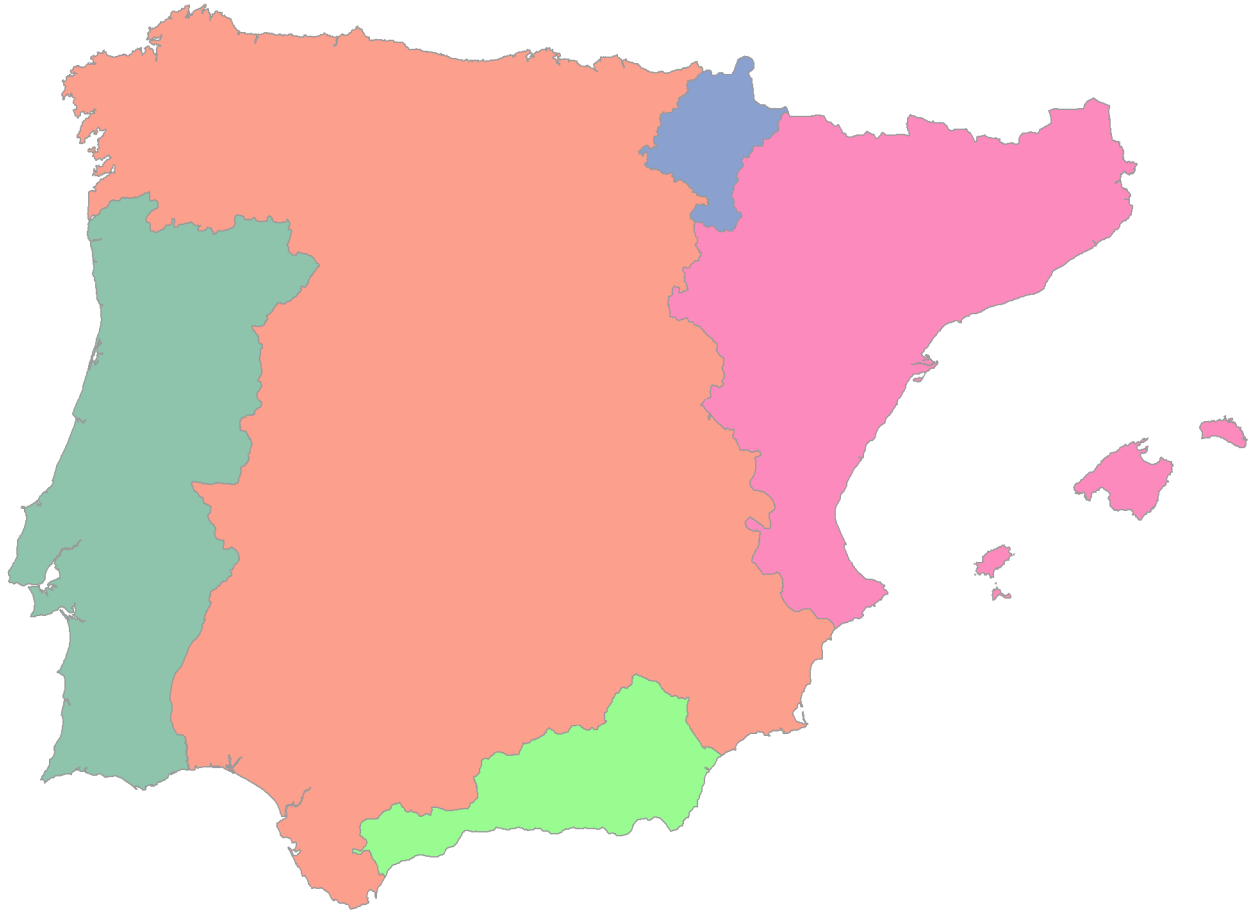
| ANEXO 2







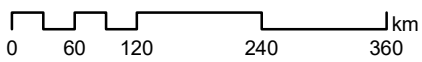
Este shapefile proporciona una versión digital de las etapas de la Reconquista de la Península Ibérica a partir de Mestre Campi, J.y Sabaté, F. (1998). Atlas de la Reconquista: la frontera peninsular entre los siglos VIII y XV. Para la delimitación de la Península Ibérica se ha utilizado el shapefile del contexto español y simplificado el polígono de contorno con una tolerancia de 1 kilómetro. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos.



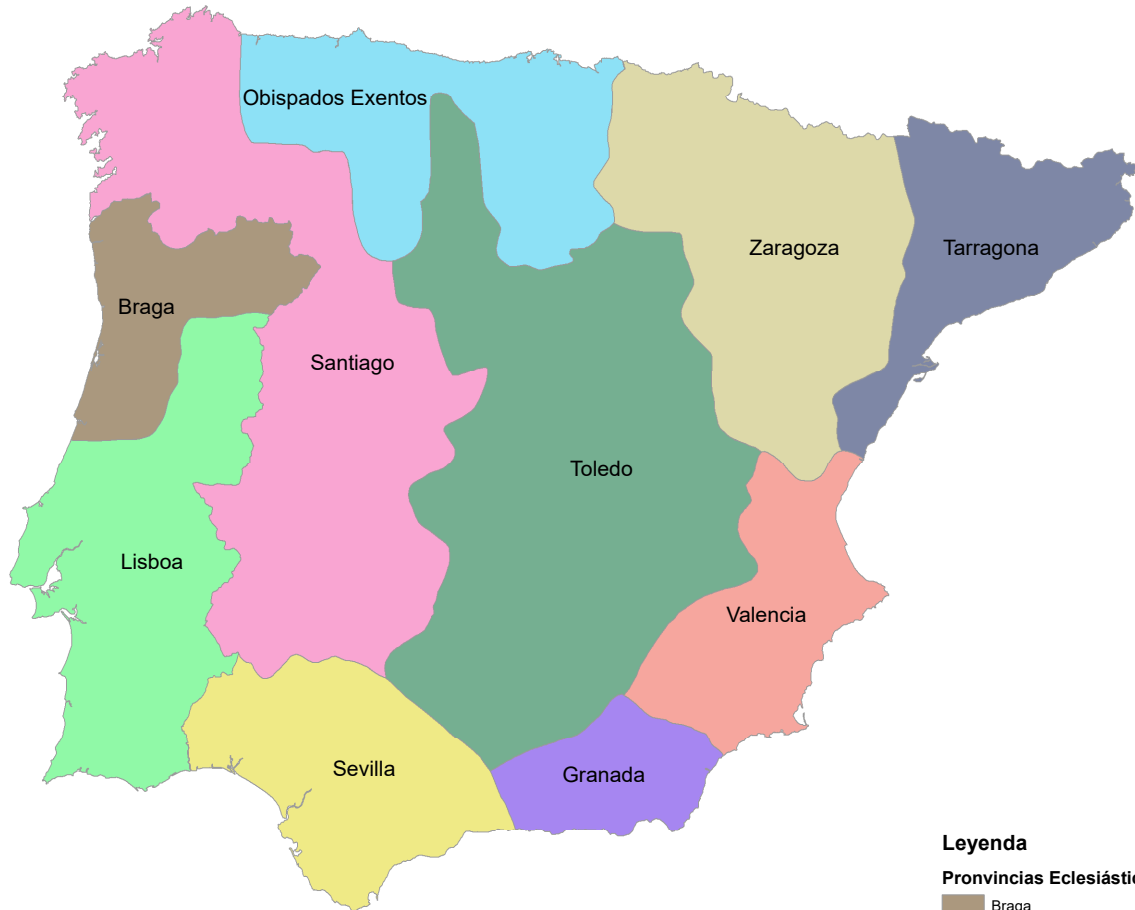
Este archivo proporciona una versión digital de la delimitación de los reinos de la Península Ibérica en el Siglo XIII a partir de García de Cortázar, Fernando. 2005. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos. Límites de la Península dados por DERA 100.

**Leyenda****reinos_1492**

-  Reino de Aragón
-  Reino de Castilla
-  Reino de Granada
-  Reino de Navarra
-  Reino de Portugal



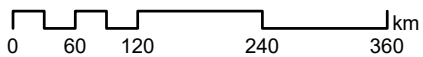
Este archivo proporciona una versión digital de la delimitación de los reinos de la Península Ibérica en el Siglo XIII a partir de García de Cortázar, Fernando. 2005. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos. Límites de la Península dados por DERA 100.



Legenda

Pronvincias Eclesiásticas_s. XV

- Braga
- Granada
- Lisboa
- Obispos Exentos
- Santiago
- Sevilla
- Tarragona
- Toledo
- Valencia
- Zaragoza



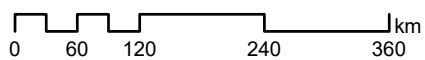
Este archivo proporciona una versión digital de las diócesis de España en el Siglo XV. Fuente de la cartografía histórica: Aldea Vaquero, Q., Marín Martínez, T., & Vives Gatell, J. (1972; 1987). Diccionario de historia eclesiástica de España. Madrid: Instituto Enrique Flórez. Tomo II, pp1005. Los límites geográficos de la península fueron trazados según DERA 100.



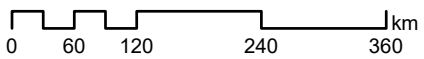
Leyenda

Provincias Eclesiásticas_s. XVI

- Braga
- Burgos
- Granada
- Lisboa
- Obispos Exentos
- Santiago
- Sevilla
- Tarragona
- Toledo
- Valencia
- Zaragoza
- Évora



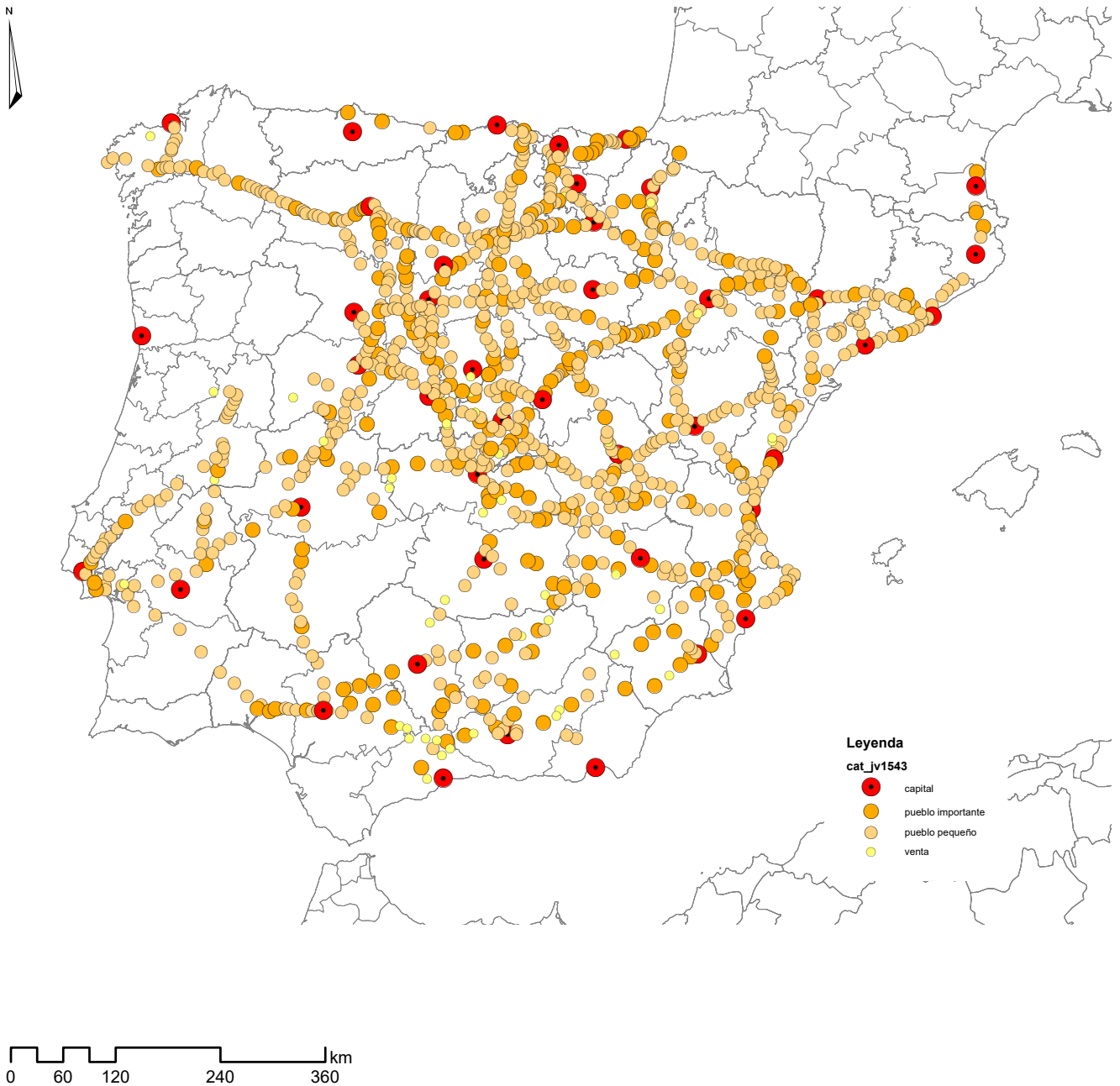
Este archivo proporciona una versión digital de las diócesis de España en el siglo XVI. A partir del mapa: Mapa eclesiástico de todas las diócesis de España y adyacencias. Fuente de la cartografía histórica: Aldea Vaquero, Q., Marín Martínez, T., & Vives Gatell, J. (1972; 1987). Diccionario de historia eclesiástica de España. Madrid: Instituto Enrique Flórez. Tomo II, pp1009. Los límites geográficos de la península fueron trazados según DERA 100.



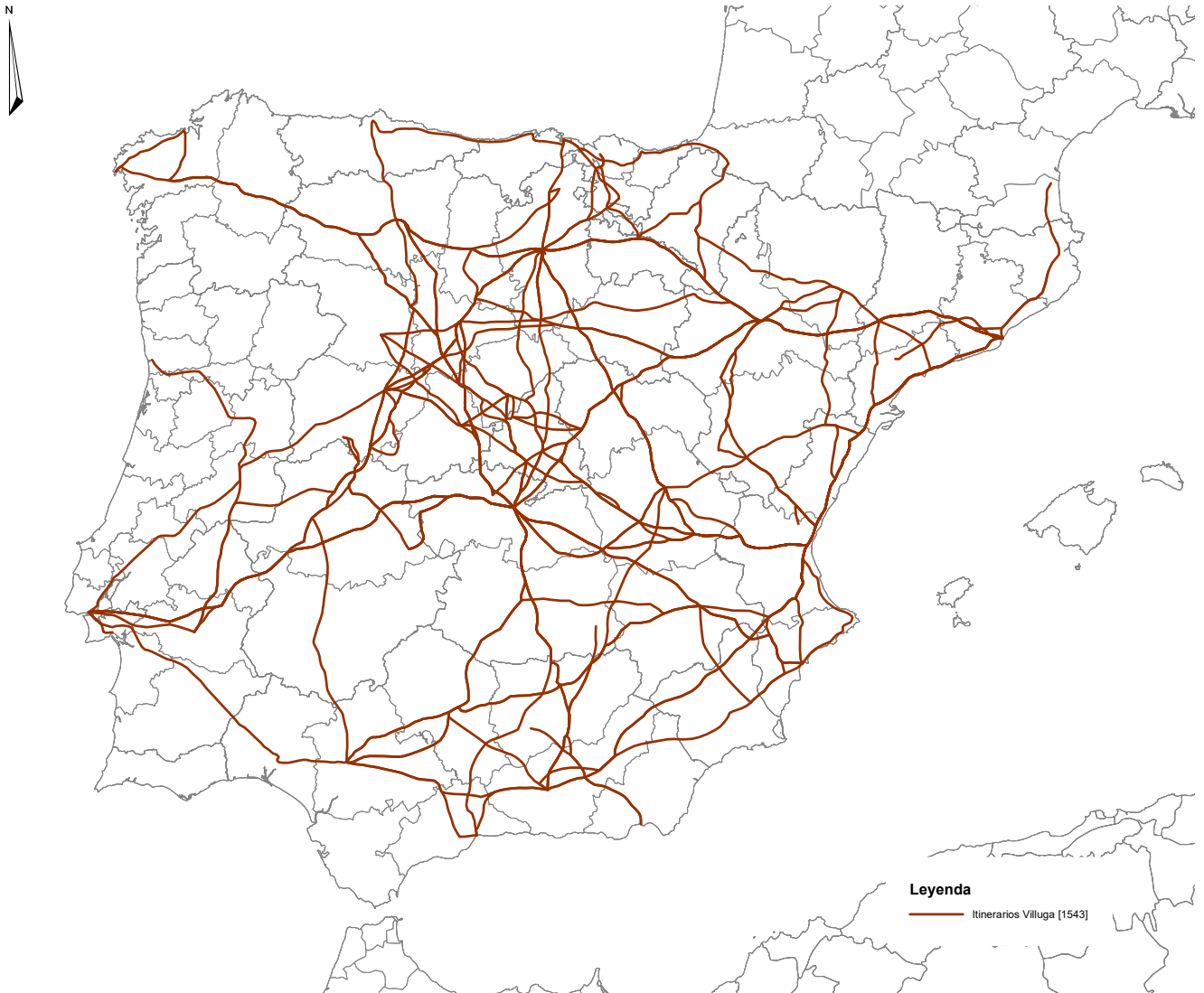
Este archivo proporciona una versión digital de la delimitación del antiguo Reino de Sevilla a mediados del XV. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos. Límites de la Península dados por DERA 100.



Este archivo proporciona una versión digital de las ciudades- diócesis de España. Arzobispado de Sevilla, Arzobispado de Granada, Arzobispado de Toledo, Arzobispado de Santiago, Arzobispado de Valencia, Arzobispado de Zaragoza, Arzobispado de Tarragona, Arzobispado de Burgos. A partir del mapa: Mapa eclesiástico de todas las diócesis de España y adyacencias, Fuente de la cartografía histórica: Aldea Vaquero, Q., Marín Martínez, T., & Vives Gatell, J. (1972; 1987). Diccionario de historia eclesiástica de España. Madrid: Instituto Enrique Flórez. Tomo II, pp1009. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos. Los límites geográficos de la península fueron trazados según DERA 100.



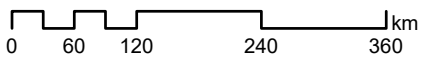
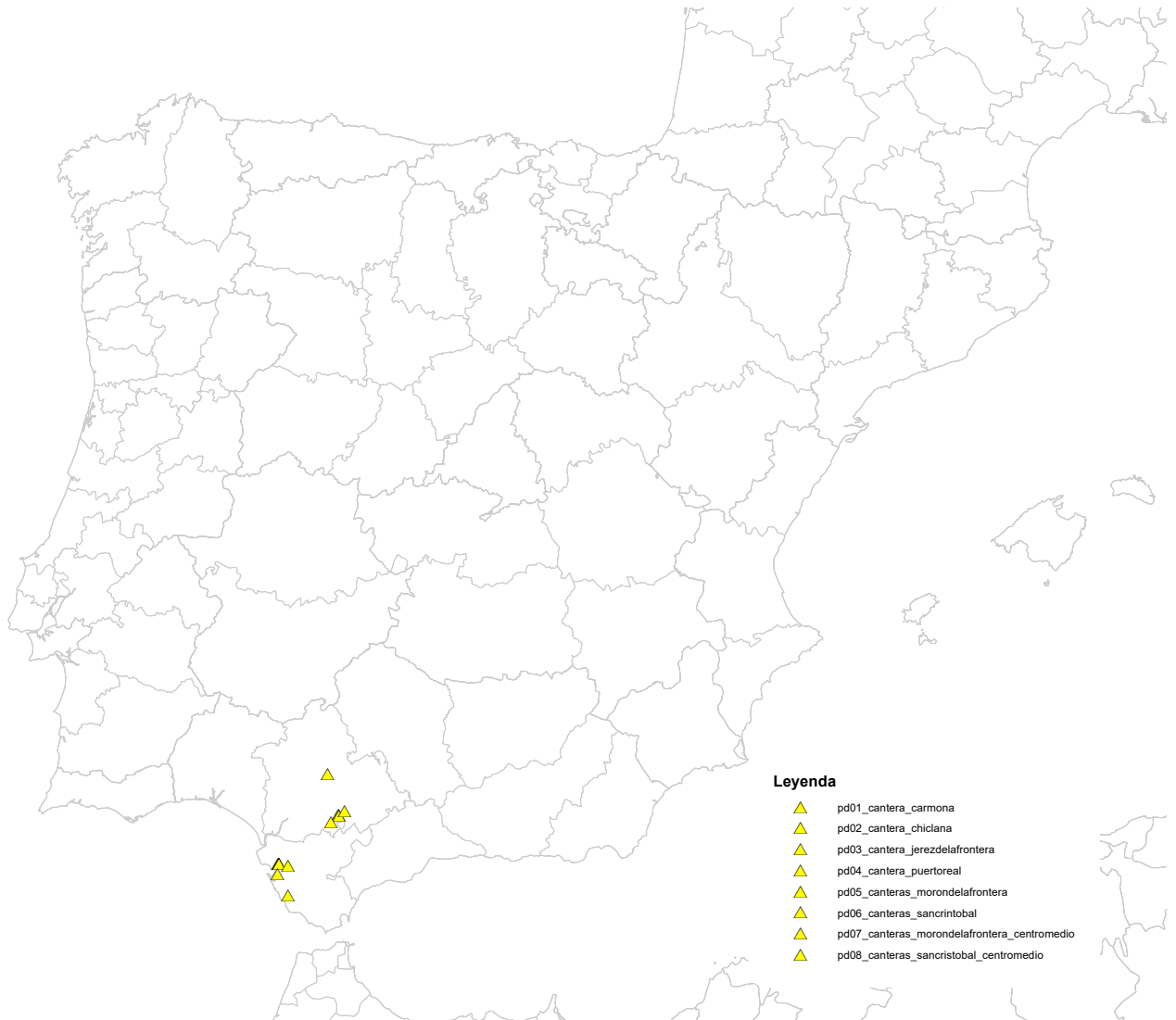
Este archivo proporciona una versión digital de los núcleos con las categorías establecidas por Juan Villuga en 1543. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos. Proyección ETRS89 30N. Vectorización partir de: Villuga, Juan. 1543. Repertorio de todos los caminos de España en el año de gracia de 1543. Barcelona: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, R: RL 3419. (Consulta 14/05/2014). <http://cartotecadigital.icgc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/2618/rec/1> y Villuga, Juan. 1950 [1543]. Repertorio de todos los caminos de España. Madrid: Reimpresiones Bibliográficas.



0 60 120 240 360 km

Este archivo proporciona una versión digital de los caminos por Juan Villuga en 1543. Proyección ETRS89 30N. Vectorización partir de: Villuga, Juan. 1543. Repertorio de todos los caminos de España en el año de gracia de 1543. Barcelona: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, R: RL 3419. (Consulta 14/05/2014). <http://cartotecadigital.icgc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/2618/rec/1> y Villuga, Juan. 1950 [1543]. Repertorio de todos los caminos de España. Madrid: Reimpresiones Bibliográficas.

pd01_cantera_carmona; pd02_cantera_chiclana; pd03_cantera_jerezdefrontera; pd04_cantera_puertoreal;
pd05_canteras_morondelafrontera; pd06_canteras_sancrintobal



Estas capas proporcionan una versión digital de las canteras que pertenecen a la IDE Histórica. Los usuarios lo pueden visualizar en combinación con otros datos.

| ANEXO 3



GIS and graph models for social, temporal and spatial digital analysis in heritage: The case-study of ancient Kingdom of Seville Late Gothic production[☆]

Patricia Ferreira-Lopes^{a,*}, Francisco Pinto-Puerto^b

^a Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, Av. Reina Mercedes, 41012 Seville, Spain

^b Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, HUM799, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, Av. Reina Mercedes, 41012 Seville, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Geographic Information System
DBMS
Graph model
Digital model
Late Gothic heritage

ABSTRACT

This article describes the development of a database management system (DBMS), to use as the basis for a dynamic spatial model or historical geographic information system (HGIS), and an abstract-relational model or dynamic graph model to allow historians and architects to visualise and analyse the complexity of built heritage on a territorial scale. Reutilisation, interoperability, standard terminology and usability were all taken into account in the development of the models. The database was developed within the framework of the International Late Gothic Network and involved an interdisciplinary team of architects, historians, geographers and computer scientists to ensure maximum adaptability of the methodology to other case studies. The result is a DBMS, a GIS model and a graph model, which we hope will provide useful tools for understanding, analysing and disseminating heritage.

1. Introduction

The aim of this project is to develop a methodology for combining a historical geographic information system (HGIS) and a graph model with existing tools to identify, record, research and analyse architectural heritage, transcending the building dimension to focus instead on the territorial context. This case study is based on the phenomenon of the reconstruction of Andalusia through the building programs conducted between the Reconquest and the formation of the Kingdom of Seville, specifically during the 15th and 16th centuries. Known as the Late Gothic, this period represents the transition towards the Early Modern Age. The main reason behind the decision not to customize a new tool is that we wanted to exploit the potential of technologies already used in Spanish research projects and institutions and formulate a process that could be easily adopted by other researchers working in the same area and with the same tools.

In the publication “Los últimos arquitectos del Gótico”, [Alonso Ruiz \(2010\)](#) notes that one of the main problems encountered in the field of historical and architectural research is the absence of a global vision mapping historical phenomena with clear spatiotemporal coordinates. Although there has been significant progress in this area since then, it consists of individual projects on specific aspects rather than shedding light on the overall network of buildings which [Gestoso y Pérez \(1899\)](#) addressed in the 19th century and which more recently has drawn the attention of a number of researchers ([Alonso Ruiz and Jiménez Martín, 2009](#); [Alonso Ruiz, 2011](#); [Serra Desfilis, 2016](#); [Alonso Ruiz and Villaseñor Sebastián, 2014](#); [Alonso Ruiz and Rodríguez Estévez, 2016](#)). In earlier projects we were able to model the local transportation network represented by the routes that permitted the provision of materials and the mobility of agents. We also researched the spatio-temporal identification of the agents involved in certain building activities (professionals, patrons, etc.) using GIS, and we used a graph

Abbreviations: DBMS, Database Management System; GIS, Geographic Information System; HGIS, Historical Geographic Information System; SDI, Spatial Data Infrastructure; BIM, Building Information Modelling; HBIM, Historic Building Information Modelling; IAPH, Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico (Andalusian Institute of Historical Heritage); IPCE, Instituto del Patrimonio Cultural de España (Spanish Institute of Cultural Heritage); MECD, Ministerio de Educación Cultura y Deporte (Ministry of Education, Culture and Sport of the Government of Spain); OASIS, Open Archival Information System; ISO, International Organisation for Standardization

[☆] This is a collaborative research project between the University of Seville, University of Cantabria and University of Western Ontario. Development of the database model commenced in 2014. The project is led by the research group Heritage Knowledge Strategies (HUM799) of the University of Seville and conducted in collaboration with the Andalusian Institute of Historical Heritage (IAPH) and the International Late Gothic Network led by the University of Cantabria

* Corresponding author.

E-mail address: pwanderley@us.es (P. Ferreira-Lopes).

<https://doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00074>

Received 17 October 2017; Received in revised form 10 January 2018; Accepted 26 April 2018

2212-0548/ © 2018 Elsevier Ltd. All rights reserved.

model to examine the relationships in the network of professionals who worked on Seville Cathedral (Ferreira-Lopes et al., 2016). These models used different databases, namely an SDI and a graph database. However, the models developed did not provide an overall vision of the phenomenon and lacked both uniformity and an appropriate scale in terms of activities, therefore offering a highly fragmentary picture of the reality. By contrast, the option of building a single source of data for both models expanded the scope of the study while providing us with a wider range of analysis and allowing us to use the two models to complement each other. Our main objective is therefore to demonstrate that by creating a single DBMS for use with a GIS and graph model we can provide a new investigative perspective and unite hitherto isolated efforts in researching the phenomenon of the Late Gothic in the Iberian Peninsula.

Since the base model represents both entities and relationships with different levels of details and characteristics depending on the data used, the following criteria were adopted: 1) The relational database created had to permit editing, expansion and restructuring without needing to reproduce the whole database every time. This meant that the design had to be flexible and capable of accommodating future structural changes; 2) It had to be possible to associate information obtained from heritage management institutions with the database. This meant standardising the terminology adopted and using the codes already defined by those institutions; 3) The models had to be able to export data to more interoperable formats so that the information could be used and reused in other platforms and tools; 4) The tools used to create the model had to be user-friendly and have quality instruction documentation/tutorials to increase their workability potential. This meant choosing tools that had long been used in the field and did not require an advanced knowledge of programming so that they could be easily applied by researchers from different disciplines. Specifically, this approach meant that the entire model construction process would be cyclical to ensure its continuity and use, since the discoveries and acquisitions of new data would form part of an open, dynamic process.

The case study undertaken offers a magnificent opportunity to test an innovative perspective in the study of building production in a specific territory through spatiotemporal representation and analysis, allowing us to observe new connections between the spatial dimension and the development of human activities in a historical process (Gregory, 2003; Knowles and Hillier, 2008). We believed that the ideal methodology for this purpose was to create a database that related two key questions: i) A spatial database showing the territorial structure of the ancient Kingdom of Seville and the Iberian Peninsula, i.e. a historical SDI with different geometric features (points, lines and polygons) distributed in thematic groups—political/administrative, infrastructure, production/materials, buildings, etc.—in turn distributed in sub-groups (Table 1). This did not mean that the elements represented would only be objects of analysis but rather would be tools of analysis; and ii) Several elements in the spatial database needed to be associated with a standard database combining the activities of the agents, the relationships and entities, and the place of action, with a special emphasis on the role of the agent. Both of these questions would integrate spatial and temporal data in the actual information system. The database was developed by a multi-disciplinary team of architects, historians, geographers and computer scientists (University of Seville, University of Cantabria and University of Western Ontario). The project differs from previous studies in its focus; to ensure its maintenance and open access, the DBMS had to allow reuse by Spanish institutions. The study therefore aims to demonstrate new possibilities and opportunities for sharing knowledge between universities, researchers and institutions. We have witnessed how this approach offers a solution for enriching knowledge and for maximising the efforts of different research teams. Moreover, since the formats generated are interoperable, it is much easier to maintain and disseminate heritage information.

In general terms, the project has three main objectives:

- To establish a procedure for the social and spatiotemporal analysis of a historical/architectural context;
- To develop a DBMS schema for heritage knowledge by identifying, analysing and verifying patterns; and
- To obtain a comprehensive vision of the multiple entities and relationships that shaped architectural production in Spain during the Late Gothic period.

At the instrumental level, the specific objectives are:

- To identify the main limitations of the tools used, especially when implemented in a large-scale project with heterogeneous data.
- To develop a database, as standardised as possible, related to architectural production and the political/administrative, social, historical and cultural context.
- To create a digital model that can be easily updated, enlarged and reused.
- To propose analyses and visualisations that can offer new study and development perspectives for future researchers.
- To ensure access to the data by including them in institutional databases (IAPH).

2. Application of GIS and a graph database in heritage: previous studies

Recent advances have made it possible to use digital information technologies in a variety of disciplines and fields. They have proved to be an especially useful tool with enormous potential in the study of the history of architecture and archaeology. The management of architectural heritage differs from other fields because of the heterogeneity of the information handled. There are four aspects that are particularly difficult to manage: the multi-layer nature of the data, the third and even fourth dimension, the diverse formats of sources, data and information, and the generation of documentation during the heritage management cycle. In spite of these difficulties, the organisation and systematisation of the information gathered has proved to be highly beneficial for its preservation, management and sustainability. Digital information technologies were first used in the heritage field for recording and documenting purposes, and graphical representation was the end product achieved. However, in the last two decades other technologies and applications used to analyse a vast heterogeneous mass of data, such as GIS and the Network Graph Database, have shed light on new aspects, factors and questions. Specifically, we can point to four applications of GIS in the field of cultural heritage:

- First, the use of GIS to support the creation of an inventory of heritage. In this case, the SDI is created by selecting and processing data obtained from different documentary sources as well as the heritage asset itself and the associated environment (Guillot and Leroy, 1995; Willems et al., 1997). The data can be processed manually, although this is more time consuming, or alternatively acquired by text mining software, which is less time consuming. The key benefit of including data in the construction of an SDI is the ease of editing, expanding, updating and storing heterogeneous data, making it possible to add dates, authors of the work, techniques, dimensions, images, composition, materials, etc. of the elements represented. In most cases, institutions already have these records in a non-digital format but they need to be digitalised, processed, design and restructured for the implementation GIS (Fernández Cacho, 2002; Galliani and Sánchez Díaz, 1998). An inventory created with GIS is also a valuable tool for the researchers of institutions and universities, and the adoption of an interoperable format is therefore an important factor to bear in mind for reuse and maintenance purposes. Once an inventory has been created with GIS, contents, maps and thematic visualisations can be created for a wider audience, therefore encouraging greater dissemination.

Table 1
Summary of the historical SDI structure.

Late Gothic HSDI				
Group	Sub-group	Layer	Entity type	scale
RTS_01_Administrative	Kingdom	ad01_kingdom_1266	polygon	Peninsula
		ad02_kingdom_1482	polygon	Peninsula
	Diocese	ad03_dioceses_1410	polygon	Peninsula
		ad04_dioceses_1486	polygon	Peninsula
		ad05_dioceses_1550	polygon	Peninsula
	RTS_02_Infrastructure	City	ad06_capitalsv_1546	point
Path			if01_roman roads	polyline
		if02_villuga roads	polyline	Peninsula
		if03_rivers	polyline	AKSeville
RTS_03_Production		Quarry	if04_o_sources	polyline
	pd01_quarry		point	AKSeville
	Lime	pd02_lime	point	AKSeville
		Wood	pd03_wood	point
RTS_04_Buildings	Religious	ed01_religious	point	Peninsula
	Civic and Religius	ed02_civic and religious	point	Peninsula
		Civic	ed03_civic	point
	Military	ed04_military	point	Peninsula
	Military and Civic	ed05_military and civic	point	Peninsula

- The second use of GIS is to gain a greater knowledge and understanding of heritage. These assets cannot be understood as isolated objects, only as part of a constantly changing physical and social context (Box, 1999). In this case, the technology is applied in research projects (mainly multi-disciplinary) that aim to shed light on certain questions, discover patterns of spatial, physical and temporal characteristics, and evaluate the results obtained to determine future actions to manage heritage assets. Additionally, 2D GIS can be used to calculate dimensions, undertake topological studies and analyse spaces and their attributes (Zant et al., 2013; Deng et al., 2009; Deidda et al., 2015). These may be considered to be the initial phase of a project that aims to create a 3D SDI. The level of detail of the elements included in the SDI will depend on the project objectives, although the main factors are execution time and cost. A related application of GIS is the study of historical, economic and socio-cultural contexts. As important aids in understanding the heritage landscape, these studies usually address topics from the spatiotemporal perspective, as shown by Gregory and Ell (2007), Greengrass and Hughes (2008), Fortin and Bonnell (2014) and Crespo Solana (2014).
- Third, the use of GIS in the development of control and predictions for the conservation of known heritage and also for identifying the potential location of archaeological sites. These advanced spatial analyses are mainly conducted using sensors located at the site itself, in movable and non-movable assets, and in the surrounding environment. Their purpose is to capture data and monitor values such as dampness, movement, ventilation, light, energy, probability of flooding, soil characteristics, etc. to assess possible risks. This third application of GIS is usually related to 3D models, either created in the actual GIS system (Scianna and La Guardia, 2017) or in conjunction with other models, as in the case of GIS combined with BIM (He et al., 2015; Dore and Murphy, 2012).
- The fourth use of GIS is to create strategic plans for natural and/or cultural heritage management (Pinto Puerto et al., 2011). GIS may be used as a tool to analyse existing data which, superimposed on the layers of heritage assets, can identify, calculate and assess limits and degrees of protection. Besides, when combined with local and regional land use plans, GIS is useful for managing building permits and changes in land and building use. Strategic plans may even include studies on the impact of new projects or interventions, such as the construction of more infrastructure or changes to and the expansion of public transportation

In the field of cultural heritage, these different types of GIS applications may be, and usually are, used together or as part of a chain. For example, an inventory SDI may be used as input for researchers, which when combined with new associated data can generate new discoveries and knowledge. Alternatively, the same inventory SDI may serve as input for the creation of future strategic plans. Equally, risk prediction analyses may be useful for drawing up the actual strategic plans, or these may benefit from the research undertaken (La Spina et al., 2012).

In the case of graph models, these are used in the second line of GIS application, in the field of research as a method for exploring, discovering, identifying, visualising and questioning interaction patterns and processes in past societies. They are based on a mathematical theory, namely graph theory. A graph is a set of nodes (vertices) joined by a set of edges, where the edges represent the interactions between them (Robinson et al., 2013; Brughmans, 2010). A network is a graph with attributes/characteristics associated with its nodes and edges. These attributes/characteristics are used to classify the nodes and edges into categories so that patterns may be explored. Although we now have modern technology to apply this theory, graph models have already been used to understand complex relationships in cultures of the past (Pitts, 1965). The great benefit of their use in cultural heritage is the capacity to articulate and analyse different scales and their potentiality for integrating actors and elements. The limitation of a graph model is the complexity of implementing it, because the definition and construction of the nodes and edges in a historical network are not so easy to resolve (Knappett, 2013).

Although graphs have been used in many different disciplines, including art (e.g. de la Rosa and Suarez, 2015), literature (e.g. de la Rosa and Suarez, 2016) and biology (e.g. Bascompte, 2009), it is the social sciences, using the theory of social network analysis (SNA), that have had the greatest impact on their application in the heritage field, mainly in historiographic studies and archaeology. In relation to heritage, network analysis has been applied to studies on the movement of people and objects (Jackson, 2017; Brughmans and Poblome, 2012), transport and trade (Polonia et al., 2014), descriptions and symbologies (Suarez et al., 2013), political power (Scholnick et al., 2013), and the transmission of ideas/knowledge (Graham, 2006). Although approaches, tools and objectives may vary, there are two fundamental points common to all applications: the relevance of relationships over entities, advancing towards the non-linear study of heritage to permit more complex, polyhedral perspectives; and the use of graphs not only to discover patterns and explore properties but as tools in themselves for posing new questions.

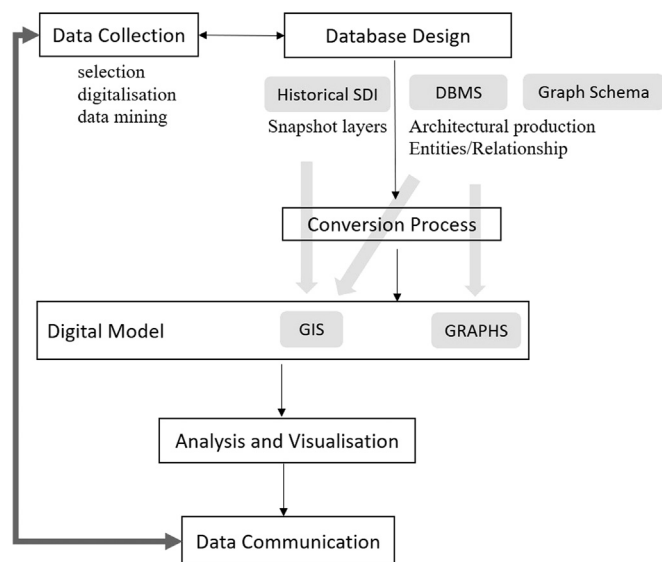


Fig. 1. Cyclical process, phases of the modelling process.

3. Case study and methods

3.1. Late Gothic architecture in the ancient Kingdom of Seville

Two key factors need to be considered in understanding how the ancient Kingdom of Seville was transformed after the Reconquest into a territory with intense architectural production: i) how the architectural factory operated as a catalyst for changing and revitalising the economy and society; and ii) how the territory was gradually forged to accommodate the exchange and consolidation of these new roles through the construction of key routes and roads. These two factors not only enabled building production in the Iberian Peninsula to benefit from a rich exchange of knowledge and techniques with other territories like France, Belgium, Germany and Portugal, but allowed the social and physical space we have defined to act as a hinge with America. Villaseñor Sebastián (2010) describes that moment in time as the sum of a vast density of economic, social, cultural and political relationships that developed in a period that spanned little more than one century and provided the framework in which new ways of building emerged and spread, ultimately leading to the introduction of humanist trends in the Peninsula. In this open system, the influences of other nations sustained each other and were simultaneously governed by physical and natural factors of territory, something which clearly suggests a complex scenario.

In this context, a geographically integrated historical approach and the visualisation of data and their relationships afford new possibilities for analysing and challenging the traditional historical narrative. This

historical narrative offers no concepts and hardly any standard terminology or methods to facilitate the analysis of complex historical systems (Owens, 2007). In this project we have adopted three basic principles for analysing building production: a) Historical facts must be interpreted in light of their connection with the places where they occurred and based on political, physical, cultural and sociological factors. b) Historical systems are complex, rhizomatic, open and dynamic, therefore demanding the use of technology to analyse their changing structure. c) Agents and places are connected by the activities undertaken at the local and regional levels, and even at the European and transcontinental levels. These agents - building professionals, artists, merchants, patrons, aristocracy and the church - were the main actors in building production. The construction of major buildings like Seville Cathedral would not have been possible without the development of quarrying and the fluvial transport system that supplied stone from quarries more than a hundred kilometres away, in the San Cristóbal mountains, or without the exchange of different types of professionals, each with their own techniques and building knowledge, and merchants who were already familiar with the Gothic buildings of cities like Cologne, Bruges, London, Nantes and Rouen (Jiménez Martín, 2016). Much of the research undertaken on building activity in Spain during the 15th and 16th centuries make reference to how the network of agents operated through organised groups of professionals and patrons, as well as the church, the power behind the main military and colonial enterprises. The prestige of the masters who worked on religious buildings was often transferred to civic architectural production, from buildings to infrastructures like bridges, industrial facilities and different types of machinery (Rodríguez Estévez, 1998; Gestoso y Pérez, 1899).

3.2. Modelling process

The first step in creating the database model was to understand GIS technology and graph theory so as to be able to evaluate their limitations and design the spatial database correctly. This process was divided into six phases: data collection, database design, data processing, creation of the digital model in GIS and Graphs, analysis and visualisation, and communication and association with institutional databases (Fig. 1).

Several programs were used during the different phases, including Google Engine®, Microsoft Excel®, Microsoft Access®, ArcGIS® and Gephi®. ArcGIS® and Gephi® were the crucial tools. ArcGIS® was the main software package used to create the historical SDI because this can digitalise and vectorise data from traditional historical sources like maps and plans and link alphanumeric values to geometric entities, and it also comprises a series of tools that we used in the spatiotemporal analysis phase. Meanwhile, Gephi®, the database management system based on graphs (URL1) was the main tool used to create the graph model associated with the database. We used Microsoft Access® software for the DBMS since it can be linked with ArcGIS® and, by

Table 2 Software, functions, formats and systems.

Software	Application	Data Input formats	Visualisation and Representation formats, output formats	System specifications	Licence
My Maps	Tool for digitalising cartography, georeferencing - points and lines	. CVS., TSV., KML., KMZ., GPX., XLSX	bitmap images (.jpg,.pdf),. KMZ., KML	Mac OS; Windows; Chrome OS; Linux	Open Version, online (Google My Maps)
Access	Tool for gathered data, design DBMS	. CVS., XLS	. CVS., XLS	Mac OS; Windows; Chrome OS; Linux	Paid licence (Microsoft)
ArcGIS	Tool for digitalising, integrating alphanumeric and spatial data, create historical SDI, analysis and visualisation for spatio-temporal data	. XLS., SPH., KLM., KMZ., OLE DB	. SPH., JPG., PDF., XLS., KMZ., KML	Windows	Paid licence (ESRI)
Gephi	Network analysis and visualisation software that uses Graph representation.	. CVS., GEXF	. CVS.,DL., GBF, GEXF., GML., GRAPHML., NET., VNA., PDF., PNG, SVG.XLS	Mac OS; Windows; Chrome OS; Linux	Open Source (GEPHI)

exporting files in CVS format, with Gephi® as well (Table 2). The other programs were used as initial tools for data mining and in the final phase for converting formats to permit greater interoperability with the general public and institutions.

3.2.1. Data collection

This phase consisted in selecting, digitalising and processing data and converting analogue formats to digital formats. Most of the data, graphs and alphanumeric values used were found in old documentary sources such as maps, plans and texts or in recent publications, mainly in print format and with a prevailing narrative style.

However, some of the data on architectural production were found in a digital database (Archibase) with an information format resembling a biographical dictionary of the main authors of Late Gothic heritage during the period 1440–1575. Created between 2007 and 2014 by the International Late Gothic Network (researches from University of Seville, University of Cantabria, University of Palermo and University of Lisbon), the Archibase database provided a consultation tool, using professionals' names to filter the data, but the information was in narrative format without any hyperlinks or mapped relationships between actors and buildings.

3.2.2. Database design

Once we had collected a vast mass of heterogeneous and supposedly interrelated data, we proceeded to design the database, bearing in mind its future export to GIS and graph models. Our aim was to organise and structure the data so that they would reflect the particular features of the modelled system. We therefore conducted a preliminary phase consisting in conceptualising, abstracting and simplifying the case study. To work with complex systems like the ones used in this study, such as social networks and historical GIS, the model also had to include the historical SDI and the entities and their relationships.

We therefore created a snapshot model or historical SDI associating the temporal information to thematic layers, as demonstrated in the projects Great Britain HGIS and Parish Description Project (URL2; URL3). This enabled us to analyse and map the historical information with a fixed temporal value for the spatial entities of a specific layer (Dioceses 1410, Dioceses 1486, Dioceses 1550, Roads 1546, Roman Roads, Kingdoms 1482, etc.) (Fig. 2). However, snapshots often reflect the temporal reality incorrectly. We know that the spatial entities of the same layer sometimes correspond to different dates. For example, when processing and digitalising maps such as “Repertorio de todos los caminos de España en el año de gracia de 1543” by Juan Villuga, we noted that the author probably started recording the routes before 1543, which is not reflected in the temporal layer. However, since we knew that the main temporal movements that we wanted to analyse were related to architectural construction, we were able to associate the time factor to any of the spatial entities, as explained below.

A DBMS schema was created to integrate the entities and relationships of the data gathered on the activities undertaken by the different agents. The design of the database, i.e. the way in which the data are organised, was crucial for implementing a dynamic model in GIS and Graphs. The DBMS comprises entities and relationships that are represented by tables of entities (main entity set), tables of classified values (secondary entity set) and relational objects (Fig. 3).

- The entity tables represent a group of entities (E) belonging to the same type (e.g. E_1 professionals, E_2 patrons, E_3 buildings, E_4 quarries, E_5 architectural/building products) with specific attributes for each entity (e.g. E_1 professionals contains biographical data) and non-key attributes for each entity (name, source, neighbourhood, date of birth, date of death, activity start date, activity end date). There are no two entities with the same name or key attribute.
- The tables of classified values (Ee) represent a standard list of classified attributes for the relationships: a) Ee_1 professional category (master builder, surveyor, stonemason, sculptor, etc.). This

classification was established in line with the documents and studies already undertaken (Rodríguez Estévez, 1996; Rodríguez Estévez, 1998; Gestoso y Pérez, 1899); b) Ee_2 list of products associated with the architecture derived from the action of the agents who may have been involved in the creation, preparation and evaluation (document, design, reports) or in the production or construction (building element, functional space of the building, site management, workshop/factory tasks). This list of products was derived from the terms in the Thesaurus of Cultural Assets published by the Spanish Ministry of Education, Culture and Sport (URL4); c) Ee_3 list of researchers who have contributed data. This list provided us with the metadata for the information entered in the database. The tables of lists were included in the database to reduce data input errors because the user chooses the classified alphanumeric value from a predefined list. It also speeds up the input process; d) Ee_4 list of bibliographic/documentary references from where the data were obtained.

- The relational objects (RS) that represent the relationships between entities are shown in our database as “activities” and “kinship”. In the “Activities” table, each entity represents the action undertaken by the agents and associates the data referring to professionals, patrons, action, professional category, buildings, quarries, action dates (start-end), bibliographic reference and user who entered the entity. For example:

ACT_PROF_RS (prof, mec, parq_ed, catprof, fi, ff, amet, refb)

Where ACT_PROF_RS refers to the “activity” relationship within the set of relationships associated with a professional, who is defined by his name, the patron who sponsored the activity, the architectural product and its construction, the professional category, the start date, the end date, the author/user and the bibliographic reference where it is documented. The first and second values, prof and mec, are linked respectively to the attributes of names in the entity tables E_1 professionals and E_2 patrons. The third value is linked to the entity E_5 architectural product, which in turn is linked to an entity in table E_3 building (E_5 is part of E_3 and therefore has the same relationship). The fourth value is linked to a value in the secondary entity set Ee_1 professional category. The seventh value is linked to Ee_3 , which represents the name of the researcher who entered the relationship. And the last value is linked to Ee_4 and refers to the bibliographic/documentary reference where the activity data are recorded. As shown, all the values except for the activity start and end dates are linked to entity sets. Accordingly, the same type of activity may have been performed by more than one agent, which was very common in our object of study because of the lengthy execution times, habitual interruptions of the works and constant consultations with experts. For example, the masters Juan Gil de Hontañón, Alonso Rodríguez, Juan de Ruesga, Martín de Bruselas and Enrique Egas all produced reports on the collapse of the dome at Seville Cathedral; in 1528 master Diego de Riaño, the stonemasons Hernando de Morgua and Martín de Alvisto and the surveyor Francisco Vuelta all worked on the construction of the vault over the church of San Miguel in Morón de la Frontera, sponsored by the Count of Ureña, Juan Téllez de Girón. The set of relationships grouped under “Kinship” defines the connections between the agents and their direct line of descent. We created this relationship because during the 15th and 16th centuries it was fairly common for the members of the same family to pass on their trade, e.g. from father to son, from father-in-law to son-in-law or from one brother to another, and access to the different professional categories was restricted to specific social strata. All of these professional transfers and categories are reflected to a certain extent in the architectural language produced and the building techniques applied.

The omission of particular data in the database is contemplated. We acknowledge that working with data from the 15th and 16th centuries is extremely challenging and that the database should therefore allow users to omit certain information, especially in the case of dates.

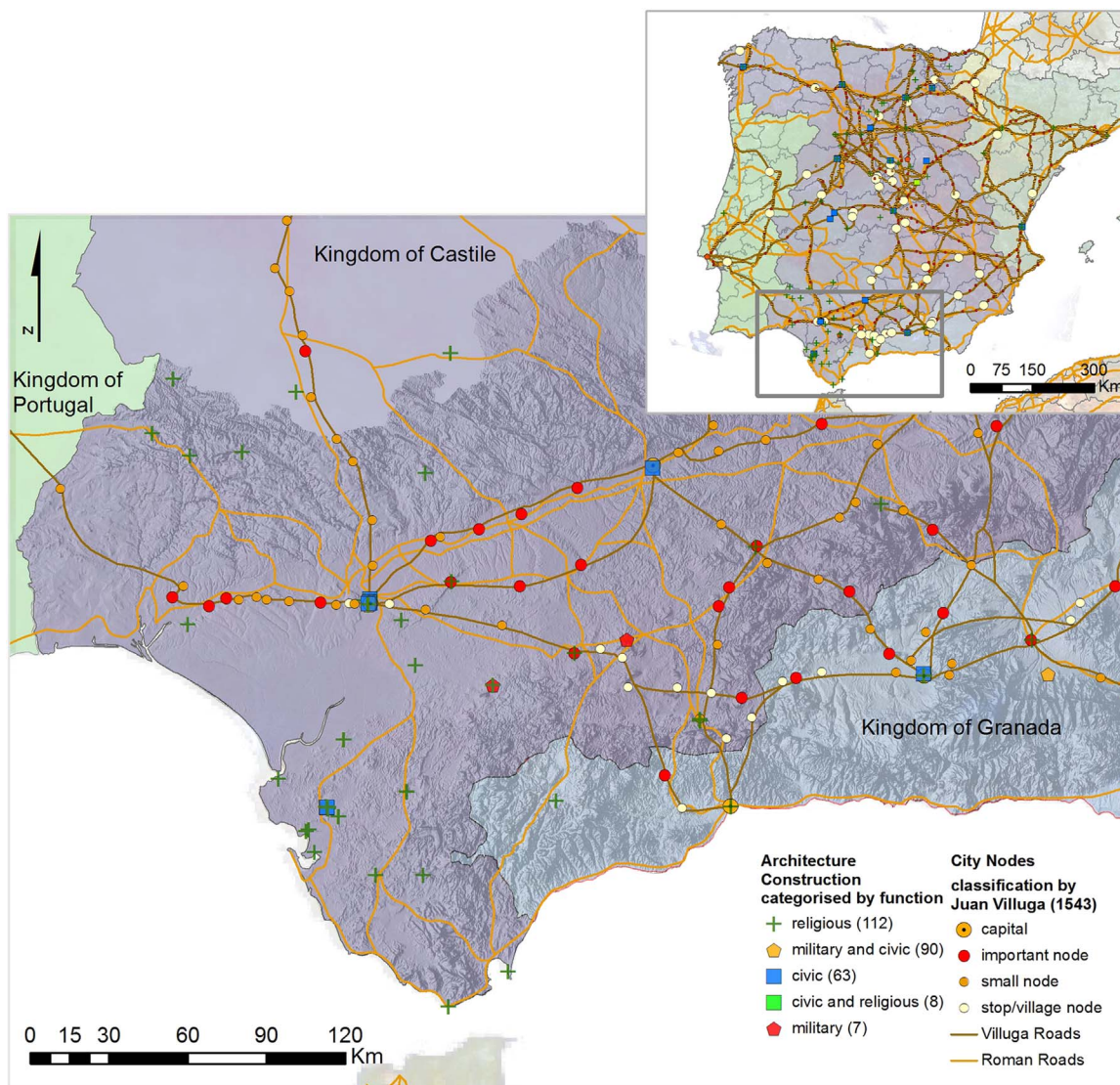


Fig. 2. Historical SDI. It shows part of the road infrastructure during the 15th and 16th centuries, including the network of royal roads according to Juan Villuga (1543) and the Roman roads. It also shows the layer representing the buildings that were either built or altered during the Late Gothic period. They are classified according to their function.

Naturally, it should also have the flexibility to allow for new data to be added since the expansion of the database is an open and on-going process.

3.2.3. Data conversion process

Once the data had been systematised in the database designed, they had to be converted for inclusion in the ArcGIS® software, which was carried out via an OLE DB connection with Access, and they also had to be converted to CVS format for inclusion in Gephi® (Fig. 4).

3.2.4. Digital model

To conduct the analyses, we considered two different digital models: a spatiotemporal model capable of organising the information in layers and elements with attributes, geo-referenced to a specific date and place, a geographically-integrated historical GIS model; and a graph model based on an abstract model in which the main elements are the relationships, a relational-integrated historical model. As Owens has pointed out, models aim to offer a representation/visualisation of a reality (Owens, 2007), in our case by mapping and analysing relationships, flows and data regarding the phenomenon of architectural production in the Late Gothic period. The structure and representation of the data in the two models are different. The representa-

tion in GIS is more tangible and physical, enabling us to work with distances and the geometry of the entities, whereas in the graph model the representation is conceptual and occurs between nodes and lines and does not include the geometry of the object's form, which means that the distance is measured by whole numbers.

3.2.5. Analysis and visualisation

Having created the GIS and graph models, we were able to analyse and visualise the data. In certain analyses where we only wanted view part of the information, we filtered the data. The tools we used enabled us to filter the information according to specific criteria. For example, the analyses conducted in the GIS model revealed the location of the agents and their activities, the number of buildings and events per municipal district (Fig. 5), the optimal routes, the agents' scope of action and the overlaps, the coincidence of different agents at the same building at the same time, the density and distribution of related activities according to the building type/function or the activity category, etc. The analysis of the temporal density of building activities reveals an increase from 1500 onwards and a greater concentration in the south of the Iberian Peninsula, in modern-day Cádiz province (Fig. 6). This could be explained by the influx of capital in the south of the peninsula after the discovery of America and the conquest of the

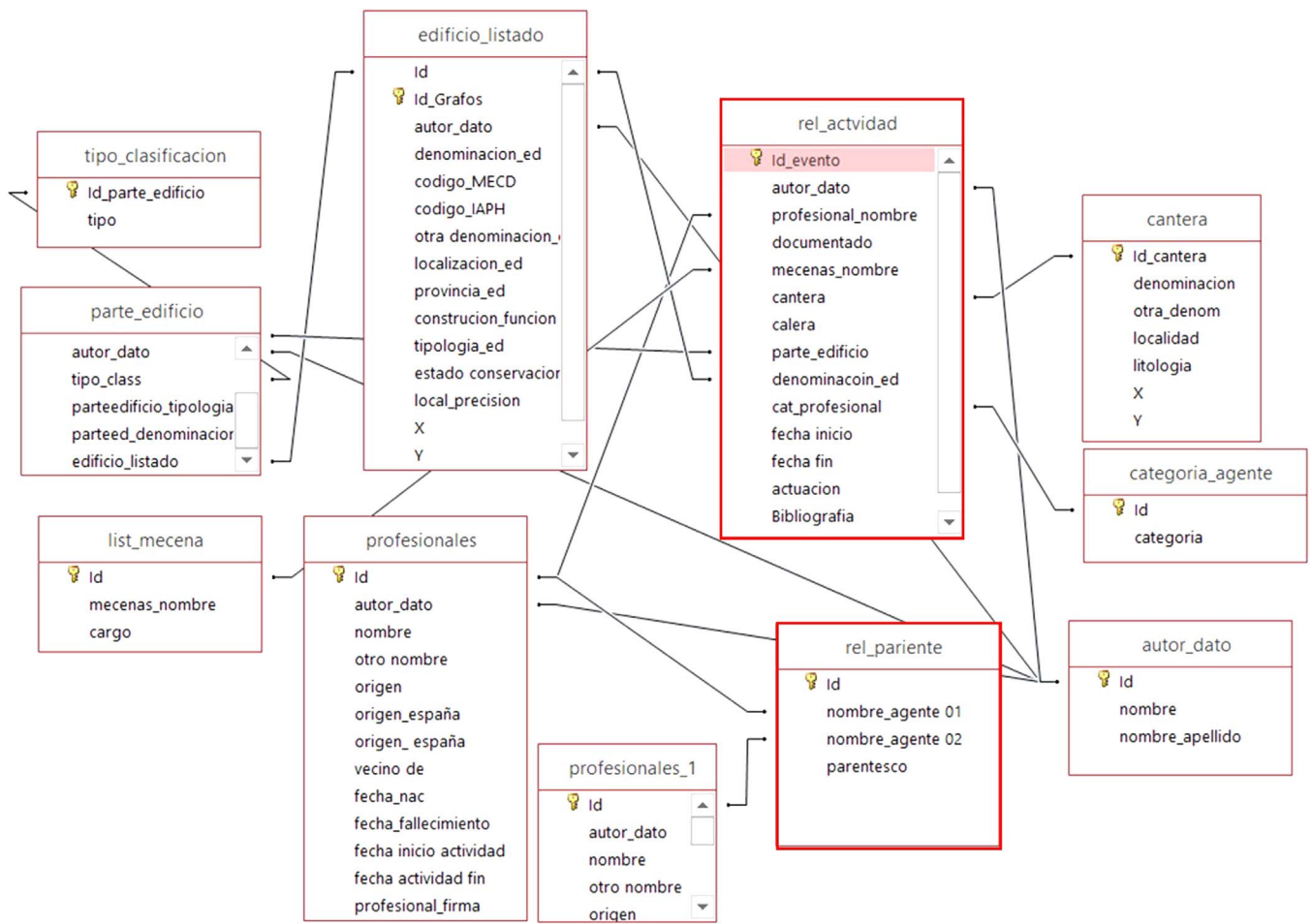


Fig. 3. Structure of DBMS relationships and definition of entities in the database.

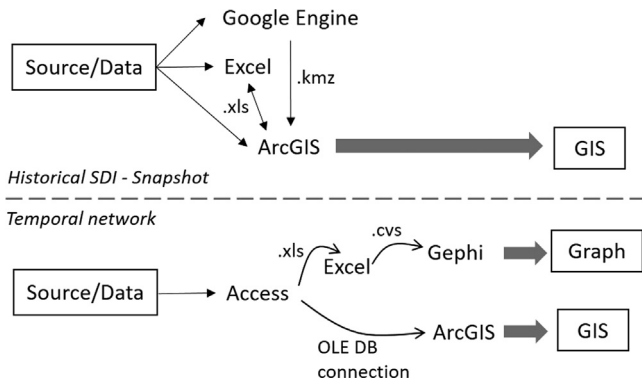


Fig. 4. Conversion of file format and software used during the modelling process.

Kingdom of Granada by Castile, which stabilised territories that were formerly border areas. In another analysis, we verified the main professionals in the graph model and were then able to identify the activities they carried out by filtering different layers, each representing a professional, and using those points we inserted an elliptical polygon based on standard axes of point distributions in ArcMap® (Wang et al., 2015). Adding the layers enabled us to visualise the differences and similarities between the agents. For example, we were able to confirm that although some of the professionals carried out a considerable number of activities, many of these were concentrated in a more limited region, as in the case of Diego de Riaño and Alonso Rodríguez. However, other professionals like Juan Gil de Hontañón, Simón de Colonia, Enrique Egas and Juan de Álava were active in a wider area

(Fig. 7). The GIS model also enabled us to create temporal track lines for each agent, e.g. for the professional Diego de Riaño, and visualise the timeline of their activities on the map (Fig. 8).

We can also calculate the least costly routes and formulate a hypothesis on the most likely roads used according to a defined set of variables. We tested this in our study by considering the gradient generated from the 3D digital model of the land. For example, the analysis of Diego de Riaño's activities reveals that between 1528 and 1534 he was managing the works on Seville Cathedral while also carrying out activities at the church of San Miguel in Morón. Using the GIS model, we generated hypotheses about the possible road he used. In our first hypothesis, we calculated the least costly route between the cathedral in Seville and the church in Moron as a distance of approximately 60 km. Since this would have been a two-day trip, covering 30 km per day (Uriol Salcedo, 1990), Riaño would have had to stop en route. However, if we look closely at his activities, the proximity of dates suggests that he may have also been working on the parish church of Santiago El Mayor in Utrera (Ruiz de las Casas, 1527), which is practically half-way between Seville and Morón. This pointed our calculation of the least costly route in another direction, from the cathedral in Seville to Utrera, and from Utrera to San Miguel (Fig. 9).

The graph model (Fig. 10) enabled us to analyse several aspects: the potential importance of professionals and patrons (Fig. 11); the influence of agents at the buildings where they were active; the works and professionals that were sponsored by a specific patron or group of patrons, and their influence on certain building types and forms; and the agents that were active at the same building, either performing the same activity or different activities at the same building during the same period of time (Fig. 12).

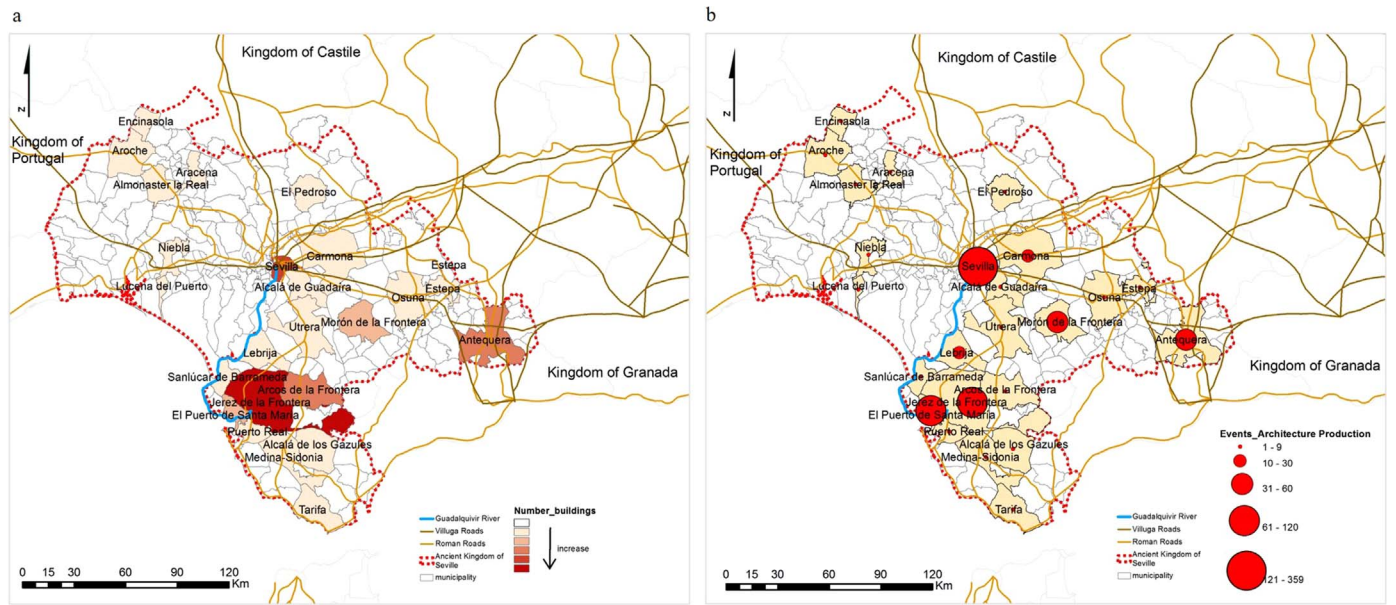


Fig. 5. Visualisation in the GIS model of building production: (a) number of buildings per municipal district, and (b) events/activities per municipal district. The red circle is proportionate to the number of events (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.).

These analyses offer new perspectives for understanding the phenomenon of the Late Gothic and re-evaluating its dynamism in light of the interaction between agents. Nevertheless, the results of the analyses and visualisations are determined by the data we have gathered. The addition of new data may well alter these results.

3.2.6. Communication and association with institutional databases

Apart from the problem of scattered information that we encountered in the research and heritage documentation, which we tried to resolve by creating the DBMS, we also had to consider the maintenance and dissemination of all the data collected and systematised, and the conservation of the heritage information. This is undoubtedly a great

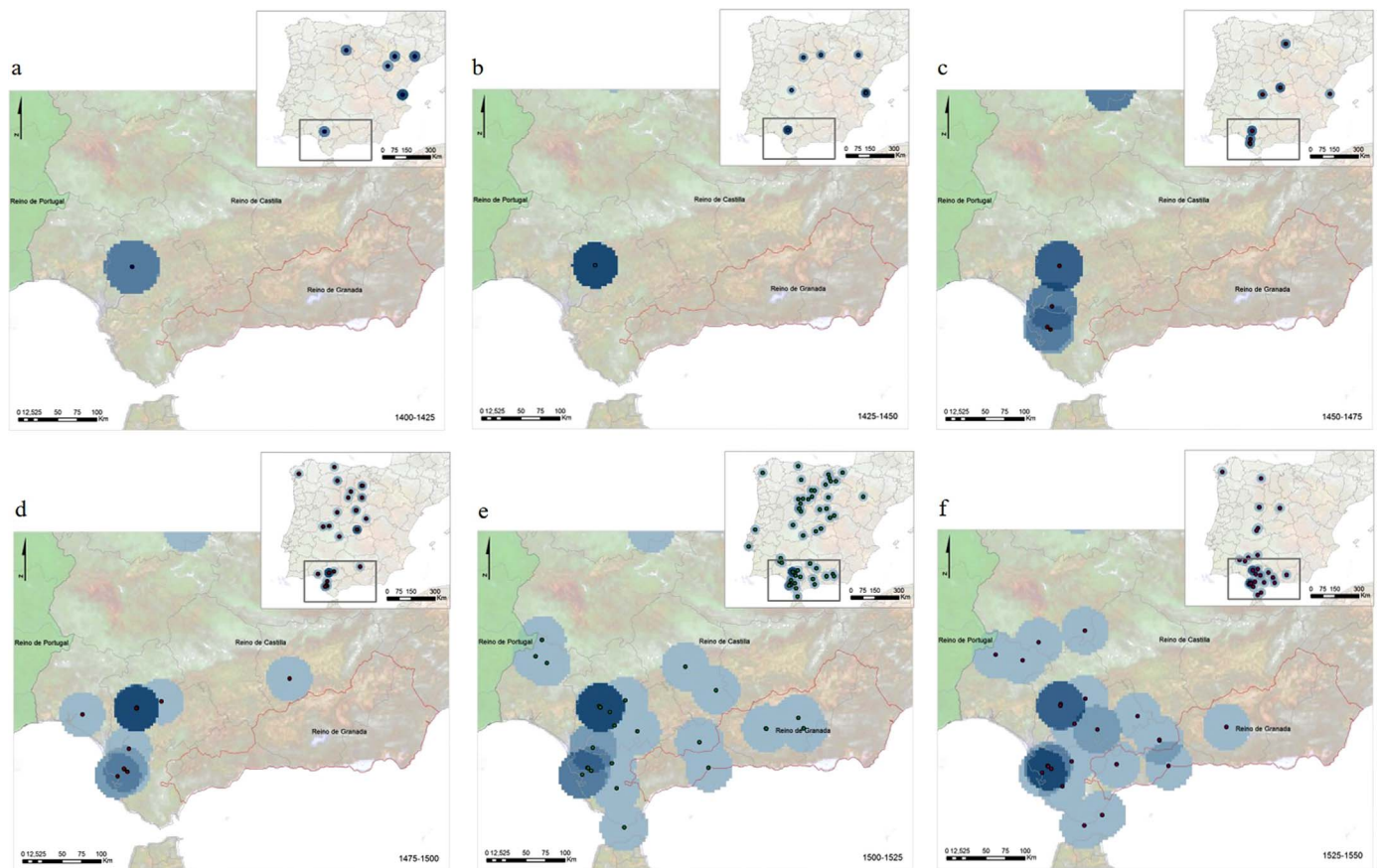


Fig. 6. Timeline of activities related to architectural production from 1400 to 1550. In the territorial scale represented in this visualisation, the points of action often overlap because of the proximity of the buildings. However, the density analysis reveals the “weight” of activities. As shown, there was a greater intensity of activities in (e) and (f), between 1500 and 1550.

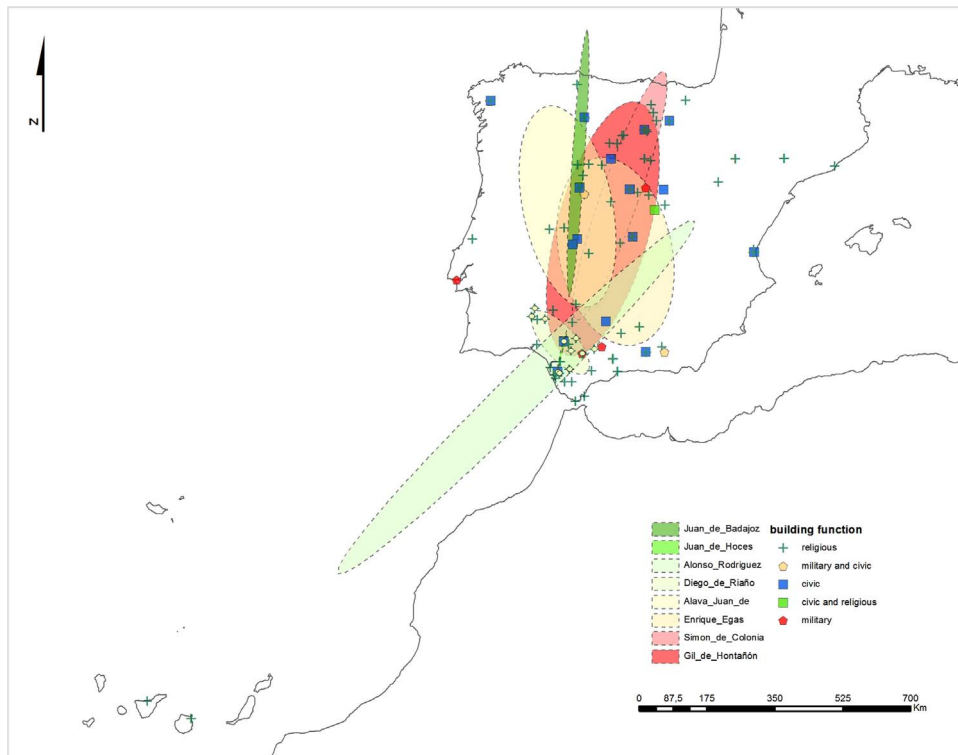


Fig. 7. Insertion of an elliptical polygon based on standard axes of distribution of the activities of potentially important professionals in ArcMap.

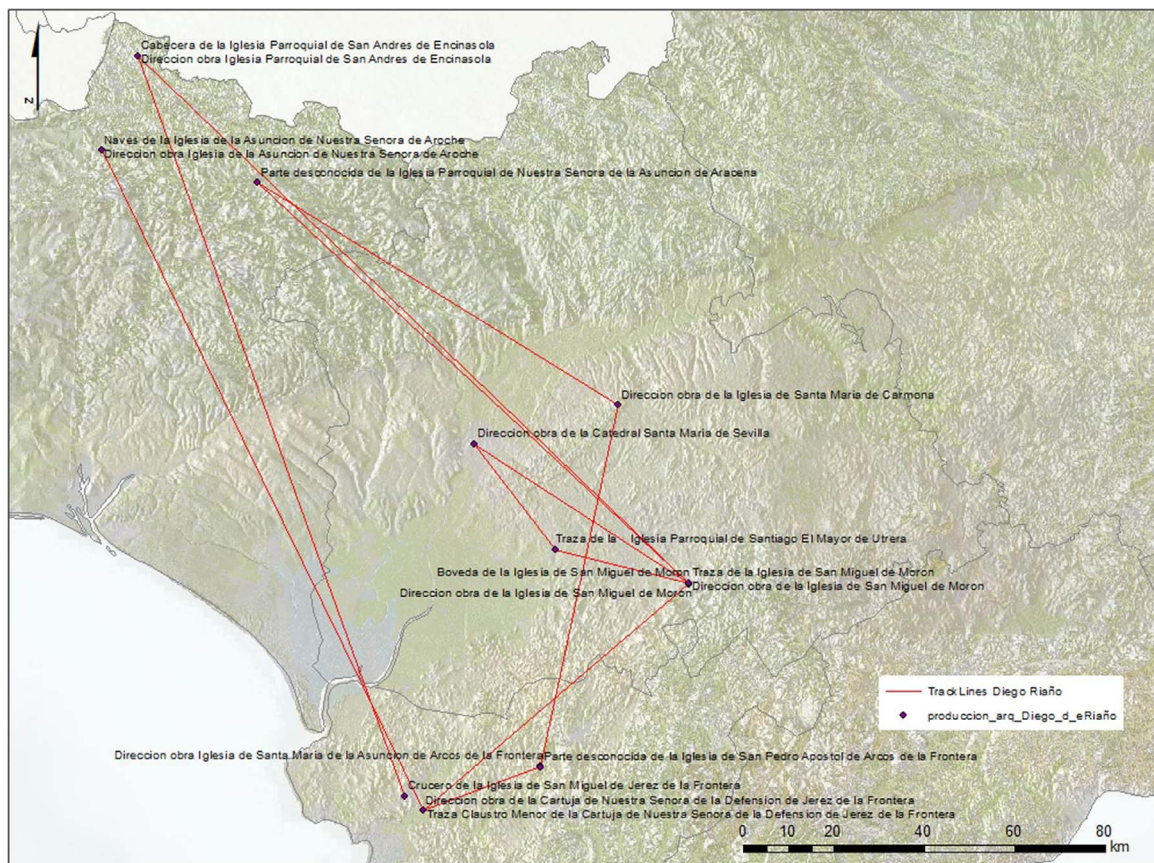


Fig. 8. Temporal track lines for the professional Diego de Riaño.

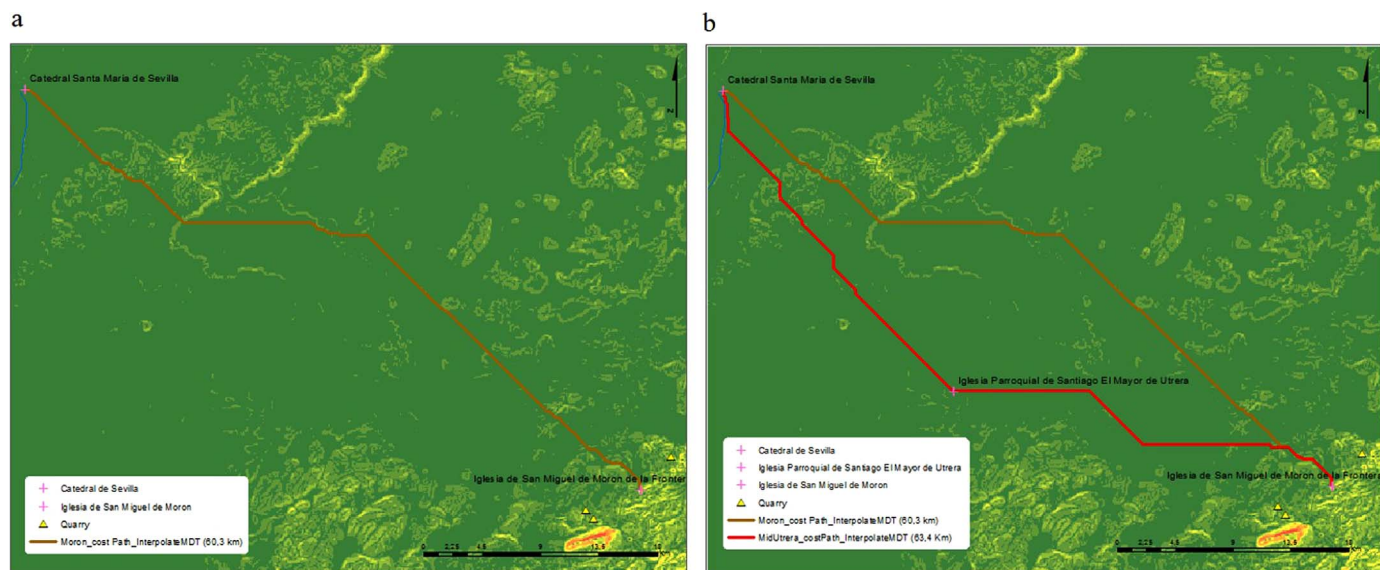


Fig. 9. Hypothesis of the possible road used by Diego de Riaño when he was managing the works on Seville Cathedral and the church in Morón de la Frontera. The calculation takes into account the gradient generated by the digital model of the terrain and the visualisation of its profile based on the insertion of the shape through ArcGIS. (a) Hypothesis 1: Least costly route from Seville Cathedral to the church of San Miguel in Morón. (b) Hypothesis 2: Least costly route from the cathedral to the church of San Miguel in Morón, via the church of Santiago in Utrera.

challenge that has yet to be met and that often causes the duplication of research studies and efforts. To contribute to the solution to this problem, we included in the DBMS the codes of IAPH and MECD heritage asset databases to facilitate the process of associating the information (Fig. 13). We implemented this solution for three reasons: 1) it reduced the incidence of error/duplication in the DBMS itself when associating activities performed by the agents on a particular building; 2) it enabled us to standardise the naming convention for the buildings—the same building appeared in documents and publications

under different names, e.g. Catedral de Sevilla, Catedral Santa María de Sevilla, Catedral Sede de Santa María de Sevilla and Catedral Hispalense. By adopting the naming convention of these two institutions and their corresponding codes, we were able to organise the collected information more efficiently; and 3) we believe that the maintenance and dissemination of this information remains the role of these institutions; our research offers a methodology for facilitating the transversal connections between research, institution and access to the data by a wider audience.

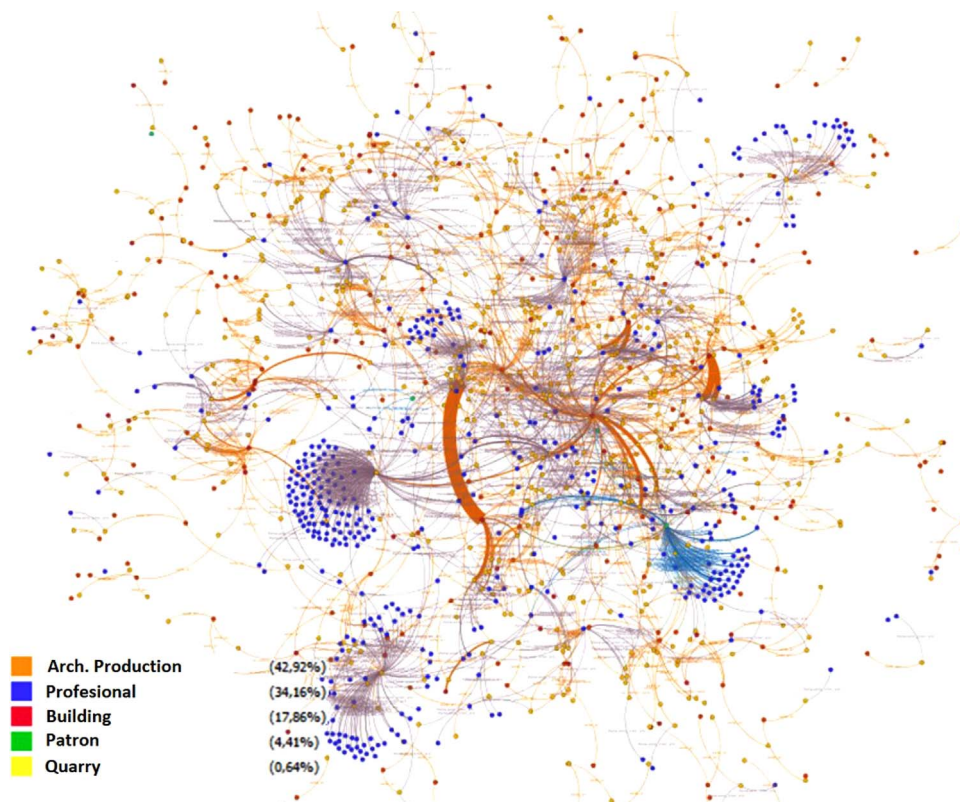


Fig. 10. Graph model with a total of 1400 nodes and 1787 lines. In this image the thickness of the lines between nodes is proportionate to the number of relationships connecting them.

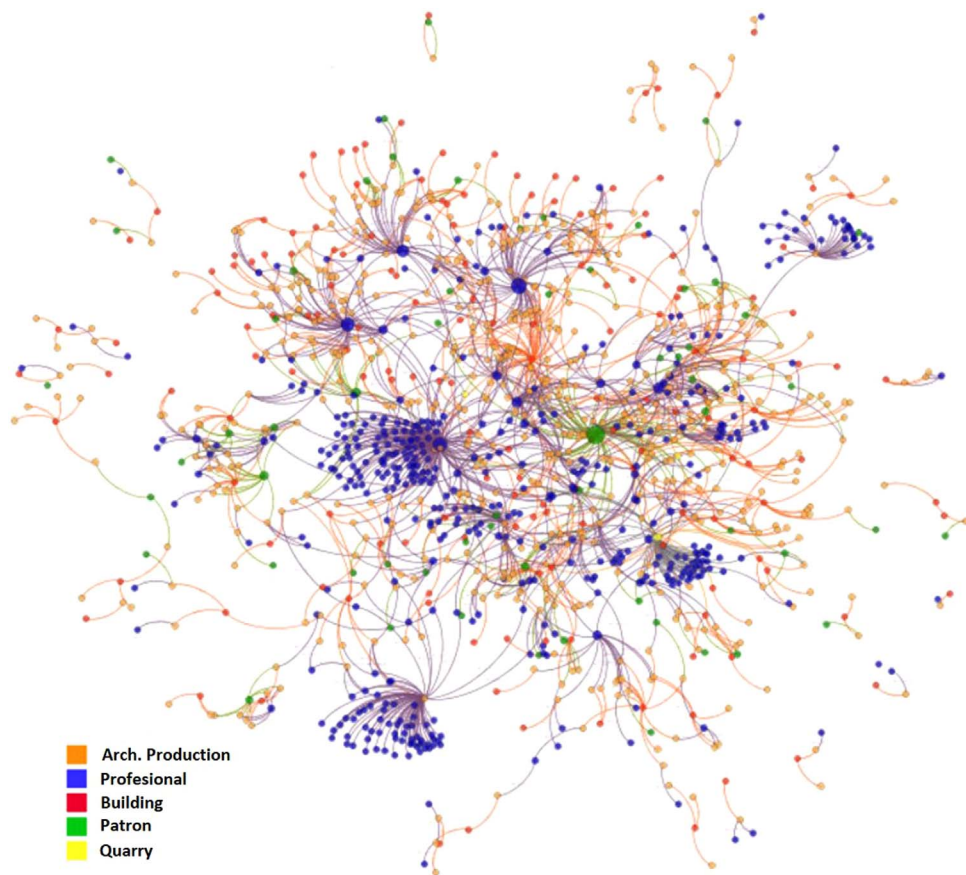


Fig. 11. The node is proportionate to the number of activities carried out by professionals. By volume of activity, the order is as follows: Juan Gil de Hontañón (48), Simón de Colonia (44), Enrique Egas (42), Juan de Álava (31), Diego de Riaño (26), Alonso Rodríguez (23), Juan de Hoces (16), Juan de Badajoz (15), Antoni Dalmau (14), Martin de Gainza (14), Ysambarte (13), Francisco Rodríguez Cumplido (10), Diego de Vergara (10) and Juan de Ruesga (10). This analysis indicates the potential importance of those agents in the network.

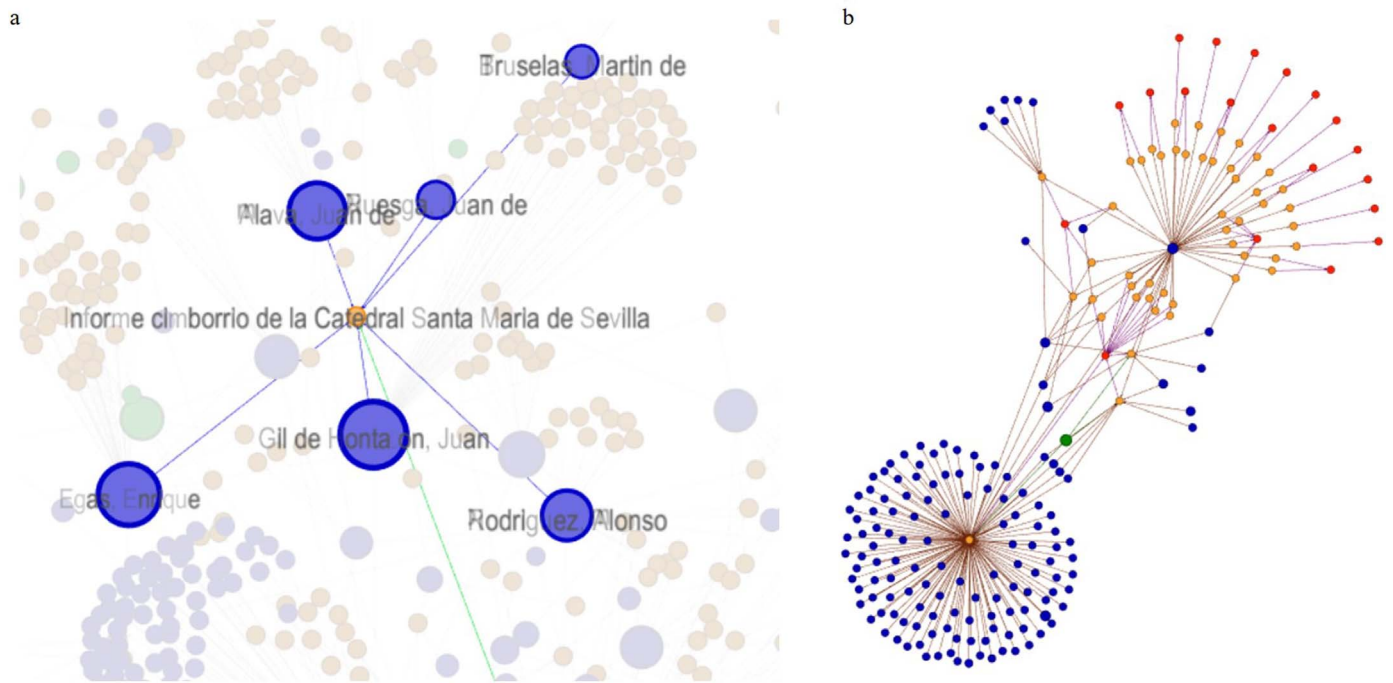


Fig. 12. Ego centrality analysis. (a) Visualisation of the network of professionals who issued reports on the cimbor of Seville Cathedral: Martin de Bruselas, Juan de Álava, Juan Gil de Hontañón, Alonso Rodríguez, Juan de Ruesga and Enrique Egas. (b) Ego filtered network to depth two around Juan Gil de Hontañón.

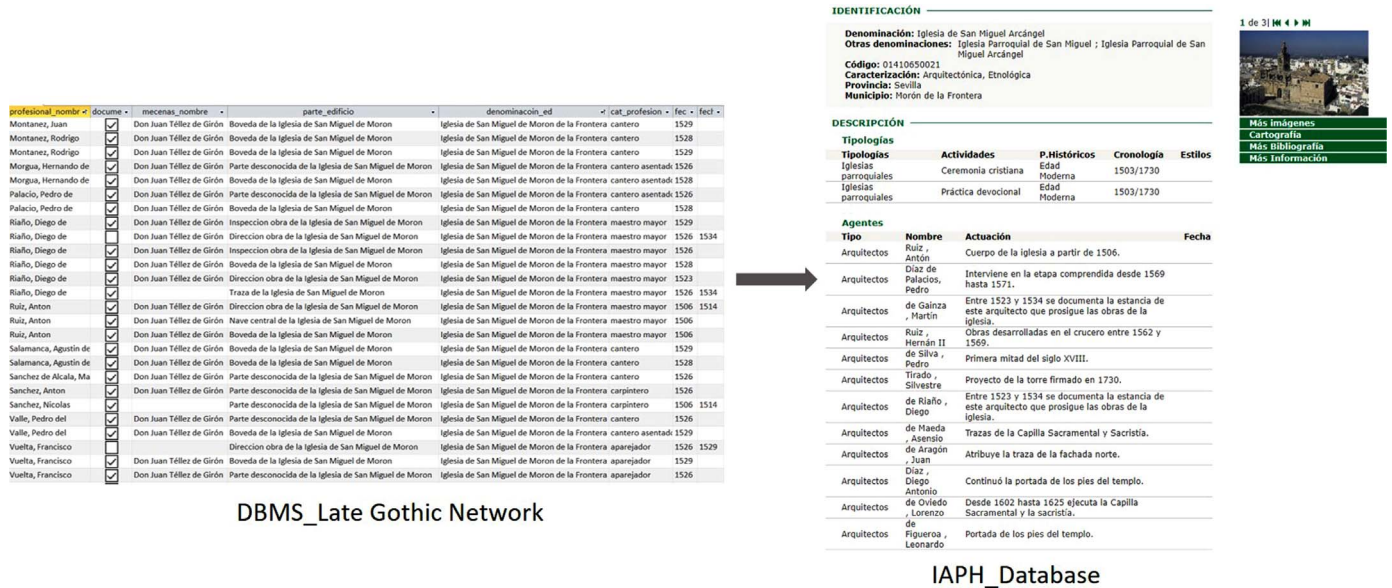


Fig. 13. Information transfer, dissemination and management by implementing the same building ID codes.

4. Conclusions and future developments

This study aims to shed light on the complexity of architectural production during the Late Gothic period, spanning the 15th and 16th centuries, by creating a DBMS as the basis for the GIS and graph models. Its principal premise is that all cultural assets must be interpreted in the context of the relationships between the object and its environment, between the object and other objects, between the human being and the object, and between the human being and other people. Based on this premise, the data collected were processed and systematised using different sources of information, partial or fragmented, for subsequent analysis and visualisation.

The project has furnished significant contributions to Late Gothic knowledge, including the following:

- An approximation to Late Gothic building production as a network. This project is the first to address Late Gothic production as a complex and interconnected system. Hitherto, there have only been biographical studies of agents or analyses related to specific buildings. The DBMS and the GIS and graph models have enabled us to trace the trajectory of a process that not only transformed building and design but also impacted on the organisation of the territory.
- The heritage potential of the information gathered. In many cases, the construction process of the different buildings had not been recorded or had been lost, and there were only oblique references to a particular agent or building. The creation of the DBMS and the use of the GIS and graph models have enabled us to perceive and verify existing attributions and hypotheses, and to put forward new ones. To a certain extent, we have therefore succeeded in filling in documentary gaps, although in the database itself we have been careful to reflect this information as "attributed" rather than "documented".
- The reconstruction of the history of building companies and their impact on the anthropisation of the territory. To date, very few studies have addressed this theme, and none of them have used a systematic methodology. In fact, they have all adopted a discursive approach based on the existing documents. The most complete approximation is the study that identifies the workshop or production centre at Seville Cathedral and its influence on the main churches in the towns and cities of the diocese (Rodríguez Estévez, 1996). The project described in this article has resulted in the construction of digital models that shed crucial light on the process

of territorial transformation that took place during the period marked by the reconquest of Spain and the discovery of America.

The study has achieved significant success in integrating important documents and research on the topic, which will facilitate its dissemination and reuse by a wider audience, including historians, architects and geographers. The current features of the DBMS and the information it contains are naturally tailored to the issues raised by the researchers and institutions in this particular context, but they provide a basis for future adaptation and growth to meet users' requirements.

In this respect, the following conclusions may be drawn:

- The design of the DBMS was crucial for adding new data and using them in the GIS and graph models. In the case of GIS, the modification of the DBMS automatically updates the model by modifying or adding information to the entities. In the case of the graph model, once the DBMS has been modified, the searches generated for nodes and relationships are also updated but have to be added to the model, so this process is more time consuming than updating the GIS model.
- In view of the number of built assets and the volume of activities (events) still to be collected, and in many cases still to be discovered, this study also reinforces the need to define a methodology for the efficient integration of information related to heritage. It also provides a solution for interoperability between data and institutions because once the data entered have been associated, the institutions can use them on their websites.
- The models generated are suitable for creating sub-models by filtering data and conducting simple analyses. As well as being used for research purposes, they offer applications for the education and tourism fields.
- The GIS and graph models offer a new way of researching the Late Gothic phenomenon, constituting a first step on the path to a greater understanding of the network of agents and their actions and interactions.

The next step could be to record the procedure or technique used by the professional, because the DBMS currently only records the agent, the object/product derived from his action and the category of the action, without specifying the technique or material used. The first requirement in undertaking this step would be to select a specific product/object, such as the production of vaults, an architectural element whose form, materials and building techniques evolved during

the historical period analysed. The techniques and materials used to build vaults is currently the subject of research project DOCOGOTHIC (URL5), which involves input from the authors of this study. Another future line of development is the detailed analysis of architectural production based on the creation of HBIM models and the GIS model to identify and examine the similarities and/or differences between professionals active in the same area at the same time.

An additional and equally important issue to resolve is the future use and sustainability of the database. In fact, the recommendations, corpus of archives and document management, such as the NINCH (URL 6), OASIS model (URL7) and ISO 15489 (URL8), all approach this issue via what is known as an "exit strategy" (Rodríguez Miranda, 2014). This is arguably one of the most complex issues to resolve and is currently the subject of international debate. To date, we have diagnosed three types of actions to undertake: 1) The data are published as part of an article and the publisher manages their maintenance. Although this action provides greater visibility, it has a drawback: the data remain stagnant without any possibility of updating them, and to a certain extent they are also scattered due to the absence of a thematic repository; 2) The database is made available to the public through the creation of a platform as part of the project that conceived it. In this option, the database is updated and managed by a group of specialists, although the long-term maintenance of the platform is not guaranteed because each project has time and financial limitations, and once a website ceases to function the information usually gets buried in the institution's server; 3) The database is published in an institutional repository. In this case, the data are transferred to another organisation like a library service, university repository or research institution. In projects like the "Atlantic Trade Database" by the Spanish Research Council (CSIC), "Digital Atlas of Roman and Medieval Civilisation" by Harvard University and "Heritage Geometric Documentation Laboratory" by the University of the Basque Country (URL9; URL10; URL11), the data are updated by the project group in question and made available to anyone who wishes to access and use them.

In the case of this project, two existing criteria helped us to establish our exit strategy: 1) Who might be interested in accessing the information. In relation to this criterion, we believe that the people most interested in the data furnished by our project are Spanish and international researchers, as well as professionals active in the field of heritage renovation; and 2) How to facilitate access to this group of users. In relation to the research community, we believe that the best strategy is to open access to the DBMS and the SDI through the research registry of the University of Seville (URL12), an action that will be undertaken very shortly. In relation to the professional community in the heritage field, as indicated in Section 1 of this article, we believe that access should be through the IAPH portal, an action that will be undertaken in the medium term. In both cases, the institutions have supported the project and the repository is managed by the institution itself, therefore guaranteeing its maintenance over time.

Acknowledgments

From the Late Gothic Network Consortium, the authors would like to thank A. Jiménez Martin, B. Alonso Ruiz, J.C. Rodríguez Estévez and D. Gutierrez de los Santos for their extensive help in accessing historical documentation and for their many clarifications about Spanish Late Gothic heritage. The authors gratefully acknowledge two parallel collaborative research grants: HAR2016–78113-R and HAR2016–76371-P. All the people involved in this extensive research are also acknowledged: from the CulturePlexLab, Juan Luis Suarez, Antonio Jiménez Mavillard; from the IAPH, Marta García de Casasola and Pilar Acosta; from the VU Amsterdam Research Institute for Culture, History and Heritage, Gert-Jan Burgers; from DOCOGOTHIC project, Enrique Rabasa Díaz and Ana López Mozo; from the Basque

Country University, Álvaro Rodríguez Miranda and José Manuel Valle Melón; from UNESCO chair on Cultural Landscape and Heritage, Agustín Azkarate and José Luis Solau; from the Stanford University, Javier de la Rosa. Lastly, thanks are also due to the reviewers for their valuable contributions and suggestions. This article was partially funded through an internationalization grant by the IUACC, University of Seville.

Funding

This investigation forms part of two projects: HAR2016–78113-R of the National Research, Development and Innovation Programme Aimed at the Challenges of Society, and HAR2016–76371P of the National Research, Programme for the Promotion of Scientific and Technical Research of Excellence, both sponsored by the Ministry of Economy and Competitiveness.

References

- Alonso Ruiz, B. (Ed.), 2011. *La arquitectura Tardogótica castellana entre Europa y America*. Silex, Madrid.
- Alonso Ruiz, B., Jiménez Martin, A., 2009. *La traça de la iglesia de Sevilla*. Cabildo Metropolitano, Seville.
- Alonso Ruiz, B., Rodríguez Estévez, J.C. (Eds.), 2016. *1514. Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Universidad Sevilla, Seville.
- Alonso Ruiz, B., Villaseñor Sebastián, F. (Eds.), 2014. *Arquitectura tardogótica en la Corona de Castilla: Trayectorias e intercambios*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria y Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Seville.
- Alonso Ruiz, B. (Ed.), 2010. *Los últimos arquitectos del gótico*. Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid.
- Bascompte, J., 2009. Disentangling the web of life. *Science* 325 (5939), 416–419. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1170749>.
- Box, P., 1999. *GIS and Cultural Resource Management: A Manual for Heritage Managers*. UNESCO, Bangkok.
- Brughmans, T., 2010. Connecting the dots: towards archaeological network analysis. *Oxf. J. Archaeol.* 29 (3), 277–303. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-0092.2010.00349.x>.
- Brughmans, T., Poblome, J., 2012. Pots in space: understanding Roman pottery distribution from confronting exploratory and geographical network analyses. In: Barker, E., Bouzarovski, S., Pelling, C., Isaksen, L. (Eds.), *New Worlds Out of Old Texts: Developing Techniques for the Spatial Analysis of Ancient Narratives*. Oxford University Press, Oxford, 225–280. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199664139.003.0011>.
- Crespo Solana, A. (Ed.), 2014. *Spatio-temporal Narratives: Historical GIS and the Study of Global Trading Networks (1500-1800)*. Cambridge Scholars Pub, Newcastle.
- De la Rosa, J., Suarez, J.L., 2015. A Quantitative approach to beauty: perceived attractiveness of human faces in world Painting. *DAH-J*, 1, 112–129. <http://dx.doi.org/10.11588/dah.2015.1.21640>.
- De la Rosa, J., Suarez, J.L., 2016. The life of Lazarillo de Tormes and of his machine learning adventures. *Lemir* 20, 373–438 (http://parnaseo.uv.es/Lemir/Revista/Revista20/09_Rosa_Javier_de_la.pdf).
- Deidda, M., Musa, C., Vacca, G., 2015. A GIS of sardinia's coastal defense system (XVI - XVIII century). *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* XL-4 /W7, 17–22. <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-4-W7-17-2015>.
- Deng, H., Chen, Y., Jia, J., Mo, D., Zhou, K., 2009. Distribution patterns of the ancient cultural sites in the middle reaches of the Yangtze River since 8500 a BP. *Acta Geogr. Sin.* 64 (9), 1113–1125 (<http://www.geog.com.cn/EN/10.11821/xb200909009>).
- Dore, C., Murphy, M., 2012. Integration of Historic Building Information Modelling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. *Proceedings of the 2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 369–376. (<http://arrow.dit.ie/cgi/viewcontent.cgi?Article=1072&context=beschrecon>).
- Fernández Cacho, S., 2002. Una aplicación para la gestión integrada de la información alfanumérica, gráfica y espacial: ARQUEOSMapa 6, 117–131, (Cuadernos Técnicos del IAPH).
- Ferreira-Lopes, P., Pinto-Puerto, F., Jiménez Mavillard, A., Suarez, J., 2016. Seeing Andalusia's Late Gothic heritage through GIS and Graphs. In: *Digital Humanities 2016: Conference Abstracts*. Jagiellonian University & Pedagogical University, Kraków. pp. 501–504. (<http://dh2016.adho.org/abstracts/237>).
- Fortin, M., Bonnell, J. (Eds.), 2014. *Historical GIS research in Canada*. University of Calgary Press, Calgary.
- Galliani, D., Sánchez Díaz, F.J., 1998. Desarrollo de la base de datos geográfica de conjuntos históricos y patrimonio arquitectónico. *PH Bol. IAPH* 22, 102–105.
- Gestoso y Pérez, J., 1899. *Ensayo de un diccionario de los artífices que florecieron en esta ciudad de Sevilla desde el siglo XIII hasta el XVIII*. T. I. Seville.
- Graham, S., 2006. Networks, agent-based models and the Antonine itineraries: implications for Roman archaeology. *J. Mediterr. Archaeol.* 19 (1), 45–64. <http://dx.doi.org/10.1558/jmea.2006.19.1.45>.
- Greengrass, M., Hughes, L.M. (Eds.), 2008. *The Virtual Representation of the Past. Digital Research in the Arts and Humanities*. Ashgate, Farnham.

- Gregory, I. (Ed.), 2003. *A Place in History: A Guide to Using GIS in Historical Research*. Oxbow Books, Oxford.
- Gregory, I., Ell, P. (Eds.), 2007. *Historical GIS: Technologies, Methodologies, and Scholarship*. Cambridge Studies in Historical Geography. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Guillot, D., Leroy, G., 1995. The use of GIS for archaeological resource management in France: the SCALA project, with a case study in Picardie. In: Lock, G., Stancie, G. (Eds.), *Archaeology and Geographical Information Systems: A European Perspective*. Taylor & Francis, London, 15–26.
- He, J., Liu, J., Xu, S., Wu, C., Zhang, J., 2015. A GIS-based cultural heritage study framework on continuous scales: a case study on 19th century military industrial heritage. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* XL-5/W7, 215–222. <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-215-2015>.
- Jackson, C., 2017. Using social network analysis to reveal unseen relationship in medieval Scotland. *Digit. Scholarsh. Humanit.* 32 (2), 336–343. <http://dx.doi.org/10.1093/llc/fqv070>.
- Jiménez Martín, A., 2016. 1514: el principio del fin. In: Alonso Ruiz, B., Rodríguez Estévez, J.C. (Eds.), *Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Universidad de Sevilla, Sevilla, 17–30.
- Knappett, C., 2013. Introduction: Why Networks? In: Knappett, C. (Ed.), *Network Analysis in Archaeology. New Approaches to Regional Interactional*. Oxford University Press, Oxford, 3–16.
- Knowles, A.K., Hillier, A. (Eds.), 2008. *Placing History: How Maps, Spatial Data, and GIS are Changing Historical Scholarship*. ESRI Press, Redlands.
- La Spina, V., Miletto, C., Lopez-Manzanares, F.V., Aliaga, E.C., 2012. La aplicación de un sistema de Información geográfica (SIG) para la conservación del patrimonio arquitectónico: el estudio de los revestimientos continuos tradicionales del centro histórico de Valencia. *Arché* 6, 323–332 (<http://hdl.handle.net/10251/34291>).
- Owens, J.B., 2007. Towards a geographically integrated, connected world history: employing Geographic Information System (GIS). *Hist. Compass* 5, 2014–2040. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1478-0542.2007.00476.x>.
- Pinto Puerto, F.S., Angulo Fornos, R., Guerrero Vega, J.M., Castellano Roman, M., Pastor Gil, F., 2011. Construcción de una base cartográfica activa para el Conjunto Arqueológico de Itálica 77. *PH. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 116–119.
- Pitts, F.R., 1965. A graph theoretic approach to historical geography. *Prof. Geogr.* 17 (5), 15–20. http://dx.doi.org/10.1111/j.0033-0124.1965.015_m.x.
- Polonia, A., Pinto, S., Ribeiro, A., 2014. Trade Networks in the first global age: the case study of Simon Ruiz Company: visualization methods and spatial projections. In: Crespo Solana, A. (Ed.), *Spatio-temporal Narratives: Historical GIS and the Study of Global Trading Networks (1500-1800)*. Cambridge Scholars Pub, Newcastle, 140–177.
- Robinson, I., Webber, J., Eifrem, E., 2013. *Graph Databases. Information Management*. O'Reilly Media, Sebastopol.
- Rodríguez Estévez, J.C., 1996. Los canteros de la obra gótica de la catedral de Sevilla (1433–1528). *Labor. De. Arte.* 9, 49–71.
- Rodríguez Estévez, J.C., 1998. *Los canteros de la Catedral de Sevilla: del gótico al renacimiento*. Diputación de Sevilla, Sevilla.
- Rodríguez Miranda, A., 2014. Documentación espacial del patrimonio: preservación de la información. Necesidades, posibilidades, estrategias y estándares. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, Vitoria-Gasteiz (<https://addi.ehu.es/handle/10810/13617>).
- Ruiz de las Casas, J., 1527, June 18. *Archivo Protocolos Notariales de Utrera, 1527–1529*, Fondos del Distrito de Utrera, Oficio 6, Sevilla.
- Scholnick, J.B., Munson, J.L., Macri, M.J., 2013. Positioning power in a multi-relational framework: a social network analysis of Classic Maya political rhetoric. In: Knappett, C. (Ed.), *Network Analysis in Archaeology. New Approaches to regional Interactional*. Oxford University Press, Oxford, 95–124.
- Scianna, A., La Guardia, M., 2017. Main features of 3D GIS for a monumental complex with an historical-cultural relevance. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* XLII-5/W1, 519–526. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-519-2017>.
- Serra Desflis, A., 2016. La logia abierta: transferencias y movilidad en la arquitectura tardogótica hispánica. In: Alonso Ruiz, B., Rodríguez Estévez, J.C. (Eds.), 1514. *Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Universidad Sevilla, Sevilla, 339–351.
- Suarez, J.L., Sancho-Caparrini, F., Ortega, E., de la Rosa, J., Caldas, N., Brown, D., 2013. Towards a digital geography of Hispanic Baroque art. *Lit. Linguist. Comput.* 28 (4), 718–735. <http://dx.doi.org/10.1093/llc/fqt050>.
- Uriol Salcedo, J.I., 1990. *Historia de los caminos de España I. Hasta el siglo XIX*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.
- Villaseñor Sebastián, F., 2010. Recensiones. In: Alonso Ruiz, B. (Ed.), *Los últimos arquitectos del gótico*. Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid, 185.
- Wang, Y., et al., 2015. Linked activity spaces: a new approach for spatializing social networks. In: Hellich, M., Arsanjani, J., Leitner, M. (Eds.), *Computational Approaches for Urban Environments*. Springer, 313–336. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-11469-9_13.
- Willems, W.J.H., Kars, H., Hallewas, D. (Eds.), 1997. *Archaeological Heritage Management in the Netherlands. Fifty years State Service for Archaeological Investigations*. Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Zant, J., Quartermaine, J., Hodgkinson, A., 2013. *The Distribution of Waterlogged Deposits in Carlisle: Final Report*. Oxford Archaeology North, London.

Websites

- URL 1: (<https://gephi.org/>) (Accessed 16 September 2016).
- URL 2: (<http://www.gbghis.org/>) (Accessed 15 October 2016).
- URL 3: (<http://atlas.fcsh.unl.pt/cartoweb35/atlas/apresentacao-en.html>) (Accessed 10 February 2017).
- URL 4: (<http://tesauros.mecd.es/tesauros/bienes culturales/1001128.html>) (Accessed 16 May 2017).
- URL 5: (<http://vaultsconstruction.com/>) (Accessed 16 September 2017).
- URL 6: (<http://chnm.gmu.edu/digitalhistory/links/pdf/chapter1/1.17.pdf>) (Accessed 16 September 2015).
- URL 7: (<https://public.ccsds.org/pubs/650x0m2.pdf>) (Accessed 6 January 2018).
- URL 8: (<https://www.iso.org/standard/62542.html>) (Accessed 24 December 2017).
- URL 9: (<http://digital.csic.es/handle/10261/28394>) (Accessed 31 October 2017).
- URL 10: (<https://darmc.harvard.edu/>) (Accessed 14 December 2017).
- URL 11: (<https://addi.ehu.es/handle/10810/5483>) (Accessed 14 December 2017).
- URL 12: (<https://idus.us.es/xmlui/>) (Accessed 14 December 2017).

ACHIEVING THE STATE OF RESEARCH PERTAINING TO GIS APPLICATIONS FOR CULTURAL HERITAGE BY A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

P. Ferreira-Lopes^{1*}

¹ IUACC, HUM799, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, 41012 Seville, Spain – pwanderley@us.es

Commission IV, WG IV/3

KEY WORDS: Geographic Information Systems, GIS, Cultural Heritage, Systematic Literature Review, State of the art.

ABSTRACT:

During the last decade, we have witnessed an increased interest in Geographic Information Systems (GIS), including the so-called "Historical GIS", 3D GIS heritage and its subcategory of "SDI for cultural heritage". Specific literature reviews, gathering and analysing the scientific production for Culture Heritage and GIS based research questions, are currently lacking. Therefore, the overall goal of this article is to provide an objective summary of the current state-of-the-art concerning how GIS has been used and what methods and analysis have been applied in the field of cultural heritage. In this sense, a Systematic Literature Review (SLR) of the literature on the application of GIS in cultural heritage is carried out. To do so, the WOS and Scopus databases were considered. The results show that the dominant application of GIS is in the realisation of inventory and cataloguing of archaeological and architectural heritage. As a result of the quantitative analysis, we also verify the principal sources in which most studies have been published, highlighting the "ISPRS Archives" with 14 publications, the "Lecture Notes in Computer Science" with 9, and "Proceedings of Digital Heritage" with 6 publications. These data show that the sources that most publish mainly belong to the field of IT and Computer Science. In addition, the SLR shows that in the last three years there has been a greater tendency to use GIS to solve more specific problems of heritage through its use in conjunction with other tools such as BIM and photogrammetry.

1. INTRODUCTION

Information Technologies (ITs) offer a huge variety of applications in the heritage field. Geographic Information System (GIS) have been especially and increasingly more used in the last two decades, and adopted as a tool for the identification, documentation and registering, valuing, intervention and conservation, dissemination, knowledge and management of heritage. When heritage data are incorporated and treated in GIS they create a great opportunity to understand processes from a spatiotemporal and multi-scalar perspective as well as their inter-relations with other elements, whether they are physical, documentary, material or immaterial. However, the growing body of research works ends up by generating a great quantity of isolated heritage data which are unable to be inter-related with other investigations and/or disciplines, thus hindering the integral reading of the heritage and the creation of new knowledge. In particular, the application of GIS in most works of the cultural heritage area is limited to the georeferencing of information, leaving aside their enormous potential in the analysis process.

There is currently a lack of specific reviews of the literature and scientific summaries of the production concerning the use of GIS in the heritage area. The main aim of this article is therefore to contribute to the research community an objective and systematic study of the state-of-the-art concerning the use of GIS with the aim of responding to questions such as: in what heritage categories and domains is it most applied? What types of analysis are carried out? And what are the other ITs or tools

which have been used in conjunction with GIS? The articles reviewed have enabled a detailed evaluation of GIS and the focuses of current research. The current systematic review also contributes a summary of the most common challenges and problems in research. Another key section of this systematic review is to identify where the results are more solid and in which fields more research is still needed. The article finishes by providing some recommendations and future research lines.

1.1 Brief overview of GIS

Geographic Information Systems are computational systems which enable handling information about location-linked phenomenon or characteristics. They have the functionality of a conventional database with the added particularity of the data's spatial component. This allows a space for the alphanumeric and graphic data to be explicitly dealt with. Therefore, it is a question of a computerised information system that endeavours to capture, store, manipulate, analyse and exhibit spatial data to solve complex research planning or management problems (Fischer and Nijkamp, 1992). With GIS, users can carry out innumerable analyses, such as exploring the distribution of patterns and specific characteristics, investigating inter-relations, juxtaposing layers of different information, etc. The analyses done can either be only visual or consultations, parameters or more complex calculations.

The GIS phenomenon emerges during the '60s simultaneously in Canada (*Canada Land Inventory*) and in the United States (*Harvard Laboratory for Computer Graphics*). In the USA GIS

* Corresponding author

began to be applied for the automatised creation of maps, while in Canada its application was more focused on the management of water, vegetation and ground uses (Foresman, 1997). Following the line of these two initiatives, in the last decade the advances in GIS have directed their use potentially as a tool of analysis, management and visualisation of a great mass of data for decision making. Likewise, their expansion has gone from specific works initially carried out in geography and science to other disciplines such as economics, archaeology, social sciences, history, etc.

In the heritage area, GIS begins to be applied more significantly in archaeology studies during the '90s (Kvamme, 1990a, 1990b; Van Leusen, 1993, 1999; CIDOC, 1995; Fischer *et al.* 1997). The various initial application experiences then lead to an important publication “GIS and Cultural Resource Management”, an introduction manual for the use of GIS in the management of cultural resources on both a local and national scale (BOX, 1999). From then, the use of GIS has grown considerably as the registering, compilation and treatment of the documentation and the management of the information are fundamental activities in all the phases of heritage work. Likewise, in the last years, the development of web applications has provided a broader accessibility and interaction between users and GIS, enabling a greater dissemination of their use and a reduction in costs of maintenance and investment in software.

1.2 Previous literature reviews

The search for literature reviews with the terms “GIS AND literature review” and “Geographic Information Systems AND literature review” was carried out in the Scopus and Web of Science (WOS) databases with a limit of the publication date and without a language restriction. Non-systematic reviews were found (Bone and Johnson, 2007; Opolot, 2013; Maina *et al.*, 2014) and systematic reviews (Malczewski, 2006; Akkus and Ozdenerol 2014; Butler *et al.*, 2011; Gajos and Sierka, 2012; Sharma *et al.*, 2015). It is surprising that there are quite few reviews, only 8, and they fundamentally deal with studies which apply GIS in disciplines such as environmental sciences, health, geography and anthropology (Table 01). This preliminary result underlines the need to carry out a review of the literature of GIS in Humanities and especially in the cultural heritage field.

Electronic database	Title	Year	Source	R. Area	(SR)
WOS	GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature	2006	International Journal of Geographical Information Science	Geography	Yes
WOS	Identifying GIS Measures of the Physical Activity Built Environment Through a Review of the Literature	2011	Journal of Physical Activity and Health	Health	Yes
WOS	GIS Technology in Environmental Protection: Research Directions Based on Literature Review	2011	Polish Journal of Environmental Studies	Environmental Sciences	Yes
WOS	Exploring Childhood Lead Exposure through GIS: A Review of the Recent Literature	2014	Int J Environ Res Public Health	Health and Environmental Sciences	Yes
Scopus	Human Factors in GIS Use: A Review and Suggestions for Research	2007	Proceedings of the Information Systems Education Conference	Anthropology	No
Scopus	Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems in Flood Management: A Review	2013	Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology	Geology and Soil Sciences	No
Scopus	Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review	2014	Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science	Agriculture	No
Scopus	Evaluation of Microalgae Biofuel Production Potential and Cultivation Sites Using Geographic Information Systems: A Review	2015	Bioenergy Research	Agriculture and Environmental Sciences	Yes

Table 1: Relation of publications which deal with the review of the GIS literature and its categorisation.

Through the study of a compendium of publications of a specific subject, the researchers can find out their state-of-the-art with more ease and clarity. Likewise, a continuous examination of the literature will enable an integral view and will show the weaknesses and full potential of these areas. In this sense, this review offers the opportunity to check shortcomings, show where research has been insufficient, reveal trends and contribute to the development of knowledge in, in our case, cultural heritage.

2. REVIEW METHOD

This systematic literature review (SLR) was carried out in accordance with the guidelines of Gough *et al.* (2013, 2012) and divided into 10 phases: 1) Verification of the need to review the literature; 2) Definition of the questions. These will contribute to the particular structure of each review and are going to determine the key decisions, for example what type of studies to include, where to do the search, how to access them and how to bring together the findings; 3) Definition of the inclusion criteria of the publications for the sample, for example, language, location and date; 4) Choice of the bibliographical databases for the search of the publications; 5) Carrying out the screening process. This phase checks if the publications meet the inclusion criteria and the requirements to respond to the questions of phase 2; 6) Codification and selection of the relevant information of the studies to answer the questions of phase 2; 7) Mapping, classification and categorisation of the information of the publications with a view to completing phases 8 and 9; 8) Valuing of the quality and relevance of the studies; 9) Synthesising of the codified data to answer the questions; 10) Dissemination of the results.

The empirical corpus was compiled through searches in the WOS and Scopus databases with the aim of identifying the publications which specifically dealt with GIS and cultural heritage. Although these bibliometric databases are often used to carry out analyses and literature reviews, it is important to note that they have some characteristics to consider: they are predisposed to a greater quantity of publications in the area of natural sciences, engineering and biomedicine in comparison with social sciences, art and humanities; they tend to be in English; they have mainly publications in journals or proceedings - there are few monographs included. Nevertheless, both WOS and Scopus cover the publications of Elsevier, Taylor and Francis, Sage and important proceedings of congresses such as the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS Archives), in which a good part of the publications on heritage and ITs can be found.

Two search terms combination were used i) “Geographic Information Systems AND heritage” and ii) “GIS AND heritage”. The searches were carried out by title, abstract and keywords in both databases. The inclusion criteria were: i) works published between 2010 and 2017; ii) works written in English, Spanish and Portuguese. The last searches were done in September 2017 and a total of 366 publications were identified, 157 in WOS and 209 in Scopus.

After defining the inclusion criteria and carrying out the compilation, a generic analysis was done of the material to define the questions which we sought to answer (Table 02). In an SLR the questions are a key part of the methodology as

these will guide the screening phases, mapping, valuing and synthesis. As the review's aim is to determine what type of application GIS has had in the area of cultural heritage, the following questions were defined:

Q1. What has the study aim's object/heritage category been? 3 categories were considered: Immovable Heritage (subcategories: archaeology, architectural and landscape), movable heritage (subcategories: documents, objects, etc.) and intangible heritage. Some publications cover more than one category.

Q2. What domains are the GIS applied to? These have been grouped into 5 domains: Inventory and Cataloguing; Analysis and Research; Development of management and protection plans; Prediction and evaluation of impacts; Dissemination (Box, 2009).

Q3. What analyses were done?

Q4. What other digital technologies were used?

IC ₁	Publications which clearly deal with the application of GIS in cultural heritage (Q1)
IC ₂	Publications written in English, Spanish and Portuguese
IC ₃	Publications published between 2010 and 2017
IC ₄	Publications which clearly describe the domain in which GIS has been applied (Q2)
IC ₅	Publications which clearly describe the methods and analysis used (Q3, Q4)
EC ₁	Publications which do not deal with the application of GIS in cultural heritage
EC ₂	Publications which have repeated content
EC ₃	Publications which are not in the databases consulted

Table 02: Definition of the Inclusion (IC) and exclusion criteria (EC) for the qualitative review.

A total of 366 publications were found, of which 35 were in both databases, so the duplicates were excluded. A total of 198 remained in the sample after the first screening, which was done via analysing the title and the abstract of the publications compiled. Of these, 25 could not be accessed to read the complete text (they were not included in the subscriptions of the University of Seville and the Vrije Universiteit Amsterdam or were not open-access), so they were excluded from the sample. During the 2nd. screening process, in which we completely read the 173 publications, 65 were excluded. The sample for the quantitative and qualitative analyses had a total of 108 publications. The details of the flow of the review process can be observed in the diagram in Figure 1 and are part of the external technical report (Figure 1 and Table 03).

To carry out the review process a database was designed with a structure of calculation sheets in the *.xls* format in which each publication contains a series of attributes related with the basic information of the publications (author, date, source published, abstract, keywords, DOI, number citations) and with the questions. This was in order to facilitate the codification process. For all of the articles that were not false positives, a set of codes was developed to draw classification patterns and answer the questions. Therefore, true-false type codes are used (1 or 0) and those of words or short phrases which correspond to the classification established by the questions. As a support for the Valuation and Synthesis phases a field for observations was also incorporated.

Electronic database	Search (1) and (2) - Extract	Duplicated records	1 ^o screening	without access (papers excluded)	2 ^o screening
WOS	157		73	4	44
Scopus	209	35	125	21	64
total	366	35	198	25	108

Table 3: Papers included and excluded during the Systematic review.

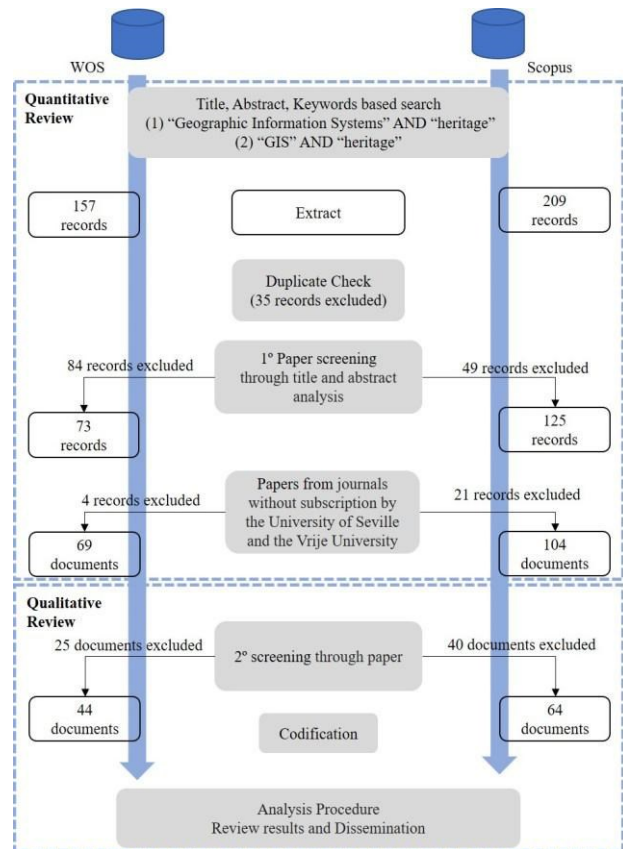


Figure 1: Flow diagram of the SLR methodology, number of publications included and excluded in each phase.

3. REVIEW RESULTS

Analysing the years of all the publications, a greater number is noted in 2015. Between the years 2014 and 2017 their number increases almost 45% when compared with the period 2010 to 2013, going from 147 to 219. The growth trend is repeated when we analyse the publications included in the review, going from 43 to 66 (Figure 2). As a result of a quantitative analysis, we can also check the sources in which most articles been published. The sources that stand out are "ISPRS Archives" with 14 publications, "Lecture Notes in Computer Science" with 9 and "Proceedings of the Digital Heritage" with 6 (Table 04). These data demonstrate that the sources which most publish mainly belong to the area of ITs and Computer Science.

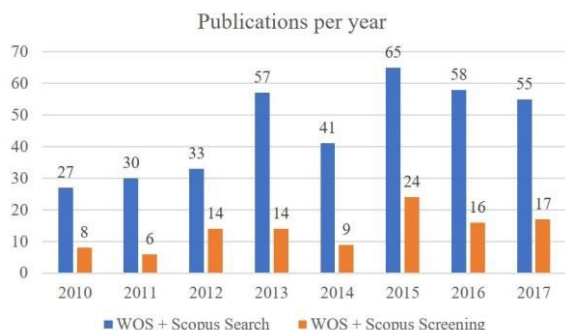


Figure 2: Graph showing comparison of the number of publications per year.

Ranking	Source	n° papers included (SR)
1	International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives	14
2	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	9
3	Proceedings of the Digital Heritage 2013 - Federating the 19th Int'l VSMM, 10th Eurographics GCH, and 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, Plus Special Sessions from CAA, Arqueologica 2.0 et al.	6
4	Journal of Archaeological Science	4
5	25th International CIPA Symposium 2015	3
6	Science of the Total Environment	3

Table 04: List of sources of publications with more than three articles.

In the next sections we will answer the research questions.

3.1 Q1: What heritage object/category has been the study aim?

The study aims were analysed and categorised to discover in which heritage category (Immovable, Movable, Immaterial) the GIS tool has been most applied. 92% of the publications have immovable heritage as their study aim, only 6% correspond to publications which apply GIS in research into movable heritage and hardly 2%, immaterial heritage. In just one case the study of immovable and movable heritage occurs (Soler, Melero, and Luzon, 2017). As to the categorisation of the heritage object, 52% of the publications apply GIS in architectural heritage, 30% in archaeological, 10% in landscape and 2% in immaterial heritage (Figure 3).

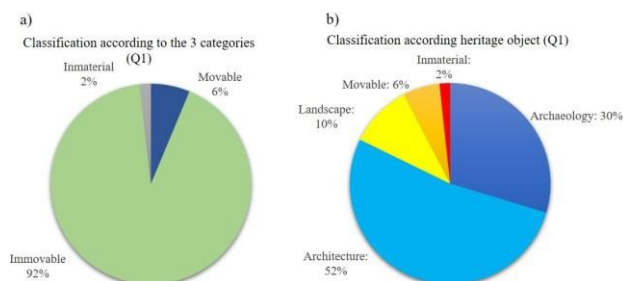


Figure 3: Quantitative graph of the representation of the different categories and classifications (Q1).

3.2 Q2: In which domains does the application of GIS predominate?

The application domains were analysed via the inclusion of the codification in the tables of the .xml list. In each publication and for each domain a value "0" or "1" has been introduced, negative or positive, respectively. The same publication can obtain two or more positive domains. All those publications which have created a spatial database for heritage registering and identification are classified as positive in the domain Inventory and Cataloguing. For the domain "Analysis and Research" those publications were classified as positive which have developed analysis through GIS for heritage knowledge, such as: density, heat maps, viewsheds, comparison and juxtaposition of layers and data, queries, influence area, stratigraphic analysis, thematic maps, time analysis, etc. Those which have elaborated a monitoring, control and management system of a heritage object or centre are in the Development of protection and management plans domain. In the Prediction and evaluation of impacts domain are those which try to detect or predict risks caused by phenomena which endanger the preservation of the heritage, such as: floods, earthquakes, fires, pollution, and anthropic actions, among others. And lastly, those publications which focus on actions of transmission of heritage knowledge are in the Dissemination domain.

68,5% of the publications have used GIS to carry out an inventory and cataloguing, 66,7% for Analysis and research, 28,7% for heritage dissemination, 23,1% for the development of protection and management plans and 18,5% for the prediction and evaluation of impacts (Figure 4). In this sense, we can verify that the application of the tool has been centred significantly in works of heritage inventory, analysis and research which, in a certain manner, correspond to the first phases of the "heritage chain" (Azkarate et al., 2009) as an integral management model: identification, documentation, registering and signification.

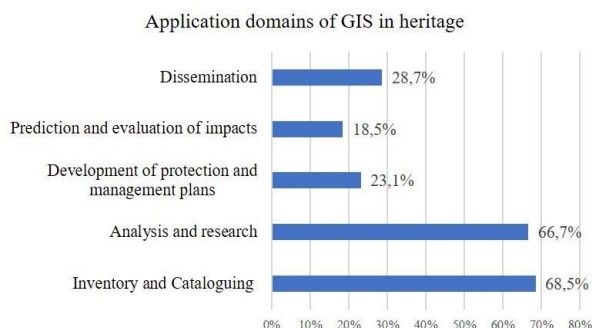


Figure 4: Graph of the application domains of GIS in heritage.

3.3 Q3: What were the analyses carried out?

The analyses carried out with GIS heavily depend on the heritage category and on the domain in which the works have been developed. The aim of the codification is to obtain greater detail about the types of analysis done. 14 types were codified, the same study being able to present more than one type of analysis: 1) Alphanumeric analysis and/or queries, SQL Analysis; 2) Thematic maps; 3) Time analysis; 4) Visualisation in 3D; 5) Geometric analysis; 6) Juxtaposition in layers; 7) Density analysis; 8) Pathology; 9) Visibility analysis (visual

connectivity); 10) Multicriteria analysis; 11) Image processing; 12) Accessibility; 13) Stratigraphic; 14) Sun/shade orientation (Figure 5). The most frequent analyses are those that are alphanumeric (50 publications) and thematic maps (58 publications). The publications analyse the heritage information via attributes, consulting and/or filtering and generating, from this, thematic maps which will be used for the visualisation of the analysis. Of the 108 articles only 20 carry out 3D visualisations. This data can be explained by both the development of the GIS tool itself in the last years and by a greater accessibility to techniques such as photogrammetry and scanning.

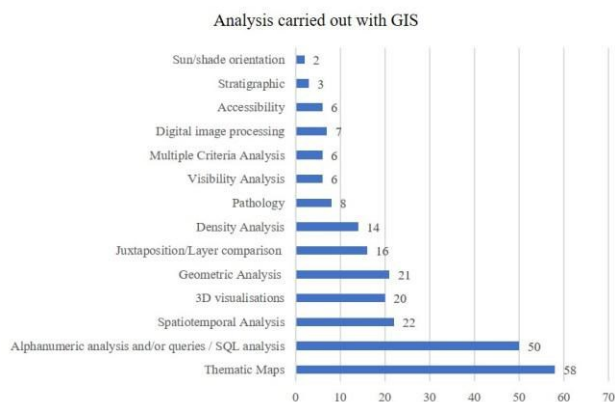


Figure 5: Types of analysis in GIS which have been done in the studies.

Likewise, the results of the codification of the analyses carried out indicate a trend in recent years of the use of GIS to solve more specific heritage problems, such as the analysis of pathology (8 publications) and stratigraphic analysis (3 publications). As to the analysis of pathology, three methodologies or procedures are observed: 1) via the table of attributes which is associated with the geometric entity (Lazzari et al., 2014); 2) through the association of a scale of the pathological level with the elements of parts of the building defined in the table of attributes (Chatzigrigoriou, 2016); and 3) the quantitative analysis of deterioration in the element (André et al., 2014).

When the interest of the study lies in the analysis of visual connectivity, the viewshed and observer points have been analysed to help in urban planning decision making (Cassatella and Carlone, 2013), or to understand the system of visual connection of a specific object or heritage centre (De Montis and Caschili, 2012; Salvador and Vitti, 2011).

With relation to image processing (7 publications) three applicabilities are noted: for systematisation, the creation of new information and generation of hypotheses or prediction, such as in Lamenza (Lamenza, 2015), which uses images of *Landasat*, of *GoogleEarth* and of the DEM model; to visualise the evolution from historic air images; and to identify new elements from algorithms, such as in Abrate (Abrate et al., 2013).

3.4 Q4: Which other Digital Technologies were used?

We have analysed three other technologies or tools used in conjunction with GIS: Photogrammetry, Laser/Scanner, and BIM (Fig. 6). Eighteen of the publications reviewed have used

Laser Scanner, the majority being applied in archaeology. The great usefulness and the potential of the use of scanning, especially the utilisation of LIDAR, lies in the registering and prediction of new archaeological sites (Stein et al., 2017; Smith et al., 2013). In other cases, it is used to get a greater precision of the DTM, as in Paolini et al. (2013) or for virtual reconstruction, as in Berthelot et al. (2015) (Figure 6).

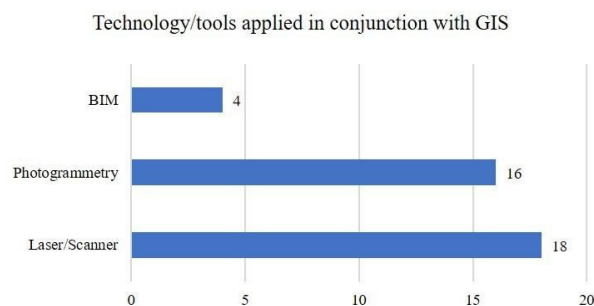


Figure 6: Quantitative analysis of the technologies/tools which were applied in conjunction with GIS in the publications included in the systematic review.

4. CONCLUSIONS

This article has presented a systematic literature review of the literature on the state-of-the-art concerning GIS applications in the heritage area. The systematic review method proposed considers and combines the results of searches in two heterogenous digital databases and enables an evaluation which can be applied to other studies and analysis. Via the implementation of a search based on equations of keywords and taking into account the results of the analysis of the metadata of the publications, it is possible to minimise the risk of bias during the process of the literature review. We have answered the initial research questions and provide new statistics and analysis of the state- of-the-art of GIS in heritage.

During the SLR process an increase of publications from 2014 has been noted. This data reflects the growth of the development and interest in ITs, and the rise of multidisciplinary investigations. Nonetheless, most studies are limited to processing the alphanumeric information linked to the heritage entity for the generation of thematic maps. Thus, the use of GIS for carrying out inventories and cataloguing predominates. Some reasons for this limitation could be a lack of training and professional updating, questions which have already been tackled in the field of humanities (Ayers, 2010). There is a noticeable need for new research which dominates the GIS tool to capitalise on its potential of analysis focused on the knowledge and management of heritage information.

Also, the paucity of studies which consider the maintenance and sustainability of information has been observed. In some cases, new platforms have been created to diffuse and facilitate the accessibility of the information generated in the investigation. However, over time they have ceased to work, due to a lack of either the project's continuity or of financing. In this sense, there still exists a huge gap to be studied and a void regarding the strategy of sustainability and accessibility of data. Where do all the data generated in the research remain? Has some policy or protocol been applied for its use, re-use and enhancement in the future? These and other questions have not

been contemplated in any of the publications analysed and may perfectly well be a future research line: the maintenance and sustainability of heritage data.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article has been carried out in the framework of the R&D&i Projects HAR2016–78113-R and HAR2016–76371-P funded by the government of Spain's Ministry of Economy and Competitiveness. Moreover, I wish to thank all the researchers and professionals who have been contacted to clarify data or methodologies during the process of the systematic review.

REFERENCES

Abrate, M., Bacciu, C., Hast, A., Marchetti, A., Minutoli, S., Tesconi, M. 2013. GeoMemories-A Platform for Visualizing Historical, Environmental and Geospatial Changes in the Italian Landscape. *Int. J. Geo-Inf.*, 2(2), pp. 432-455, doi:10.3390/ijgi2020432.

Akkus, C., Ozdenerol, E. 2014. Exploring Childhood Lead Exposure through GIS: A Review of the Recent Literature. *Int J Environ Res Public Health*, 11(6), pp. 6314–6334, doi.org/10.3390/ijerph110606314.

André, M-F., Vautier F., Voldoire, O., Roussel, E. 2014. Accelerated stone deterioration induced by forest clearance around the Angkor temples. *Science of the Total Environment*, 493(15), pp. 98-108, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.141.

Azkarate, A., Barreiro, D., Criado, F., García Camino, I., Gutiérrez Lloret, S., Quirós, J.A., Salvatierra, V. 2009. La Arqueología hoy. In: *Actas Congreso: Medio siglo de arqueología en el cantábrico oriental y su entorno*. Vitoria-Gasteiz, pp. 599-615.

Ayers, L. E. 2010. Turning toward Place, Space and Time. In: *The spatial humanities: GIS and the future of humanities scholarship*, Indiana University Press, pp. 1-13.

Berthelot, M., Nony, N., Gugi, L., Bishop, A., De Luca, L. 2015. The Avignon bridge: a 3D reconstruction project integrating archaeological, historical and geomorphological issues. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, Vol. XL 5/W4 (5), pp. 223-227, doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-223-2015

Bone, T., Johnson, D. 2007. Human Factors in GIS Use: A Review and Suggestions for Research. In: *Proceedings of the Information Systems Education Conference – ISECON*, 24, pp. 1-15.

Box, P. 1999. *GIS and Cultural Resource Management: A manual for Heritage Managers*. UNESCO, Bangkok.

Butler, E. N., Ambs, A.M., Reedy, J., Bowles H.R. 2011. Identifying GIS measures of the physical activity-built environment through a review of the literature. *J Phys Act Health* 1(S9), pp. 1-7.

Cassatella C., Carlone G. 2013. GIS-based visual analysis for planning and designing historic urban landscapes: The case of

Turin. In: *Digital Heritage International Congress*, Vol. 1, pp. 45-52, doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6744728.

Chatzigrigoriou P. 2016. Taking the next step in digital documentation of historic cities: How HERMeS evolved in an open data digital library of historic buildings. *Lecture Notes in Computer Science LNCS*, 10058, pp. 144-156, doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9_12

CIDOC. 1995. *Draft International Core Data Standard for Archaeological Sites and Monuments*. International Documentation Committee, International Council of Museums.

De Montis, A., Caschili, S. 2012. Nuraghes and landscape planning: Coupling viewshed with complex network analysis. *Landscape and Urban Planning*, 105(3), pp. 315-324, doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.005.

Fischer, M. M., Nijkamp, P. 1992. Geographic information System and spatial analysis. *The Annals of Regional Science* 26 (1), pp. 3-17, doi.org/ 10.1007/BF01581477

Fischer, P. F., Farrelly, C., Maddocks, A., Ruggles, C. L. N. 1997. Spatial analysis of visible areas from the Bronze Age cairns of Mull. *Journal of Archaeological Science*, 24, pp. 581–592, doi.org/ 10.1006/jasc.1996.0142.

Foresman, T. W., Ed. 1997. *The History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers*. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, New Jersey.

Gajos, M., Sierka, E. 2012. GIS Technology in Environmental Protection: Research Directions Based on Literature Review. *Polish Journal of Environmental Studies* 21 (2), pp. 241-248.

Gough, D., Oliver, S., Thomas, J. 2012. *An Introduction to Systematic Reviews*. SAGE Publications, London.

Gough, D., Oliver, S., Thomas, J. 2013. *Learning from research: Systematic reviews for informing policy decisions: A quick guide*. Nesta, London.

Kvamme, K. L. 1990a. GIS algorithms and their effects on regional archaeological analyses. In: *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, Taylor & Francis, pp. 112–125.

Kvamme, K. L. 1990b. One-sample tests in regional archaeological analysis: new possibilities through computer technology. *American Antiquity*, 55, pp. 367–381, doi.org/10.2307/281655.

Lamenza, G.N. 2015. SIG y teledetectación en investigaciones del Chaco argentino. *Arqueología Iberoamericana*, 27, pp. 40-54.

Lazzari M., Patriziano M.S., Aliano G.A. 2014. GIS assessment and planning of conservation priorities of historical centers through quantitative methods of vulnerability analysis: An example from southern Italy. *Lecture Notes in Computer Science LNCS*, 8580 (2), pp. 677-692, doi.org/10.1007/978-3-319-09129-7_49

Maina, M.M., Amin, M.S.M., Yazid, M.A. 2014. Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 64(4), pp. 283-293, doi.org/[10.1080/09064710.2014.896935](https://doi.org/10.1080/09064710.2014.896935)

Quantitative Methods in Archaeology, Aarhus University Press, Aarhus, pp. 215-224.

Malczewski, J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), pp. 703-726, doi.org/[10.1080/13658810600661508](https://doi.org/10.1080/13658810600661508)

Opolot, E. 2013. Application of Remote Sensing and Geographical Information Systems in Flood Management: A Review. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6(10), pp. 1884-1894, doi.org/[10.1023/B:NHAZ.0000037035.65105.95](https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000037035.65105.95).

Paolini P., Allegrini Simonetti F., Forti G., Corrao A. 2013. Ancient Rome worldwide links: Sharing knowledge to preserve the roots. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci*, XL5/W2, pp. 465-470, doi.org/[10.5194/isprsarchives-XL5-W2-465-2013](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL5-W2-465-2013)

Salvador I., Vitti A. 2011. Survey, representation and analysis of a world war I complex system of surface and underground fortifications in the Gresta Valley – Italy. In: *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci*, XXXVIII-5W16, pp. 319-325, doi.org/[10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-319-2011](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-319-2011).

Sharma, B., Brandes, E., Khanchi, A., Birrell, S., Heaton, E., Miguez, F. E. 2015. Evaluation of Microalgae Biofuel Production Potential and Cultivation Sites Using Geographic Information Systems: A Review. *Bioenergy Research*, 8(4), pp. 1714-1734, doi.org/[10.1007/s12155-015-9623-0](https://doi.org/10.1007/s12155-015-9623-0).

Smith N.G., Knabb K., Defanti C., Weber P., Schulze J., Prudhomme A., Kuester F., Levy T.E., Defanti T.A. 2014. ArtifactVis2: Managing real-time archaeological data in immersive 3D environments. In: *Digital Heritage International Congress*, 1, pp.363-370, doi.org/[10.1109/DigitalHeritage.2013.6743761](https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6743761).

Soler, F., Melero, F.J., Luzon, M.V. 2017. A complete 3D information system for cultural heritage documentation. *Journal of Cultural Heritage*, 23, pp. 49-57, doi.org/[10.1016/j.culher.2016.09.008](https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.09.008).

Stein S., Malone S., Knight D., J. Howard A., Carey C. 2017. New Approaches to Mapping and Managing Paleochannel Resources in the Light of Future Environmental Change: A Case Study from the Trent Valley, UK. *The Historic Environment: Policy and Practice*, 8(2), pp.113-124, doi.org/[10.1080/17567505.2017.1317086](https://doi.org/10.1080/17567505.2017.1317086).

Van Leusen, P. M. 1993. Cartographic modelling in a cell-based GIS. In: *Computing the Past: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Aarhus University Press, Aarhus, pp. 105–123.

Van Leusen, P. M. 1999. Viewshed and Cost Surface Analysis Using GIS (Cartographic Modelling in a Cell-Based GIS II). In: *New Techniques for Old Times: Computer Applications and*

La transformación del proceso de investigación en Historia de la Arquitectura con el uso de las tecnologías digitales.

Resumen

El uso de las tecnologías digitales en las últimas dos décadas no solo ha transformado la manera de investigar el patrimonio arquitectónico sino también ha ampliado las posibilidades de generar proyectos cada vez más interdisciplinares. El aumento de la oferta de herramientas abiertas y con interfaces más funcionales y amigables han permitido identificar y visualizar evidencias anteriormente imperceptibles, sintetizar y mapear informaciones temporales, combinar datos de documentaciones heterogéneas para generar nuevos datos e hipótesis. Asimismo, han proporcionado un escenario estimulante para elaborar preguntas sobre edificios, ciudades, territorio y los agentes que en ellos interactúan. El presente artículo trata de evidenciar el cambio en el proceso y en la práctica de la investigación en el campo de la Historia de la Arquitectura con la utilización de las nuevas tecnologías digitales. Para ello abordamos algunas cuestiones como el objetivismo/subjetivismo, la usabilidad de los datos, la flexibilidad del proyecto, la sostenibilidad de los datos y la formación y el aprendizaje de las tecnologías. Finalmente, tras la exposición de un ejemplo de la aplicación de las tecnologías digitales en la investigación de la Historia de la Arquitectura, presentaremos las estrategias, reflexiones y líneas futuras a seguir. Éstas apuntan hacia la idoneidad de las tecnologías como nuevas herramientas de investigación que abren otros posibles caminos de colaboración disciplinar, de avance en métodos de análisis, así como reflexiones futuras acerca la gestión de los datos creados.

Palabras claves: Humanidades Digitales, Historia de la Arquitectura, Tecnologías de la Información, Sistema de Información Geográfica, Grafos.

*Este artículo forma parte del proyecto HAR2016-78113-R y del proyecto HAR2016-76371-P ambos financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) del gobierno de España. Asimismo, es producto de la investigación doctoral vinculada a BES-2013-064111.

Introducción

Si superamos la visión lineal y estática del estudio de la Historia de la Arquitectura¹ centrado en la dimensión temporal del objeto arquitectónico y la ciudad, y adoptamos una mirada más holística y dinámica que considera la arquitectura tanto como producto como productora de un conjunto de relaciones que se establecen entre objetos, personas y el espacio (Lefebvre, 2013), lograríamos una visión diacrónica de los procesos, tan importante para su entendimiento y valoración. Este cambio de perspectiva podría ser enriquecida y más fácilmente alcanzada si le sumamos aproximaciones de otras disciplinas (geografía, ciencia computacional, literaria, química, etc.) y la aplicación de herramientas capaces de «aglutinar» estas múltiples visiones y relaciones².

Actualmente contamos con un gran abanico de tecnologías y herramientas que nos permiten identificar datos y cuestiones que anteriormente no podrían ser percibidas o eran difíciles aprehender. Estas pueden ser empleadas desde la fase de acceso y recopilación de las fuentes documentales hasta la fase final de difusión de la propia investigación o proyecto. El hecho de permitir combinar diferentes fuentes y tipologías de datos para generar otros nuevos quizás sea la ventaja que marca un sendero para impulsar la concepción de ideas y proyectos más transversales e interdisciplinares. Para conseguir explicar la complejidad de los fenómenos hace falta el entrelazamiento e implicación de diferentes disciplinas, pues partimos del hecho de que no existen fenómenos totalmente aislados (Wilson, 1998).

Este planteamiento nos remite al concepto de «sistemas complejos», esto es, un conjunto de elementos interdependientes e inmersos en un proceso cíclico y abierto (Capra y Sempau, 1998). Concepto clave para entender cualquier fenómeno de manera integral, tanto en el estudio de la Historia de la Arquitectura como en otras materias. Esta idea rizomática de lo arquitectónico da cabida, sin duda, a una enorme cantidad de posibilidades de enfoques y análisis que nos encaminan a elaborar modelos cada vez más próximos a la realidad, entendiendo la arquitectura no solo en su dimensión formal, sino también como resultado de variables y contextos que cuando son ignorados nos llevan al reduccionismo del objeto de estudio, habitualmente resultado de una aproximación «unidisciplinar».

En este artículo aportaremos reflexiones acerca del proceso que supone la aplicación de las tecnologías digitales en el ámbito de la Historia de la Arquitectura y del Urbanismo, con el fin de trazar el papel que están asumiendo en el conocimiento de la arquitectura, y demostrar como han transformado el proceso de investigación a partir de proyectos recientes. Por último, intentaremos dibujar cuestiones que deberán ser

¹ Como Historia de la Arquitectura consideramos tanto las investigaciones que desarrollan estudios acerca de los fenómenos y procesos arquitectónicos y urbanísticos, como a aquellos que estudian los cambios temporales, espaciales y de significación en el paisaje.

² Las reflexiones que se encuentran en el presente texto fueron debatidas en el III Congreso Internacional de Humanidades Digitales Hispánicas en Málaga (Rodríguez Ortega, 2017) y en el *ArkWork training school* en Atenas (Organizado por la Cooperación de Ciencia y Tecnología Europea - COST), ambos encuentros realizados en 2017.

contempladas en los futuros proyectos e investigaciones interesados la aplicación de estas tecnologías.

1. El uso de tecnologías y herramientas digitales en la investigación de la Historia de la Arquitectura.

Solo a principios del siglo XXI, las tecnologías de la información empiezan a ser aplicadas más vigorosamente en las investigaciones asociadas a la disciplina de Historia de la Arquitectura. Este interés surge principalmente a partir de los estudios realizados en la arqueología, en el ámbito patrimonial y en la historiografía³, debido a asuntos afines entre estas materias como, por ejemplo, las cuestiones de representación del tiempo en el espacio, el papel de la escala territorial u urbana en la materialidad y forma del objeto, las fuentes documentales heterogéneas y la cuestión antropológica. Sin embargo, no contamos con una sólida o larga trayectoria de las Humanidades Digitales en el campo de la Historia de la Arquitectura⁴, hecho que también ocurre en el campo de las artes visuales (Rodríguez Ortega, 2013). En este sentido, el esbozo del camino para enfrentar cuestiones específicas del objeto arquitectónico queda todavía por trazar.

Aunque el uso de estos métodos digitales tiene todavía una corta trayectoria en el campo de la Historia de la Arquitectura, la influencia que su uso podría tener sobre la teoría y la práctica investigadora, así como nuestras interpretaciones del pasado, reclaman ser debatidas. ¿Son los datos obtenidos por estas herramientas mejores? ¿Son más objetivos que los que solían ser registrados con métodos analógicos? ¿o influimos en el dato (subjektivamente) cuando marcamos las decisiones para el uso y criterios de los métodos digitales? Estas son apenas algunas de las interrogantes sobre las que reflexionar para entender como esos nuevos métodos están influenciando en la percepción de esos fenómenos, el proceso de producción de conocimiento, el trabajo de campo⁵, la interpretación, la representación y el análisis de datos. Estas reflexiones ofrecen una lente a través de la cual los investigadores podrán indagar el uso de los métodos digitales, y al hacerlo, ampliar su aplicación crítica.

Podríamos agrupar esas tecnologías en cuatro bloques de acuerdo con su funcionalidad o con las preguntas que se planteen durante el proceso de investigación: adquisición de datos a partir documentos⁶ (planos, dibujos, textos, edificios, ciudades,

³ Entre otros trabajos, en el ámbito de la arqueología, pueden verse Judge y Sebastian (1988), Gaffney y van Leusen (1995), Wheatley (2004) y Verhagen *et al.* (2016); en patrimonio, Box (1999), Cassatella y Carlone (2013), De Montis y Caschili (2012), y Abrate *et al.* (2013); en historiografía, Crespo Solana (2014), Gregory (2005) y (Knowles y Hillier (2008).

⁴ Entre otros resultaría interesante consultar los proyectos: DECIMA Project (Terpstra y Rose, 2016), Proyecto ArtMEDGIS (Cobaleda, 2017), Mapping Gothic France (<http://mappinggothic.org/>), Proyecto Docogothic (<http://vaultsconstruction.com/>).

⁵ Progresivamente la fase de «trabajo de campo» en algunos proyectos e investigaciones pasa a ser sustituida por el uso de la tecnología. Entre otras publicaciones, pueden verse Carusi *et. al* (2014) y Edgeworth (2014).

⁶ En nuestros proyectos adoptamos siempre el concepto de que un «documento es una evidencia en apoyo a un hecho» (Briet *et al.*, 2006), en este sentido el propio edificio o la ciudad son también considerados documentos, pues a través de ellos es posible recoger evidencias y datos. De la misma

*en prensa

etc.); sistematización y organización de información; análisis y síntesis de la información (modelo informacional, visualización, estadísticas, etc.) y difusión. Cabe destacar que el problema actualmente está, más que en intentar aplicar las nuevas tecnologías, en definir una estrategia acerca de cómo su empleo mediante metodologías híbridas e interdisciplinarias contribuirá al avance del conocimiento. Las herramientas que elegimos afectan la manera en que los datos serán adquiridos, visualizados en relación con el objeto y, en consecuencia, los resultados que obtendremos. De forma que, en este traslado de los medios analógicos tradicionales a los digitales, se produce un cambio en la forma de pensar y estructurar la investigación, desde el iniciático planteamiento de la hipótesis hasta el diseño metodológico. Este último, entendido como un proceso constelado de acciones relacionadas que requieren establecer nuevas formas de pensamiento para obtener un método válido, «las preguntas de la investigación conducen a la elección del método digital» (Jaskot *et al.*, 2015).

En este proceso, otro punto que requiere una profunda reflexión es la capacidad real de uso de la gran masa de datos resultado la fase inicial de adquisición de datos. Especialmente en el caso de la arquitectura histórica, por ejemplo, en la adquisición de la información relacionada con la documentación geométrica del edificio y su entorno urbano mediante tecnologías como laser o fotogrametría, una gran cantidad de datos es generada y tratada, para luego, en la mayoría de las ocasiones, ser transportadas a diseños 2D (planos, secciones, fachadas) para su estudio. Habría que reflexionar acerca del costo de generación de esos datos para ver los que realmente son necesarios para el proyecto, pero también acerca de la sostenibilidad de ellos, la posibilidad de su reutilización en futuros proyectos y las cuestiones de atribución, registro y licencia de uso⁷.

Es importante en este sentido valorar la flexibilidad frente a la cantidad de información gestionada reforzando la idea de que la apertura es la mejor manera de garantizar la evolución y la retroalimentación de los proyectos emprendidos. El avance en encontrar esta posibilidad de apertura de la metodología, mediante la utilización de formatos interoperables, protocolos o metadatos como búsqueda de una organización sistemática conducen a una solución no predeterminada que aportará la continuidad al propio trabajo permitiendo nuevas preguntas o hallazgos. Del mismo modo, los investigadores deben apoyarse en la transversalidad como punto de control y validación entre las disciplinas, la creación de un lenguaje en el cual el sistema pueda apoyarse

manera, los datos de un elemento patrimonial son, en sí mismo, patrimonio, por lo que deben ser conservados y garantizados su acceso y re-uso (Rodríguez Miranda, 2014).

⁷ Al hilo de esta cuestión, diferentes encuentros y acciones han sido recientemente palco de debate de la cuestión de la sostenibilidad y autoría de los datos generados con esas nuevas tecnologías. Concretamente en febrero de este año se ha realizado el «V Seminario Internacional de estrategias para el conocimiento del patrimonio arquitectónico: gestión y sostenibilidad de la información y del conocimiento» <http://grupo.us.es/ecphum799/agenda.html>. Asimismo, se ha debatido el tema en otros foros científicos como el «*Training School Studying Archaeological fieldwork, knowledge production, and the digital environment*» en Atenas organizado por Action COST-ARKWORK CA15201, y recientemente, la llamada de colaboración para la publicación del monográfico «Acceso, control y disseminación en humanidades digitales» (*Access, Control, and Dissemination in Digital Humanities*) coordinado por Richard Mann y Shane Hawkins y para el monográfico «El control de la información en la producción de conocimiento hoy» coordinado por José Luis de Vicente (Sónar+D) y Jordi Sánchez-Navarro (UOC) para la revista *BID: textos universitaris de biblioteconomia i documentació*.

*en prensa

para progresar mediante «la convergencia de los diferentes saberes, de modo que los diferentes conocimientos de distintos medios puedan agregarse fácilmente» (Ortega, 2017:15).

Este cambio, implicará también aprender como se manejan las nuevas tecnologías y como traducir la información digital a interfaces legibles con el fin de asegurar la correcta transcripción de ellos y de sus análisis. Dado el tiempo necesario que puede implicar aprender aspectos de las disciplinas, como la geografía o las ciencias computacionales, son cada vez más comunes las colaboraciones entre ellas, aunque el desafío sigue estando en la idealización que cada uno tiene del proyecto respeto a la realidad de lo que realmente puede lograr (Jaskot *et al.*, 2015). Tal aspecto nos llevaría a plantear la necesidad de una formación que permitiera la incorporación de los conocimientos digitales con más protagonismo en las Humanidades, como la iniciativa del proyecto «*Programming Historian*»⁸ o los cursos que se vienen impartiendo por diferentes instituciones, especialmente en los últimos cinco años⁹. La gran acogida de esos cursos y proyectos docentes y su demanda empieza a consolidar la idea de que es necesario el aprendizaje de cara a adquirir los conocimientos básicos y entender el vocabulario y terminologías de lo digital. Del mismo modo, esta tendencia propicia la colaboración entre disciplinas, ya que el nivel alcanzado en estos momentos de iniciación, en la mayoría de los casos, no alcanza una profundidad de desarrollo suficiente.

2. Temporalidades múltiples de la arquitectura. Espacialidades de la Catedral Santa María de Sevilla.

La obra arquitectónica en muchas ocasiones sigue siendo estudiada teniendo como consideración el momento de la finalización de la fábrica, es decir, el instante en el que la obra está completada e «inaugurada» (Reilley, 2015). No obstante, esa perspectiva nos hace alejarnos de todo el proceso transcurrido desde su ideación, en el que quedan envueltos diferentes actores, sobre todo en el caso de las arquitecturas que fueron producto de la labor de varios agentes, lo que nos induce a una lectura limitada y en gran parte errónea de la obra.

Las Catedrales como bien afirma Mumford son el punto neuronal de la ciudad medieval. En ellas y en torno a ellas se tejen una serie de relaciones de diferentes dimensiones (económicas, administrativa, cultural, social, religiosa, etc.) (Mumford, 2012). Así, el área de influencia se extiende desde el edificio hasta la complejidad de la estructuración de la ciudad y, en muchos casos, del territorio. En este sentido, la Catedral es a la vez producto y origen de esos conjuntos de relaciones. Basta observar la escala de estos edificios dentro de la malla de los centros urbanos para tener una primera aproximación a su significado. En estos dos sistemas – Catedral y ciudad – nacen y evolucionan

⁸ The Programming Historian <https://programminghistorian.org/>

⁹ Entre otras experiencias, las realizadas en *Middlebury College*, *Lancaster University*, *Oxford University*, y los workshops en los congresos Humanidades Digitales (*Digital Humanities – DH*) y en el *European Social Science History Conference* (ESSHC).

*en prensa

simultáneamente una serie de subsistemas interrelacionados como el administrativo, el económico, el social y el cultural.

La Catedral de Sevilla nace también en esta coyuntura como resultado de diferentes capas de interrelaciones, en las que se ven envueltas la sociedad, el territorio y el edificio. Durante los siglos XV y XVI, dentro del subsistema económico, la Catedral es el punto clave entre el río Guadalquivir, el puerto y la ciudad. Las diversas actividades que ocurrían en su entorno como la compra y venta de artículos de alto coste, el mercado del aceite, el comercio de jabón, de la sal y de esclavos serán las protagonistas. Para todos esos debieron existir una serie de espacios tanto para la realización de esas actividades como para su apoyo (arenales, almacenes, plazas, calles y casas). Dentro de su función administrativa, tanto las administraciones civiles como eclesiásticas se localizaban en áreas cercanas a la Catedral. En cuanto a la dimensión social, fue palco de inúmeros actos políticos y religiosos (significativamente relacionado con las guerras y conquistas). Incluso en algunos sucesos fue enclave militar¹⁰. Asimismo, fue también lugar de conmemoración y representación del poder mediante fundaciones de capillas y enterramiento, atrayendo principalmente la atención de las elites para la construcción de espacios y altares significativos (Jiménez Martín *et al.*, 2006).

Sin embargo, además de esos subsistemas existe el de la obra de la propia Catedral, su Fábrica¹¹. Y es en este aspecto que centramos el punto inicial de nuestro objeto de estudio: en la fábrica edilicia de la Catedral Gótica de Sevilla, foco de las redes de los agentes que hicieron posible su construcción que extenderán sus interrelaciones mediante redes que terminarán con la estructuración territorial del Antiguo Reino de Sevilla¹² durante el tránsito a la Edad Moderna. Cuestión compleja que reclama una metodología que contemple la yuxtaposición de múltiples capas y redes en sucesivos periodos como un «collage del tiempo» (Lynch, 1972:171). Así, la Catedral Hispalense expande sus límites de edificio como tal¹³ y emerge como un mosaico de varias temporalidades y espacialidades. Podríamos, entonces, explorar cómo históricamente este edificio fue «cosido en su lugar por una red de asociaciones fragmentada, de múltiples escalas y multi-localizada» (Jacobs, 2006:3). De esa manera, para su estudio proponemos un acercamiento no lineal, en el que los eventos relacionados con los procesos constructivos derivados de las acciones humanas en el espacio y en el tiempo son tratados a través de modelos digitales de información. Resulta así una aproximación geotemporal en la que los caminos y rutas de circulación de materiales, agentes y obras son algunos de los elementos que conforman el mosaico. Se busca de este modo trazar nuevas formas de reconstruir la Historia de la Arquitectura, poniendo

¹⁰ Para un mayor desarrollo de estas ideas ver Collantes Terrán Sanchez (2006)

¹¹ Entender la catedral gótica como fábrica significa mirarla «como un complejo conjunto de operaciones que suelen encontrarse planificadas, esto es, ordenadas temporalmente, y visualizadas de alguna manera para poder ser ejecutadas en un periodo de tiempo determinado» (Pinto Puerto, 2006: 211)

¹² El antiguo reino de Sevilla «comprendía algo más de las tres provincias de Cádiz, Huelva y Sevilla» (Collantes Terán Sánchez, 2004: 47)

¹³ En el caso de la Catedral de Sevilla podríamos considerar que su área de influencia expande el marco territorio peninsular y mediterráneo hacia un marco más amplio, el de América.

*en prensa

en valor otras claves que hasta ahora se habían interpretado de manera aislada, como los espacios de las canteras abandonados a su suerte frente al monumento al que dieron origen, dando cabida a una expansión tanto disciplinar como del objeto de estudio.

Para ello, tres objetivos principales fueron trazados: la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales Histórica y una Base de Datos relacional única para los Modelos SIG y Grafos; el desarrollo de visualizaciones y análisis espacio-temporal y abstracto-relacional; y por último, el establecimiento de una valoración desde el punto de vista patrimonial de los sistemas y subsistemas del Tardogótico en relación con los paisajes, las infraestructuras y las arquitecturas más significativas¹⁴. El proceso de investigación incluye fases de testeo con estados de semi-resultados, con representaciones y visualizaciones más que resultados finales. En concreto se trata de explorar las herramientas para contestar y plantear nuevas cuestiones acerca del objeto de estudio.

¹⁴ Para más detalle acerca de la metodología verse Ferreira Lopes y Pinto Puerto (2017) y Ferreira Lopes y Pinto Puerto (2018, *en prensa*).

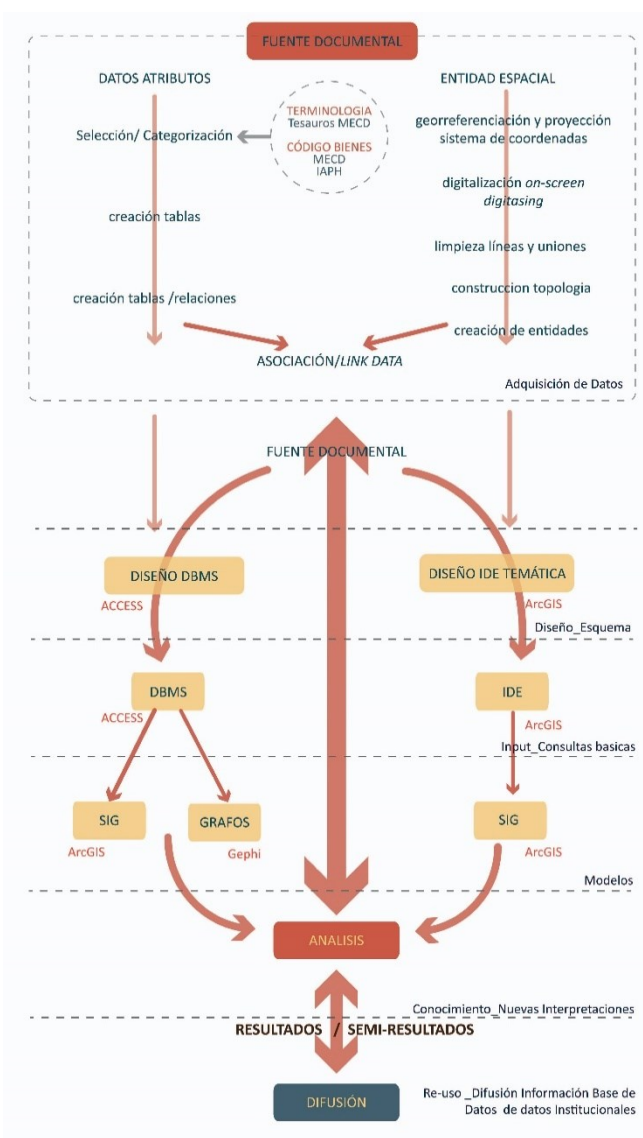


Figura 1. Diagrama de la metodología desarrollada en el proyecto de investigación. Imagen a partir del poster presentado en el III Congreso HDH (Ferreira Lopes y Pinto Puerto, 2017).

2.1 Aspectos del proceso de tratamiento y producción de datos

En el caso de nuestro proyecto de investigación, las estrategias empleadas durante el proyecto giraron en torno a: (i) la familiarización y el aprendizaje de la tecnología de los Sistema de Información Geográfica (SIG) aplicada a estudios de Historia de la Arquitectura y de modelo Grafos. Para ello, fueron realizados cursos y estancias en Centros de investigación¹⁵; (ii) la estandarización de los términos utilizados – el

¹⁵ El aprendizaje de las herramientas digitales implementadas en este proyecto es resultado de diversas estancias, cursos y participación en encuentros científicos, llevados a cabo en los últimos 4 años. Entre ellos cabe destacar: Modelo Grafo, estancia en el *CulturePlexLab* en la *Western University of Ontario*

*en prensa

vocabulario arquitectónico e histórico. A partir de una muestra de datos recopilados se verificaron las posibles duplicidades y similitudes en los términos. Para su unificación se adoptó los términos recogidos en el Diccionario de Bienes Culturales Tesouro del MECD. Esta estrategia fue fundamental, dado que proporcionó mayor transversalidad entre los historiadores y los arquitectos del proyecto y permitió mayor eficacia en la realización de los análisis; (iii) la elaboración de un diseño de base de datos único compatible con SIG y a la vez con Base de Datos orientada a Grafos, que proporcionara flexibilidad de edición, expansión y re-uso¹⁶. En este sentido, predomina una definición relacional de las distintas entidades y subsistemas que conforman el «mosaico».

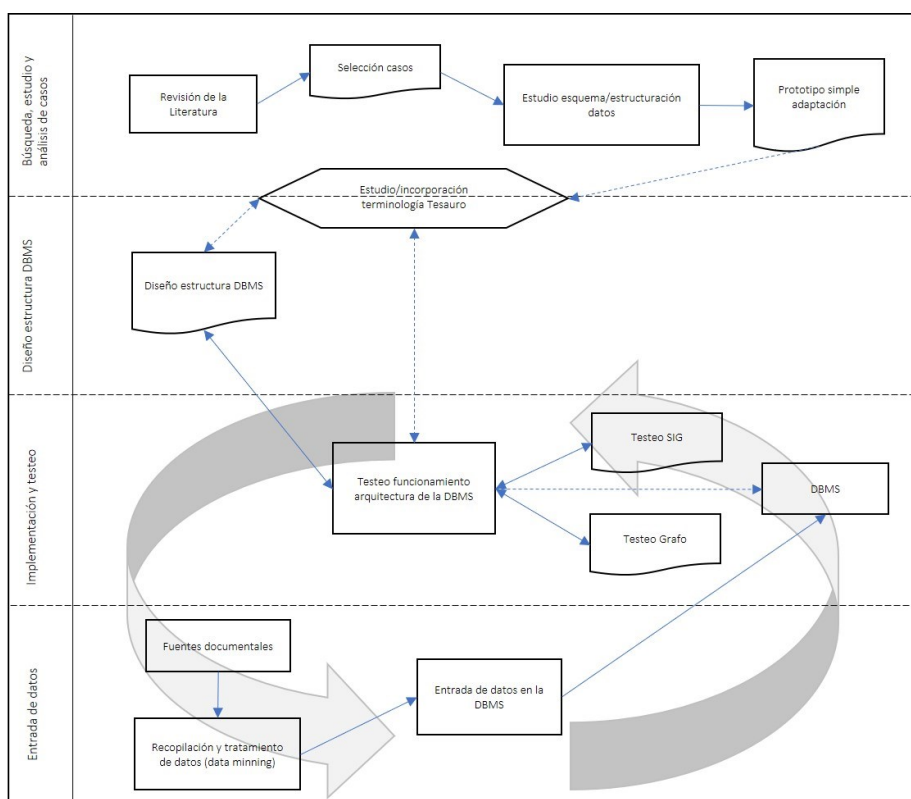


Figura 2. Esquema de flujos para el diseño del Sistema de Base de Datos.

(realizada en 2015) supervisada por su director Juan Luis Suárez; Modelo SIG, la Cátedra de la UNESCO de Paisaje culturales y Patrimonio (UPV), estancia en el Centro CLUE+ *Research Institute of Culture, History and Heritage* en la *Vrije University Amsterdam* y el curso de verano «SIG aplicado a Humanidades» impartido en la Universidad de Lancaster por Ian Gregory.

¹⁶ Las herramientas utilizadas para el análisis de Redes y para Análisis de Información Geográfica tienen una arquitectura distinta a la hora de estructurar los datos. Esa diferencia nos hizo inicialmente desarrollar dos modelos de Bases de Datos distintos: una para SIG, con enfoque espacial, y otra para Grafo, más abstracto, orientado a traducir la red de agentes (Ferreira Lopes *et al.*, 2016).

*en prensa

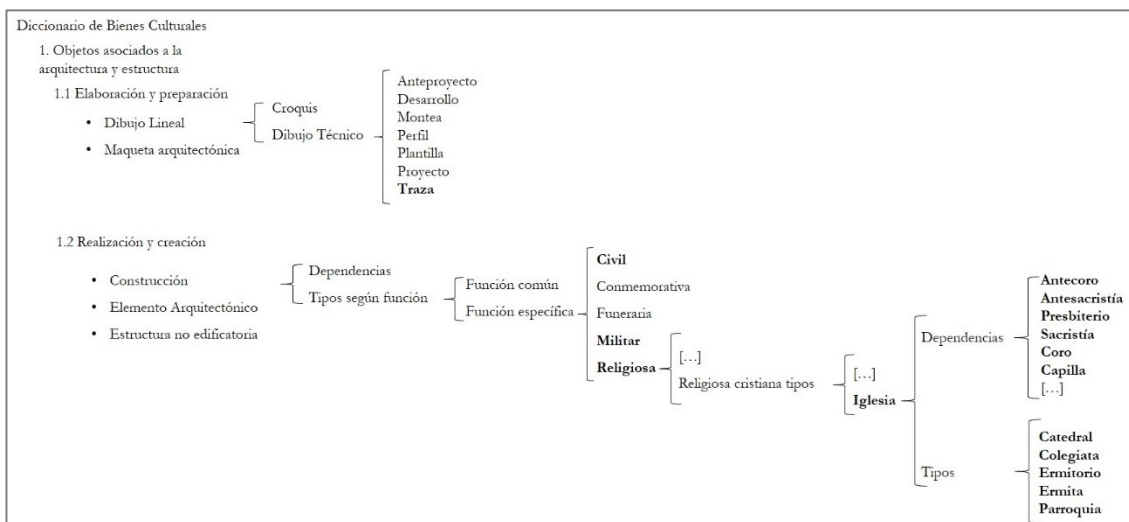


Figura 3. Estructura de niveles del Diccionario de Bienes Culturales del Tesoro. Las terminologías de este esquema multinivel fueron adoptadas para la categorización de los datos y para los atributos del Sistema de Base de Datos. En negrita, los términos más utilizados como atributos. El esquema sigue hasta alcanzar el nivel de elementos constructivos.

Los datos de los eventos asociados a la producción edilicia teniendo como eje central los ocurridos en el antiguo reino de Sevilla son insertados y estructurados en la Base de Datos. La «mineración de datos» se lleva a cabo mediante la lectura de las fuentes, digitalización e inserción de los datos en los campos correspondientes¹⁷. Es decir, en esta etapa existe una búsqueda y selección de los datos que necesitamos de acuerdo con el diseño de la base de datos. Diferente de lo que ocurre con las investigaciones que utilizan los métodos tradicionales, estas recaban las informaciones, en gran parte con formato narrativo, de diversas fuentes para luego dar salida a una interpretación y análisis que también tendría un formato narrativo. En nuestro caso, la información de entrada es «reducida» al dato concreto que necesitamos y el formato de salida podrán ser mapas, grafos, gráficos, tablas, etc. En este cambio del proceso hay un aspecto crucial - el de selección y sistematización de la información - que nos permitirá volcar una mayor cantidad de datos para luego analizarlos, algo que sería costoso, o incluso imposible, con el empleo de los métodos tradicionales. Aunque ha sido realizado de forma manual, este proceso es bastante objetivo en el sentido de que los datos son insertados según un criterio previamente establecido: el protocolo y diseño de la Base de Datos.

¹⁷ En el caso de la nuestra base de datos, la autoría de la persona que ha insertado el dato y la fuente consultada son ambas registradas en la propia base de datos, lo que conlleva un protocolo de actuación en el cual parte de los metadatos son parte de la propia base de datos.

*en prensa

Ahora bien, el diseño de la Base de Datos es en sí un producto de cierta manera subjetivo, que responde a un planteamiento y a las interrogantes del proyecto y, por lo tanto, a las elecciones establecidas durante la labor de equipo. Lo mismo ha ocurrido en el proceso de selección de las fuentes documentales, el cribado se ha realizado teniendo en cuenta las relevancias a partir del conocimiento del equipo del proyecto. Con esta forma de proceder, la investigación ha avanzado muy lentamente en su fase inicial hasta alcanzar un punto de convergencia en el que ambas miradas han confluído. Sin una herramienta digital, estas cuestiones difícilmente podrían llegar incluso a ser debatidas, una vez que podría no darse el planteamiento común, y lograr el nivel alcanzado.

Los resultados, o más bien los semi-resultados, reflejan los datos que en su momento fueron introducidos y que a lo largo de los 4 años del proyecto fueron aumentando¹⁸. Se pretende que el crecimiento sea aún mayor con la apertura de la base de datos a otros usuarios y investigadores. Para ello, estamos estableciendo estrategias de salida de los datos, como la finalización del protocolo para inserción de los datos, la creación y estandarización de los metadatos y la uniformización del «paquete» de salida para su inserción en repositorios digitales, inicialmente en «idUS»¹⁹ para futuramente dar pasos hacia una estrategia que asegure una mayor accesibilidad, interoperabilidad y re-uso.

Conclusión

En una cultura inmersa en lo digital y en lo visual, aún estructurada en cuanto a las estrategias de conocimiento en lo disciplinar y los medios analógicos, es preciso y pertinente abundar en metodologías que acompañen nuevas formas de pensar y de generar conocimiento a partir de la tecnología digital. Conocimiento que va más allá de la acumulación de información y del territorio que abarca cada disciplina. Para que esta evolución sea posible, debe ser también viable, procurando evitar el fracaso de invertir esfuerzos encomiables en lugares virtuales que acaben por desaparecer por obsoletos, lacra esta última que inunda en la sociedad no sólo lo material, sino también lo conceptual e ideológico. Urge evitar el consumo de recursos y tiempos. Por ello ésta propuesta de trabajo se fundamenta en la consolidación de los avances producidos en el pasado, transportando sus logros a los nuevos recursos haciéndolos evolucionar mediante una labor colectiva en la que prima la reflexión teórica y crítica. En el caso de nuestro objeto de estudio, la fábrica edilicia de la Catedral Gótica de Sevilla, se trata de romper la mirada disciplinar desde la que se han construido sus valores patrimoniales; aprovechar el impulso de su amplio conocimiento histórico para establecer redes que atrapen nuevos elementos patrimoniales, que al igual que entonces sirvieron para su nacimiento, ahora sirvan para su conservación, tanto de su memoria colectiva como de su materialidad.

Agradecimientos

¹⁸ Del 2014 al 2015 contábamos con cerca de 350 eventos, actualmente la base de datos cuenta con cerca de 2 mil.

¹⁹ Depósito Investigación Universidad de Sevilla.

*en prensa

Me gustaría agradecer al esfuerzo titánico de Nuria Rodríguez Ortega en la coordinación del III Congreso de Humanidades Digitales Hispánicas y a todo su equipo organizador. Asimismo, me gustaría agradecer a Francisco Pinto Puerto del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la ETSA de Sevilla por todo su apoyo en el desarrollo del proyecto; a Juan Luis Suárez, director del *CulturePlexLab* de la *Western University*, y a Antonio Mavillard por su apoyo durante el proyecto; a los miembros de la Red Tardogótica, especialmente a Alfonso Jiménez Martín, Juan Clemente Rodríguez Estévez y a Begoña Alonso Ruiz; y a Philip Verhagen del CLUE+ de la *Vrije Universiteit Amsterdam*.

Referencias bibliográficas

- ABRATE, M.; BACCIU, C.; HAST, A.; MARCHETTI, A.; MINUTOLI, S.; TESCONI, M. (2013). «GeoMemories- A Platform for Visualizing Historical, Environmental and Geospatial Changes in the Italian Landscape». *ISPRS International Journal of Geo-Information*. N° 2, págs. 432-455. <http://doi.org/10.3390/ijgi2020432>
- BOX, P. (1999). *GIS and Cultural Resource Management: A manual for Heritage Managers*. Bangkok: UNESCO.
- BRIET, S. (2006) [1951]. *What is documentation?* Traducido por RONALD, E. D.; MARTINET, L.; ANGHELESCU, H. G. B. Lanham. Md: Scarecrow Press.
- CAPRA, F.; SEMPAN, D. (1998). *La trama de la vida: Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Anagrama.
- CARUSI, A.; SISSEL HOEL, A.; WEBMOOR, T. WOOLGAR, S. (ed.) (2014). *Visualization in the age of computerization*. New York/London: Routledge.
- CASSATELLA C.; CARLONE, G. (2013). «GIS-based visual analysis for planning and designing historic urban landscapes: The case of Turin». En *Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*. N° 1, págs. 45-52. <http://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6744728>
- COBALEDA, M. M. (2017). «Desvelando el pasado: el proyecto ArtMedGIS y las nuevas tecnologías para el conocimiento del arte islámico medieval». En RODRÍGUEZ ORTEGA, N. (ed.) *Actas del III Congreso de la Sociedad Internacional Humanidades Digitales Hispánicas Sociedades, políticas, saberes*, págs. 53-56.
- COLLANTES DE TERRÁN SANCHEZ, A. (2004). «Las ciudades andaluzas en la transición de la Edad Media a la Moderna». *Minervae Baeticae. Boletín de la Real Academia Sevillana de Buenas Letras* 32, págs. 30-124.
- COLLANTES DE TERRÁN SANCHEZ, A. (2006). «Una ciudad, una Catedral». En JIMÉNEZ MARTÍN, A.; COLLANTES DE TERRÁN SANCHEZ, A.; RODRÍGUEZ ESTEVEZ, J.C. [et al.]. *La Catedral Gótica de Sevilla: Fundación y Fábrica de La Obra Nueva*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Vicerrectorado de Investigación, págs. 115-135.
- CRESPO SOLANA, A. (ed.) (2014). *Spatio-Temporal Narratives. Historical GIS and the Study of Global Trading Networks (1500-1800)*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing.

*en prensa

- DE MONTIS, A.; CASCHILI, S. (2012). «Nuraghes and landscape planning: Coupling viewshed with complex network analysis». *Landscape and Urban Planning*. Nº 105(3), págs. 315-324. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.005>
- EDGEWORTH, M. (2014). «From Space-Work to Screen-Work. New forms of Archeological Discovery in Digital Space». En CARUSI, A.; SISSEL HOEL, A.; WEBMOOR, T. WOOLGAR, S. (ed.). *Visualization in the age of computerization*. New York/London: Routledge.
- FERREIRA LOPES, P.; PINTO PUERTO, F. (2017). «Análisis georrelacional de la fábrica arquitectónica en el Antiguo Reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna». En RODRÍGUEZ ORTEGA, N. (ed.) *Actas del III Congreso de la Sociedad Internacional Humanidades Digitales Hispánicas Sociedades, políticas, saberes*, págs. 261-267.
- FERREIRA LOPES, P.; PINTO PUERTO, F. (2018, *en prensa*). «GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production». *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*.
- FERREIRA LOPES, P.; PINTO PUERTO, F.; JIMENEZ MAVILLARD, A.; SUAREZ, J. L. (2016). «Seeing Andalusia's Late Gothic heritage through GIS and Graphs». En *Digital Humanities 2016: Conference Abstracts*. Kraków: Jagiellonian University & Pedagogical University, págs. 501-504. DOI: 10.13140.
<http://dh2016.adho.org/abstracts/237>
- GAFFNEY, V.; VAN LEUSEN, M. (1995). «Postscript-GIS, environmental determinism and archaeology: a parallel text». En LOCK, G.; STANCIC, Z. (ed.). *Archaeology and geographical information systems: a European perspective*. London: Taylor and Francis. págs. 367-382.
- GREGORY, I. N. (2005). «The Great Britain Historical GIS». *Historical Geography*. Nº 33, págs. 132-134.
- JACOBS, J. (2006). «A geography of big things». *Cultural Geographies*, Nº1, págs. 1-27.
- JASKOT, P. B.; KNOWLES, A. K.; WASSERMAN, A.; WHITEMAN, S.; ZWEIG, B. (2015) «A Research-Based Model for Digital Mapping and Art History: Notes from the Field». *Artl@s Bulletin*. 4(1), págs. 65-74.
- JIMÉNEZ MARTÍN, A.; COLLANTES DE TERRÁN SANCHEZ, A.; RODRÍGUEZ ESTEVEZ, J.C. [et al.] (2006). *La Catedral Gótica de Sevilla: Fundación y Fábrica de la Obra Nueva*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Vicerrectorado de Investigación.
- JUDGE, J.W.; SEBASTIAN, L. (ed.) (1988). *Quantifying the present and predicting the past: theory, method and application of archaeological predictive modelling*. Denver: U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management.
- KNOWLES, A. K.; HILLIER, A. (ed.) (2008). *Placing History: how maps, spatial data, and GIS are changing historical scholarship*. Redlands: ESRI Press.
- LEFEBVRE, H. (2013). *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing.
- LYNCH, K. (1972). *What time is this Place?* Cambridge, MA: MIT Press.
- MUMFORD, L. (2012). *La ciudad en la historia: sus orígenes, transformaciones y perspectivas*. Logroño: Pepitas de Calabaza.
- ORTEGA, L. (2017). *El diseñador total*. Barcelona: Puente editores.

*en prensa

PINTO PUERO, F. (2006). «Fábrica y Forma del Templo Gótico». En JIMÉNEZ MARTÍN, A.; COLLANTES DE TERRÁN SANCHEZ, A.; RODRÍGUEZ ESTEVEZ, J.C. [et al.]. *La Catedral Gótica de Sevilla: Fundación y Fábrica de la Obra Nueva*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Vicerrectorado de Investigación, págs. 209-295.

REILLY, L. A. (2015). «Change over Time: Neatline and the Study of Architectural History». *Artl@s Bulletin*. 4 (1), págs. 7-19. <http://docs.lib.purdue.edu/artlas/vol4/iss1/2>

RODRÍGUEZ MIRANDA, A. (2014). Documentación espacial del patrimonio: preservación de la información. Necesidades, posibilidades, estrategias y estándares. (tesis doctoral, Universidad del País Vasco). <http://hdl.handle.net/10810/9906>

RODRÍGUEZ ORTEGA, N., (2013). «Humanidades Digitales, Digital Art History y cultura artística: relaciones y desconexiones». *Artnodes*. N°13, págs. 16-25. <http://doi.org/10.7238/a.v0i13.2017>

TERPSTRA N.; ROSE, C. (ed.) (2016). *Mapping Space, Sense, and Movement in Florence: Historical GIS and the early modern city*. Abingdon: Routledge.

VERHAGEN, P.; NUNINGER, L.; BERTONCELLO, F.; CASTRORAO BARBA, A. (2016) «Estimating the memory of landscape to predict changes in archaeological settlement patterns». En CAMPANA, S.; SCOPIGNO, R.; CARPENTIERO, G.; CIRILLO, M. (ed.). *CAA 2015. Keep the revolution going. Proceedings of the 43rd annual conference on computer applications and quantitative methods in Archaeology, Siena*. Oxford: Archaeopress, págs. 623–636.

WHEATLEY, D. (2004). «Making space for an archaeology of place». *Internet Archaeology*. N° 15. <https://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/28800>

WILSON, E. (1998). «Integrated Science and the Coming Century of the Environment». *Science*, vol. 279 (5359), págs. 2048-2049. <http://doi.org/10.1126/science.279.5359.2048>



VOLUMEN 5 NÚMERO 1

Revista Internacional de

Humanidades

Hacia una geografía patrimonial

Nuevos mecanismos para
entender y gestionar el patrimonio

PATRICIA FERREIRA-LOPES Y FRANCISCO PINTO PUERTO

REVISTA INTERNACIONAL DE HUMANIDADES

Primera Edición Common Ground Research Networks 2017
University of Illinois Research Park
2001 South First Street, Suite 202
Champaign, IL 61820 USA
Tel.: +1-217-328-0405
www.cgespanol.org

ISSN: 2474-5022 (versión impresa)

ISSN: 2253-6825 (versión electrónica)

© 2017 (artículos individuales), autor(es)

© 2017 (selección y contenido editorial), Common Ground Research Networks

Todos los derechos reservados. Excepto propósitos de estudio, investigación, crítica o revisión permitidos bajo la legislación de derechos de autor, ninguna parte de este trabajo puede ser reproducida, en ningún formato, sin el consentimiento explícito por escrito del editor. Para otros tipos de permisos y dudas, por favor, escriba a: soporte@cgespanol.org.

La Revista Internacional de Humanidades
es una publicación académica arbitrada bajo el proceso de revisión por pares.

Hacia una geografía patrimonial: nuevos mecanismos para entender y gestionar el patrimonio

(Towards a Geographical Heritage: New Mechanisms to Understand and Manage Heritage)

Patricia Ferreira-Lopes, Universidad de Sevilla, España
Francisco Pinto Puerto, Universidad de Sevilla, España

Resumen: Reconocemos el patrimonio como un sistema complejo conformado por una simultaneidad de eventos, procesos, agentes, espacios o formas que nos dirige a pensar en metodologías que puedan traducir y dilucidar las posibles relaciones a través de una "red de cartografía". Teniendo como referencia la obra de Henri Lefebvre, Schlögel, Edward Soja, David Harvey, Fernand Braudel, Manuel Castells, entre otros, realizamos una reflexión sobre su posible relación dialéctica con las nuevas tecnologías de la información, capaz de permitir y facilitar una mayor comprensión de la dimensión espacio-temporal del patrimonio cultural. El presente artículo plantea delinear algunas reflexiones desde una mirada geo-temporal en torno a los conceptos y herramientas tecnológicas disponibles, con el fin de identificar sus potencialidades para su aplicación en el ámbito del patrimonio cultural. La evolución de los conceptos del patrimonio junto a la utilización de nuevas formas de representación y análisis en medios digitales nos permiten nuevas miradas sobre los elementos o fenómenos hasta ahora invisibles que son influyentes en la estructuración y conformación del territorio. En lo fundamental, gira en torno a una directriz, solo podemos construir la imagen adecuada del territorio si volvemos a pensar juntamente espacio-tiempo y acción.

Palabras clave: patrimonio cultural, geografía histórica, metodologías información geográfica, estudios culturales, geografía patrimonial, humanidades digitales, sistema de información geográfica

Abstract: We recognize heritage as a complex system made up of a simultaneity of events, processes, agents, spaces or forms, which leads us to think of methodologies that can translate and elucidate possible relationships through a "map network". Using as reference the work of Henri Lefebvre, Schlögel, Edward Soja, David Harvey, Fernand Braudel, Manuel Castells, and others, we make a reflection about its possible dialectic relation with the new information technologies. The goal is to enable and facilitate a greater understanding of the spatial and temporary dimensions of cultural heritage. This article proposes to delineate some reflections from a geo-temporary perspective based on the concepts and technical tools available as a way to identify their potential for application in the field of cultural heritage. The evolution of the concepts of heritage together with the use of new forms of representation and analysis allow us to look at the elements or phenomena hitherto invisible that are influential in the structuring and conformation of the territory. In principle, it revolves around guidelines. We can only construct the appropriate image of the territory if we return to thinking of both space-time and action.

Keywords: Cultural Heritage, Historical Geography, GIS Methodologies, Cultural Studies, Geographical Heritage, Digital Humanities, GIS

Nuestra investigación¹ está enmarcada en el contexto del patrimonio tardogótico, y está basada en un enfoque multidisciplinar que contempla además múltiples escalas. Se consideran no sólo los objetos materiales resultados de los procesos creativos, sino también las distintas redes en las que están atrapados²: de caminos, de conocimientos, de agentes, de materiales, de transportes, de territorios, etc.

¹ Esta investigación forma parte del proyecto HAR2016-78113-R del Programa Nacional de I+D+i dirigido a los Retos de la Sociedad, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y fondos FEDER.

² El término "redes" hace referencia a los distintos objetos o entidades que establecen relaciones entre ellos. También se toma en consideración que las redes conforman subsistemas que a su vez se interrelacionan entre ellas formando un conjunto de sistemas que podemos entenderlo como un sistema mayor, un sistema complejo.

La investigación pretende crear un registro cartográfico a escala territorial—evidenciando las relaciones topológicas y funcionales en el tiempo—a la vez que a la escala del edificio tratamos de evidenciar su esencia como producto de un período, de un proceso constructivo, caracterizado por sus autores materiales y sus técnicas constructivas. No se trata de definir un patrón rígido o la aplicación sistemática de herramientas digitales, sino desarrollar a través de las nuevas tecnologías, recursos, estrategias y métodos para comprender el patrimonio, lo que implica construir distintas interpretaciones de toda la gama de datos ya existentes que se relacionan en un mismo contexto, construyendo redes con múltiples nudos. Para conseguir analizar el “sistema complejo del patrimonio” hemos buscado un atributo común a las distintas redes: la dimensión espacial.

Una gestión patrimonial basada en la existencia de un sistema de entidades materiales e inmateriales debe partir necesariamente del levantamiento, análisis y evaluación de sus características y atributos desde una perspectiva multidisciplinar que conjugue sus valores históricos, constructivos, culturales, económicos y sociales. En este sentido, la consideración de la dimensión espacial de las entidades patrimoniales nos permite obtener, estructurar, analizar, valorar y gestionar sus datos y relacionarlos con el territorio por medio de una mirada más amplia y *rizomática*. Para lograr tal visión integral, actualmente experimentamos con una serie de herramientas de análisis espaciales, como es el caso del Sistema de Información Geográfica (SIG) y de la visualización por grafos, que nos permiten construir enfoques de esta red de entidades que constituyen el patrimonio desde una multitud de perspectivas.

La consideración de la dimensión espacial nos servirá de “punto de unión” entre los distintos atributos temáticos y disciplinas que conllevan el estudio del patrimonio cultural. Así, por un lado, la yuxtaposición y la simultaneidad en el espacio de las distintas capas e informaciones que componen el patrimonio a lo largo del tiempo pueden ser mejor ordenadas produciendo una lectura integral y a la vez plural. Y por otro, el conjunto de estos datos multidisciplinarios conforman una estructura abierta, indefinida y no-estática capaz de construir un modelo de explicación con distintas posibilidades. Este modelo de aproximación, además, nos permite considerar la lógica espacial en distintas escalas —micro y macro, local y global, autonómica y nacional. Se trata de un engranaje procesual de múltiples aproximaciones y enfoques que puede ser ampliable, en el que el espacio actúa tanto como elemento de pregunta como de respuesta.

Nuestras referencias para abordar la espacialidad del patrimonio

Antes de proceder a explicar las herramientas utilizadas en el análisis espacial del patrimonio, creemos conveniente reflexionar acerca de las bases conceptuales sobre las que se apoya esta metodología. Esta reflexión teórica puede tener utilidad y validez práctica en distintos campos como veremos más adelante.

Hasta la década de los cincuenta, el tiempo y la historia han sido privilegiados sobre el espacio y la geografía.

(...) ocurre una subordinación implícita del espacio al tiempo que no sólo oscurece las interpretaciones geográficas de la mutabilidad de la vida social sino que inmiscuye en cada uno de los niveles del discurso teórico, desde los conceptos ontológicos más abstractos hasta las explicaciones más detalladas de los acontecimientos empíricos (Soja, 15).

Como ha ocurrido en otros ámbitos, en el estudio del fenómeno patrimonial el factor temporal e histórico también han sido más foco de atención que el espacial³. No cabe entrar, en este momento, en el debate acerca de importancia que se ha dado a una u otra dimensión, sino

³ El espacio aquí entendido como el espacio geográfico, el marco físico, que engloba tanto los elementos humanos y sociales, como sus relaciones.

intentar ver que tanto el tiempo como el espacio están relacionados de tal forma que se hace difícil entender uno sin el otro.

Antropólogos, sociólogos, geógrafos y filósofos han desarrollado distintos conceptos teóricos y prácticos para reflexionar sobre el espacio patrimonial. De manera que, la dificultad de realizar un trabajo multidisciplinar puede verse facilitada gracias a las perspectivas proporcionadas al introducir la consideración espacial en la metodología de su investigación.

En este sentido, el patrimonio aparece tanto como producto como productor, simultáneamente tangible e intangible, es decir, como el resultado de una serie de circunstancias sociales, naturales, tecnológicas y económicas que, a lo largo del tiempo conforman la hegemonía social en la producción del espacio.

De ahí el esfuerzo para salir de la confusión sobre la base de considerar el espacio (social), así como el tiempo (social), no ya como <<hechos>> de la naturaleza más o menos modificada, ni tampoco como simples hechos de <<cultura>>, sino como productos. (...) ¿Productos? Sí, en un sentido específico, en particular por un carácter de globalidad (no de totalidad) que no poseen los <<productos>> en la aceptación ordinaria y trivial del término, objetos y cosas, mercancías (aunque es cierto que el espacio y el tiempo producidos, pero segmentados, se intercambian, se venden, se compran como vulgares objetos y cosas) (Lefebvre, 2000, 54-55).

La dialéctica socio-espacial defendida por Lefebvre, es central para entender la producción de la ciudad y, porque no, el propio patrimonio cultural de forma integral y dinámica. Se trata de concebir el espacio como sujeto activo, que interactúa y se retroalimenta de su propia producción. Asimismo, la dimensión temporal, heredada de los años más lejanos, no debe ser olvidada ni puesta en segundo plano. Lo que nos lleva a considerar la dialéctica sojiana – social-espacial-temporal– como una importante reflexión que enriquece la comprensión del patrimonio.

(...) nuestra espacialidad, sociabilidad e historicidad son mutuamente constitutivas, sin que ninguna se privilegie inherentemente a priori. (...) Esta perspectiva y la nueva conciencia espacial que está surgiendo de ella se esfuerzan por equilibrar las dimensiones de la realidad espacial, social e histórica, haciendo las tres dinámicamente interactivas y equivalentes en el poder explicativo inherente (Soja, 2014, 51).

Aunque pueda parecer demasiado obvio este enfoque, la espacialidad del patrimonio debe ser entendida principalmente como un producto social colectivo y complejo, concebido a partir de atributos y entidades materiales y no materiales que se entrelazan conformando relaciones y espacios. La espacialidad contempla por naturaleza la interdisciplinaridad y ha unido disciplinas más allá de la historia como es el caso de sociología, antropología, arqueología, literatura, arquitectura, urbanismo entre otras. No cabe duda que la tipología y la profundidad de las informaciones producidas en cada disciplina son de una enorme diversidad por lo que nos lleva cada vez más a prescindir de un mecanismo que nos permita trabajarlas en conjunto.

Con los trabajos de Lefebvre, Foucault, Lacan y Derrida, la consideración de la dimensión espacial en otras disciplinas ha permitido producir “cartografías laterales”, con enfoques distintos al de los geógrafos, que nos han permitido llegar a una interpretación más real del objeto de estudio. Los historiadores normalmente tienen cierta dificultad para incorporar la espacialidad en sus estudios, pues la gran mayoría siguen basándose en la cronología y en la narrativa temporal. Sin embargo, cabe aquí abrir un paréntesis como es el caso de la escuela francesa de los “Annales”, en la cual autores como Lucien Febvre, Jacques Le Goff, Geoge Duby y principalmente Fernand Braudel han aportado una ventajosa perspectiva al incorporar el análisis del lugar en el estudio historiográfico. Braudel (2001), en su obra “El Mediterráneo en la época de Felipe II”, abre el abanico histórico y nos deja la posibilidad de analizarlo en “tres tiempos” que contemplan distintas densidades, disciplinas y dinámicas. La aproximación histórica

braudeliana ha sido espacial en el sentido de que son los cambios de las relaciones espaciales los que mejor explican el patrón de cambios en el tiempo. En este sentido, ubicar el pasado no solo ayudará a los historiadores a experimentar el “*spatial turn*”⁴, como también ayudará a enfrentar la fragmentación de una visión lineal y a descubrir y a trabajar en un sistema en el cual los lugares y el tiempo se distribuyen de acuerdo con una topología sin orden ni orientación.

Philip Ethington (2007) propone un acercamiento casi directo de la historia a la geografía – afirmando que el pasado son los lugares conformados por la acción humana. Ethington de esa forma, vuelve al enfoque espacial sojiano de la historia y además defiende que la historia no sería dada por “los cambios a lo largo del tiempo” sino por “los cambios a través de los espacios”.

En los últimos años, en el ámbito de la protección del bien patrimonial ha habido una tendencia a incluir no solo las áreas determinadas por el inmueble sino también la red de espacios conectados a él, como el territorio, entendido en este caso como conjunto que nos ayuda a comprender la unidad funcional y lograr los retos de conservación. Así, la aplicación de nuevas herramientas digitales además de permitir manejar con facilidad una gran gama de información, nos permite alcanzar un diálogo interdisciplinar para generar nuevas perspectivas acerca del pasado. Considerar lo espacial en el conocimiento patrimonial nos obliga a repensar muchos términos y conceptos básicos que han sido utilizados hasta el momento, y urge por lo tanto la creación de un lenguaje más rico y amplio que sea transversal a las distintas disciplinas lo que nos conduce a utilizar herramientas que asocien el saber humanístico y el conocimiento científico.

Nuevas mecanismos para entender y gestionar el patrimonio

Sigue siendo relevante reflexionar sobre cómo las nuevas herramientas han cambiado nuestra manera de abordar el patrimonio y nuestra forma de comunicarlo. Los problemas enfrentados por su incorporación desencadenan procesos que son igualmente complejos y nos llevan a una nueva situación de “negociar” y “tratar” con las demás disciplinas. Los últimos avances tecnológicos no solo significan una mayor accesibilidad a una información cada vez más diversa, sino también alteran nuestra manera de pensar, de investigar, de interactuar, de producir y de comunicar. Así, hace falta que seamos conscientes que esos cambios afectan nuestra labor sin permitir que nos transformemos en simples usuarios pasivos.

El empleo de nuevas herramientas digitales adaptado al ámbito patrimonial nos ha permitido en síntesis:

1. La consideración del patrimonio no solo como objeto aislado, incorporando el análisis de su entorno y contexto pasando a considerar la dimensión espacial.
2. A ello se suma la consideración de características o atributos inmateriales que están conectados a los materiales y que refleja su “contribución” en la conformación del patrimonio.
3. La posibilidad de realizar un trabajo interdisciplinar, integrando y relacionando distintas clases, tipologías y cantidades de datos y agentes implicados.
4. La labor de búsqueda, organización y el de dar significado a determinados datos previo al análisis genera un proceso en el cual las decisiones tomadas durante el proceso también forman parte del objeto de estudio.

En otro sentido, y reforzando, si cabe, los cuatro puntos anteriores, se hace necesario indicar también la aceleración reciente de los entornos digitales, que a la vez nos permiten y establecen nuevas vías y oportunidades de colaboración y creación de nuevas metodologías que comparten un lenguaje digital casi universal que se ve reflejado en las nuevas plataformas de navegación

⁴ En español “*giro espacial*”, término desarrollado en los años 1970 y 1980, por geógrafos sociales y sociólogos urbanos, inspiradas en la Escuela de Sociología Urbana de Chicago que reflejaba la idea de que son las personas que estructuran el espacio. Pasando, este último, a ser definido como una entidad con vocación transdisciplinaria. Ver Soja, E. W. (1989), 16.

con sistemas de posicionamiento y mapas desplazables. “Hacer historia digital, pues, es crear un marco, una ontología, a través de la tecnología, para que la gente experimente, lea y siga un razonamiento sobre un problema histórico” (Cohen, 2008).

A todo eso, se suma la nueva capacidad del usuario de interacción y de adaptación a lecturas cada vez menos lineales que ofrecen los nuevos medios, donde la información se estructura de múltiples maneras, con interfaces compuestas de varias capas permitiendo la máxima flexibilidad de navegación y mayor articulación de contenidos, incentivando a los “lectores” a investigar y establecer conexiones por su cuenta, proporcionando una experiencia de mayor inmersión y posibilidades. “El número de páginas de este libro es exactamente infinito. Ninguna es la primera; ninguna la última” (Borges, 1975).

También queremos dejar claro que explorar la espacialidad patrimonial y sus distintas facetas o disciplinas a través de la geografía no es solo un ejercicio académico, sino que tiene objetivos ambiciosos de corte práctico. Investigar de éste modo el patrimonio persigue sobre todo extender el conocimiento práctico a acciones más eficaces de valoración, intervención y gestión. Así, nos conduce a un énfasis particular, quizás todavía poco explorado, y a una visión interpretativa que nos abre a un sinfín de nuevos caminos de pensamientos. En este sentido, nuestro principal interés se centra en evidenciar que los procesos de producción y de intercambios configuran decisivamente las formas del territorio y, por ello, deben ser estudiados de una forma interrelacionada.

Dentro de las nuevas herramientas digitales empleadas por el grupo de investigación “*Estrategias del conocimiento patrimonial*”⁵ están las herramientas BIM (del inglés, *Building Information Modeling*), el SIG y los Grafos. En el presente artículo nos centraremos en las dos últimas – SIG y Grafos - para exponer la experiencia desarrollada en la investigación de la tesis doctoral “*Arquitectura y Territorio. Estructuración de Andalucía Occidental en el tránsito a la Edad Moderna a través de un Sistema de Información Geográfica*” desarrollada por la propia autora, Patricia Ferreira Lopes, dirigida por D. Francisco Pinto Puerto y financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España.

Caso de estudio: Modelo digital del Patrimonio Tardogótico del antiguo Reino de Sevilla

El proyecto que aquí presentamos es, en cierta medida, una aplicación de las referencias teóricas citadas, que al enfatizar la importancia de la dimensión espacial y la interdisciplinaridad, estudia el patrimonio mediante una metodología evolutiva, dinámica y abierta posibilitada por el uso de las nuevas herramientas digitales.

El estudio se centra en el marco cronológico de finales del siglo XV y principios del XVI del antiguo reino de Sevilla. Por sus características particulares: es un momento en el cual Andalucía consolida su espacio geográfico tras la conquista del reino de Granada y las fronteras Ibéricas y, además coincide con la expansión europea hacia América, que tienen a la capital del reino como punto privilegiado de enlace. En este sentido, el estudio patrimonial de este contexto se agranda de tal forma que nos hace pensar ese sistema de relaciones desde lo complejo, es decir, el patrimonio entendido como sistema en sí mismo, que es generado y genera una organización a partir de interacciones que acaban por estructurar un “patrón” de valores creado por los individuos implicados⁶.

No obstante, la tierra también ha sido hollada por caravanas nómades, expediciones perdidas, diásporas, odiseas y éxodos. El espacio físico no es un dato material constante; por el contrario, es la arcilla hendida y modificada continuamente por las leyes humanas

⁵ Grupo de investigación HUM-799 de la Universidad de Sevilla, <http://grupo.us.es/ecphum799/>.

⁶ Para saber más acerca de aspectos técnicos y del proceso metodológico empleado en este proyecto verse Ferreira Lopes, P. & Pinto Puerto, P. (2015).

del espaciamento, en cuya jurisdicción rigen el esfuerzo y la imaginación tanto como la suerte y la reticencia de la naturaleza. (FERRER, 2004)

Las nuevas herramientas digitales con sus posibilidades de simulaciones nos permiten un modelo interactivo en el cual no solo permite visualizar, también analizar cada una de estas circunstancias. Además del aspecto gráfico, tanto el SIG como los Grafos nos dan la oportunidad de crear un sistema de gestión y transferencia de datos compatibles con la labor interdisciplinar y colectiva permitiendo construir un método de producción científica trasladable a otros contextos y objetivos.

Sistema de Información Geográfica (SIG)

La nueva y explícita atención al espacio está muy directamente relacionada con el desplazamiento de la mirada historiográfica clásica hacia los nuevos medios disponibles y a las actividades fuertemente dinámicas proporcionada por los cambios de nuestra propia visión general del mundo. Esta transformación a lo digital, y en este caso concreto, al “mapa” como “soporte” conlleva una redefinición de cómo abordar los problemas a partir de sus posibles relaciones espaciales.

Al principio de la investigación nos enfrentamos con una enorme cantidad de estudios monotemáticos que utilizaban el mecanismo de la “historia relato” muchas veces narrada de forma lineal y cronológica. La elección de la utilización de la herramienta SIG partió de la necesidad de interconectar estas investigaciones ya realizadas para dar un salto de las “historias-relatos” hacia la “historia-problemas” cambiando de esta manera los modos de narración de los hechos históricos.

Nuestra experiencia a lo largo del proyecto muestra que se requiere algo más que el simple emplazamiento de las entidades para visualizar las líneas de fuerza y sus relaciones espaciales. En este sentido, se puede utilizar la misma línea de Manuel Castells, en la cual la espacialidad se manifiesta mediante un “espacio de flujos” aplicada en nuestro caso al contexto del Tardogótico. Así, en nuestro estudio profundizamos también sobre cómo en el periodo Tardogótico existió un flujo intenso no solo de materiales y de profesionales sino también de conocimiento técnicos entre maestros, viajes y talleres – que transformarán el espacio y se verán reflejados en la construcción de un lenguaje arquitectónico nuevo. Está claro que este contexto es distinto al de la actual sociedad de la información a la que se refiere Castells, pero lo que queremos subrayar es el proceso de la estructuración del espacio, de la red de construcciones y la generación de flujos de conocimiento que podrían ser comparables a los actuales, aunque quizás con menor intensidad.

Con el SIG, el potencial dinámico de la entidad se pone de manifiesto ante los ojos del investigador. En el proyecto *"Modelo digital del Patrimonio Tardogótico del antiguo Reino de Sevilla"*, por ejemplo, la presencia de determinados caminos y la existencia de canteras y talleres locales subraya las ubicaciones, las características formales y los procesos constructivos de las obras arquitectónicas. Incluso el espacio “vacío” del mapa puede también servir de contraste y a la vez de énfasis a los espacios “llenos”. Al mismo tiempo, el proyecto muestra cómo el tiempo también juega un papel importante en la construcción del espacio de la Edad Moderna; el pasado anclado en las relaciones territoriales de ducados, órdenes religiosas y las fronteras militares con reinos islámicos determina el concepto de espacio.



Figura 1: Mapa de las canteras, caminos y edificios religiosos, militares y civiles que fueron o tienen elementos construidos en este periodo - finales del S.XV y principios del S.XVI. El fondo de la imagen se yuxtapone a la cartografía de Repertorio de los Caminos de Villuga por Gonzalo Menéndez Pidal.

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos realizada por Patricia Ferreira Lopes, Francisco Pinto Puerto y Juan Clemente Rodríguez Estévez

Mediante la aplicación del SIG nos encontramos con innumerables vistas de la realidad histórica, social, económica y cultural en la que rara vez hay una imposición jerárquica, prefiriendo un patrón de interrelación espacial, en la cual las unidades individuales y perfectamente estructurada con sus atributos, se unen con un orden aleatorio, que luego puede ser reorganizado y reestructurado según otro orden, controlado cada vez por el objetivo del investigador. El SIG nos ofrece la posibilidad de transformar las diversas tipologías de datos en una estructura manejable, flexible y comprensible por medio de símbolos, puntos, líneas, imágenes y, polígonos que representan el patrimonio. En este sentido, a la dimensión espacial se acopla una multiplicidad de atributos, en algunos casos hasta conflictivos, que conforman capas de información que pueden ser superpuestas en un mismo sistema de representación.

The layered pictures that results can then be “read” and a story can be told, the story of complex relationships that are frozen by the analysis but which, of course, are really in motion. The next step is to acknowledge the motion by using cinematic techniques that present the passage of time as spatial units that succeed one another (Stanley Fish, 2011).

Grafos

Por lo expuesto hasta ahora, el fenómeno patrimonial, como otros fenómenos, debe fundamentarse en capturar la información interdisciplinar, desde la aportación de diversas perspectivas. No obstante, la gran problemática surge cuando esa cantidad y diversidad de datos necesita ser estructurada de una manera que permita generar conocimiento. En este sentido, hace falta una labor previa para saber de qué tipo de información disponemos, qué interrelaciones tienen, qué estructura de organización deben tener, y qué preguntas queremos contestar con la estructura creada.

Como hemos citado anteriormente, empezamos la investigación a partir de fuentes "no estructuradas"⁷, es decir, en su gran mayoría textos que trataban de una obra arquitectónica, o de un maestro o de un profesional, pero que no tenía una forma de datos, como una tabla de relaciones, por ejemplo. En este caso, es preciso realizar una labor previa de "data mining" en la cual se analiza, selecciona y digitaliza la información es un requisito fundamental para obtener un resultado satisfactorio. Incluso, vale subrayar que esta labor previa, lo más probable es que acompañe todo el proceso del proyecto una vez que a lo largo de su desarrollo la propia herramienta nos ayudará a plantear nuevas preguntas y nuevas relaciones.

En el presente artículo, presentamos la aplicación de organización de la información por estructuras de grafos que combina elementos clásicos de análisis con técnicas provenientes de las matemáticas y de la computación teórica. Como caso específico, mostraremos los avances que se han conseguido desde el desarrollo del proyecto "*Modelo digital del Patrimonio Tardogótico del antiguo Reino de Sevilla*" que trata acerca de las reuniones entre profesionales, comitentes y otras instituciones en las cuales se tomaban las decisiones de proyecto, obra o reforma a principios del siglo XVI, y que acabaron condicionando el lenguaje arquitectónico.

En la Figura 02, se puede visualizar las conexiones (maestros, visuras, edificios, lugares, origen) utilizando la visualización en grafos. En este grafo, hemos estudiado el caso concreto de relaciones entre las ciudades de Sevilla, Granada y Salamanca desde 1509 a 1523. En este intervalo de tiempo coinciden tres importantes hechos que generan lo que pueden denominarse "aristas de fuerzas" entre estas ciudades: la caída del cimborrio de la Catedral en Sevilla, la construcción de la Capilla Real en Granada y el inicio de la Catedral en Salamanca. A través de este sistema, lo que objetivamos es visualizar y analizar las distintas interconexiones entre los distintos agentes, lugares de reunión y los edificios afectados durante este periodo para que más adelante podamos percibir o no el reflejo de estas redes de trabajo y contactos en la obra arquitectónica.

En este caso, el grafo representa la red de conexiones entre los nodos (lugares de trabajo, maestros, visuras, ciudades y edificios donde se realizaron visuras) por medio de aristas con el fin de definir y visualizar las relaciones existentes entre las distintas entidades. Se trata de realizar análisis transversales de la información pudiendo estudiar los maestros y los edificios haciendo uso de un conjunto de relaciones entre ellos y otros elementos implicados. En este sentido, la herramienta nos ayuda a enfrentar al problema por medio de un estudio sistemático más allá de su evidente valor instrumental.

⁷ Hace cinco años, varios analistas han estimado que la cantidad de datos no estructurado crece a un ritmo de un orden de 10 a 50 veces más rápido que el de la información estructurada. (Today's Challenge in Government: What to do with Unstructured Information and Why Doing Nothing Isn't An Option, Noel Yuhanna, Principal Analyst, Forrester Research, Nov 2010). Para más información acerca del tema consultar <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=84>.

patrimonio en toda su complejidad? Como hemos reflejado en el presente texto, somos conscientes de todo lo que conlleva el estudio del patrimonio cultural y buscamos mejorar las bases teóricas antiguas por medio de los recursos que hacen parte de nuestro lenguaje actual. Entendemos este trabajo como una aportación contemporánea que puede enriquecer los modos de abordar el tema tratado y favorecer su conocimiento.

REFERENCIAS

- Borges, J. L. (2011). *El libro de arena*. Barcelona: Debolsillo.
- Braudel, F. (2001). El Mediterráneo y el mundo mediterráneo en la época de Felipe II. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- (2002). Geohistoria: la sociedad, el espacio y el tiempo. En Braudel, F., et al. (Ed). *Las ambiciones de la historia*. (pp. 53-87). Barcelona: Crítica.
- Castells, M. y Martínez Gimeno, C. (1997). *La era de la información: economía, sociedad y cultura*. Madrid: Alianza.
- Cohen, D. J., et al. (2008). The Promise of Digital History. *The journal of American History*, v. (95), 442-451.
- Ethington, P. J. (2007). Placing the Past: ‘Groundwork’ for a Spatial Theory of History, *Journal of Rethinking History*, v. 11, 466.
- Ferreira Lopes, P. & Pinto Puerto, P. (2015). Application of a Schema to Late Gothic Heritage: Creating a Digital Model for a Spatio-temporal Study in Andalusia. *Journal WIT Transactions on the Built Environment*, v. 153, 29-41.
- Ferrer, C. (2004). *Cabezas de tormenta: ensayos sobre lo ingobernable*. Logroño: Pepitas de Calabaza.
- Foulcault, M. (1992). *El orden del discurso. Fábula*. Barcelona: Tusquets.
- Lefebvre, H. (2000). *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing.
- Pierre Nora and Jaques Le Goff (1986). *Fairre de l’histoire*. Paris: Gallimard.
- Schlögel, K. & Arántegui, J. L. (2007). *En el espacio leemos el tiempo: sobre historia de la civilización y Geopolítica*. Madrid, España: Siruela.
- Soja, E. W. (1989) *Postmodern Geographies*. London: Verso.
- (2014). *En Busca de la Justicia Espacial*. Valencia, España : Tirant lo Blanch.
- Stanley Fish (2011). The triumph of the Humanities. En Dear, M., J. Ketchum, S. Luia, and D. Richardson. (Ed.) *GeoHumanities: art, history and text at the edge of place*. (pp.215-225). London: Routledge.

SOBRE LOS AUTORES

Patricia Wanderley Ferreira-Lopes: Personal Docente e Investigadora, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

Francisco Pinto Puerto: Profesor titular, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universidad de Sevilla, Sevilla, España

La *Revista Internacional de Humanidades* proporciona un espacio para el diálogo y la publicación de nuevos conocimientos en el seno de las humanidades que se sustentan sobre tradiciones pasadas al tiempo que permiten establecer un programa renovado para un futuro que incorpore además la transformación digital de estos saberes. Las humanidades son un ámbito de aprendizaje, reflexión y acción, y un lugar de diálogo entre distintas epistemologías, perspectivas y áreas de conocimiento. En estos inestables lugares de entrecruzamiento del saber humano, las humanidades podrían ser capaces de neutralizar la estrechez de miras de los modernos sistemas de conocimiento.

Los artículos de la revista abarcan un terreno muy amplio, desde lo general y especulativo hasta lo particular y empírico. No obstante, su preocupación principal es redefinir nuestra comprensión de lo humano y mostrar diversas prácticas disciplinarias dentro de las humanidades. En un momento en que las tendencias teóricas dominantes parecen confluir en políticas que a menudo conducen a la humanidad a situaciones intelectuales y sociales poco satisfactorias, esta revista pretende reabrir el debate acerca de las diversas facetas de los seres humanos tanto por razones prácticas como teóricas.

La revista es relevante para los académicos e investigadores provenientes de un amplio espectro de disciplinas dentro de las humanidades, para los profesores universitarios y los educadores, así como para cualquier persona con interés e inquietud por las humanidades.

La *Revista Internacional de Humanidades* es una revista académica sujeta a revisión por pares.

Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018, en prensa). Intercambio de maestros, saberes y técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. *Da Traça à Edificação*. Lisboa.

INTERCAMBIO DE MAESTROS, SABERES Y TÉCNICAS ENTRE LAS FÁBRICAS DE LA BAJA ANDALUCÍA Y PORTUGAL EN LOS SIGLOS XV Y XVI. APORTACIÓN A PARTIR DE UN MODELO DIGITAL DE LA INFORMACIÓN.

Patrícia Ferreira-Lopes¹ y Francisco Pinto Puerto²

¹ Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, IUACC, grupo de investigación HUM799, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla. pwanderley@us.es

² Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, IUACC, grupo de investigación HUM799, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla. fspp@us.es

Resumo: Os estudos sobre a arquitetura gótica tardia, tanto a nível nacional como europeu, cresceram consideravelmente nos últimos tempos. No entanto, foram poucos os que tomaram um foco *geohistórico* que pudesse refletir a complexidade das variáveis geográficas e da estrutura produtiva ligada a esse fenómeno histórico. Esta comunicação propõe desenhar algumas cartografias que permitem visualizar e relacionar essas redes e realidades, incluindo capas como trajetórias, rotas, caminhos y reinos junto com a produção arquitetônica. Para isso, abordaremos a realidade plural das transferências e mobilidade de profissionais da Península Ibérica e, em seguida, analisaremos uma zona territorial mais específica, o Reino Antigo de Sevilha e o Reino de Portugal, através de um Modelo de Informação com base na ferramenta dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Essa tecnologia permite analisar e relacionar a estrutura das rotas, os caminhos mais frequentados e os núcleos de produção na península, destacando a conexão Sevilha-Lisboa e em essa focalizando a atenção em alguns dos mestres que passaram pelo Antigo Reino de Sevilha e Portugal.

Palavras chave: fábrica da arquitetura gótica tardia, transferências e movilidad de agentes, baixa Andalusia, Sistemas de Informação Geográfica.

Abstract: Studies on late Gothic architecture, both national and European level, have grown considerably in recent years. However, few have taken a *geohistorical* framework that could reflect the complexity of geographic variables and the productive structure linked to this historical phenomenon. This communication proposes to draw some cartographies that allow to visualize and relate these networks and realities, including layers such as trajectories, routes and kingdoms along with architectural production. For this, we will first approach the plural reality of transfers and mobility of professionals in the Iberian Peninsula and then we will focus in a more specific territorial framework, the Old Kingdom of Seville and the Kingdom of Portugal, through an Information Model based on the Geographic Information System (GIS) tool. This technology allows highlighting the structure of routes, most frequented roads and centers of production in the peninsula, emphasizing the Seville-Lisbon connection and in this focusing attention on the activity of some of the masters who passed through the Old Kingdom of Seville and Portugal.

Key-words: late Gothic architecture factory, transfers and agent mobility, low Andalusia, Geographic Information System.

Introducción

No sería posible trazar el contexto de inicio de la Edad Moderna en la península ibérica sin captar el sentido del fenómeno transnacional de los agentes y las circunstancias geográficas que lo envolvieron, y que dieron como resultado el fenómeno tardogótico. Las variables que van a caracterizar la arquitectura de este momento se encuentran ya en los comienzos de la baja Edad Media, un tiempo convulso, con crisis y cambios de gran trascendencia en la península. En primer lugar, es necesario centrar la atención sobre las escalas que consideramos direccionan las transformaciones perceptibles en la arquitectura. En segundo lugar, los resultados de la producción arquitectónica están vinculados a una serie de “conexiones” entre los diferentes grupos de agentes que la protagonizan, y que son en última estancia los que generan las dinámicas productivas, entendiendo que estas interacciones rompen la idea estática del espacio en el que surgen, el mapa fijo en el que solemos ubicarlas.

La guerra de los Cien Años (1337-1453) fue una de las causas de la gran oleada de inmigración de maestros, procedentes de Normandía y oeste de Francia, a Castilla durante la primera mitad del XV. Con la paralización de la producción edilicia durante este periodo de guerra, muchos maestros se vieron obligados o incentivados a salir de Francia¹, o cómo las guerras Husitas, que afectaron el taller de Parler y Praga, disolviendo estas fábricas centroeuropeas (García Cuetos 2011, 22-23).

A su vez, el aumento del papel de las asambleas representativas y las tentativas realizadas por la elite para participar de las decisiones políticas de la época también fueron elementos que influenciaron en las decisiones de organización territorial y las empresas constructivas asociadas a ellas durante el tránsito a la Edad Moderna. De la misma manera, esa tendencia también ocurrió en la Iglesia, tras el conflicto del Cisma, abrazando el sentimiento de nacionalismo de la época, aunque dentro de sus divisiones, lo que pudo resaltar los rasgos de la producción edilicia religiosa. Si bien las estructuras continuaron siendo substancialmente medievales, el surgimiento de las de las “nuevas monarquías” se produjo junto con la mayor concentración del capital en las manos de los mercaderes y la aparición de un monopolio privado incipiente, creando cada vez más espacios de poder en beneficio de la burguesía y de los reyes que acabarán por reflejarse en las empresas

¹ Así parece indicar las investigaciones de García Cuetos, que apunta principalmente los puntos de origen de los maestros llegados a la península, provenientes de los territorios que enfrentaban graves conflictos y crisis (García Cuetos 2011, 22).

entonces emprendidas, que trascienden el papel periférico que se ha dado durante años a la península (Rucquoi 2014).

En el margen temporal de un siglo -que situamos con unos límites aún difusos entre los años centrales de los siglos XV y XVI- el marco territorial del Antiguo Reino de Sevilla experimentó una importante transformación que hoy sólo podemos valorar de forma global si reunimos la producción edilicia que conservamos, generalmente arquitectura religiosa, y somos capaces de diferenciarlas de las transformaciones provocadas por épocas posteriores. Sin embargo, el papel de la arquitectura en este cambio fue más amplio, si consideramos de una forma más transversal el intercambio entre los profesionales que lo protagonizaron, desde maestros a simples canteros, suministradores, transportistas, empresarios de diverso tipo, etc. Este hecho va ligado a una serie de factores sociales, políticos y culturales de gran trascendencia para toda la península ibérica como fueron el final del largo proceso de la reconquista cristiana, el reparto de propiedades y ámbitos de poder entre la Corona y la nobleza, o el descubrimiento y colonización de América. Como producto evidente de este proceso podemos destacar la construcción de la gran catedral hispalense, las reformas de numerosas iglesias priorales de los núcleos urbanos más importantes del reino, la consolidación de monasterios y conventos que ejercieron un dominio productivo y económico del territorio, la consolidación de una importante red de circulación entre ciudades, o la creación de una potente infraestructura de abastecimiento de materiales, de lugares de intercambios como puertos y la explotación de vías fluviales, todos ellos con un significativo impacto en la economía y el comercio (Rodríguez Estévez 2007).

Esta comunicación es resultado de una metodología sistémica que se basa en los antecedentes anteriores², y que intenta seguir avanzando en el análisis de la influencia de los factores presentes en este proceso de transformación territorial y arquitectónica, y en especial de los distintos agentes y sus papeles en las fábricas tardogóticas, ya sea por estar vinculados a su programación simbólica, su construcción o a su financiación, tanto desde el punto de vista de la construcción como de los factores físicos-geográficos que los

² Es decir, aplicamos un conjunto de métodos que permite definir un modelo de la realidad a partir de una selección de los sistemas y subsistemas que la configuran, introducir una clasificación útil de éstos y desarrollar herramientas para analizarlos. En nuestro caso, un sistema podría ser por ejemplo la red de comunicaciones, y un subsistema la red de caminos o rutas marítimas. Este trabajo es parte de un proyecto más amplio titulado “Modelos Digitales de Información – SIG y Grafos – aplicados en el patrimonio. La fábrica edilicia en el antiguo reino de Sevilla en el tránsito a la Edad Moderna”, vinculado al proyecto del Plan Nacional HAR2012-34571 y HAR2016-78113-R, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

condicionan (Ferreira Lopes y Pinto Puerto 2017; Ferreira Lopes et al. 2016a; Ferreira Lopes et al. 2016b). Se aportarán algunos resultados en tres líneas: 1) la configuración de las rutas, caminos más frecuentados y núcleos de producción que estructuraban entonces la península ibérica; 2) sobre las hipótesis de las conexiones más frecuentes entre Sevilla y Lisboa como reflejo de la complejidad territorial peninsular; 3) en relación al estudio de maestros que transitaron entre el Antiguo Reino de Sevilla y Portugal. Para ello hemos utilizado un modelo de organización de datos relacional en el cual la arquitectura tardogótica es estudiada a una macro escala de la Península Ibérica y a una micro escala que enfoca la Baja Andalucía y su entorno inmediato. El modelo espacio-temporal se basa en una base de datos y en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permitirá consultas y análisis (métricos, topológicos, geo-temporal, visibilidad, conectividad, etc.) con el fin de proveer al investigador de una herramienta para la investigación historiográfica que tiene como medio de trabajo el digital. La plasticidad de la metodología aportada en el tratamiento de los datos es, sin duda, uno de los factores claves que presenta mayor dificultad, pero que puede contribuir a mejorar y hacer más complejos los procesos de investigación que se encuentran en expansión y abiertos a hallazgos de nuevos de datos.

Conexiones de la Península Ibérica. Caminos y rutas

Los grandes ejes comerciales europeos no van a sufrir cambios notables hasta principios del s. XV. En todo el s. XIV se concentran los dominios comerciales genovés, hanseático y portugués. En el XV, la preponderancia de los genoveses seguirá, no obstante, ocupando una cierta importancia comercial en la Baja Andalucía, beneficiándose de la ruta entre Italia y Flandes que pasaba por el estrecho, de la exploración del Atlántico medio con la conquista de Canarias (segundo tercio del XIV), de las relaciones con el Mangreb occidental (Ladero Quesada 2000, 78-86) y posteriormente con las rutas entre los puertos béticos y portugueses, con Southampton o Brujas. Lo cierto es que el papel de Sevilla solo será realmente significativo a partir del XV, pues antes era “más que un puerto entre otros, su actividad marítima, una actividad entre otras, no la más importante” (Chaunu 1983, 24)

Asimismo, los tráficos hacia Galicia y la costa Cantábrica, principalmente el comercio vizcaíno con Flandes y Inglaterra, también se intensificaron (Ladero Quesada 2000, 72-79). La comunicación entre Cantabria y Portugal a finales del XV y principios del XVI

podría ser también otra ruta importante a considerar, dado que, en este periodo, como afirma Genin, cerca de 80% de los operarios activos en las principales obras de Portugal venían de Cantabria (Genin et al. 2011, 544). Asimismo, esa misma ruta por mar, en su continuación hacia Sevilla podría ser la vía principal para la emigración al Sur, aunque esas rutas comerciales con el Norte no seguirán un ritmo ascendente a partir de las últimas dos décadas del XVI, al entrar en decadencia, hasta que a principios del XVII ocurrirá una ruptura.

La comunicación con Génova a través del Estrecho hizo que la Baja Andalucía, y especialmente Sevilla por su posición estratégica junto al Guadalquivir, estuviera habituada al comercio internacional, principalmente con Italia, mientras al norte quedaban Inglaterra y Flandes. La influencia de ciudades marítimas como Venecia, Génova, Pisa, o Amalfi conseguirán mantener los contactos internacionales con el mediterráneo e incentivaron el crecimiento de otras ciudades como centros comerciales. El enriquecimiento de los comerciantes, de la propia nobleza y por supuesto de los obispos, sobre todo a partir de la mitad del XV, fue otro factor importante para que la gran oleada de maestros europeos llegase a Castilla. Todas las actividades comerciales que se realizaban en Sevilla a finales del XV habían “atraído a la ciudad una primera gran oleada de inmigración, totalmente asimilada a finales del siglo XV” (Chaunu 1983, 25).

A partir del primer tercio del XV, los altos cargos de las grandes fábricas en Castilla son, en su gran mayoría, ocupados por maestros extranjeros (Alonso Ruiz 2011, 45). En este periodo, las grandes fábricas receptoras de esa oleada de maestros son León, Palencia y Sevilla. El proceso de transferencia del conocimiento de estos profesionales será también a partir del último tercio, las bases para la formación de los nuevos maestros que actuarán en la Península (Alonso Ruiz, 2005). En ese momento, el crecimiento del comercio andaluz fue la antesala hacia la apertura para América, como bien ha señalado Chaunu: “[...] un profundo movimiento interior que conduce, insensiblemente, el centro de Castilla cada vez más hacia el Sur. El ritmo de esta evolución hay que cargarlo al activo del Atlántico hispanoamericano. Prolonga, ciertamente, la colonización medieval de las tierras ganadas a la España musulmana” (Chaunu 1983, 15).

A mediados del siglo XV, se definen dentro de la Península Ibérica cinco entidades políticas: la Corona de Castilla, la Corona de Aragón y los Reinos de Navarra, Granada y Portugal. Con el reinado de los Reyes Católicos se consiguen las bases para el futuro Estado Moderno, reforzando y ampliando la centralidad, al mismo tiempo que comienza

los avances en la conquista del Atlántico. En este contexto, la Reconquista y la conquista de América, se activa también en la península la influencia de la producción arquitectónica europea, significativamente a partir de la tercera década del XV, momento que también coincide con el inicio del proyecto de la Catedral de Sevilla. La producción de obras artísticas, arquitectónicas y de ingeniería han dejado su huella en el territorio con un vasto número de modelos y tipologías de edificios: catedrales, conventos, capillas funerarias, castillos, torres, puentes, hospitales, palacios, etc. Ese fenómeno se alarga en la Península hasta la segunda mitad del siglo XVI, pero continuará su difusión en América, donde nuevos condicionantes incentivan la creación de otros modelos y técnicas que, sin embargo, mantendrán un interesante vínculo con los precedentes peninsulares (fig. 1).

Estas dinámicas de flujos e intercambios pueden quedar más explícita si visualizamos en un mapa donde las redes terrestres formadas por las vías de comunicación en la península quedan influenciadas por las redes marítimas y fluviales. Con el uso de la herramienta SIG, quedan trazadas de forma aproximada las rutas marítimas, y digitalizados los caminos por tierra documentados en el Repertorio de los Caminos de Villuga (Villuga 1543; Villuga 1950)³. En este sentido, hemos podido comprobar la importancia de determinadas trayectorias mediante el análisis de densidad – cuanto más se repite un trayecto en el repertorio de Villuga, este adquiere mayor densidad e importancia en el mapa– podemos observar algunos ejes principales: Lisboa – Valladolid – Burgos; Lisboa – Toledo – Valencia – Barcelona y Lisboa – Toledo – Zaragoza – Barcelona. Con bastante menos intensidad aparece el eje en cual nos centraremos más adelante: Sevilla – Lisboa, lo que podría indicar quizás una mayor comunicación vía marítima como ya indicaba Norberg-Schulz (Vieira da Silva 1989, 32) cuando relata las rutas de transportes portugueses por el mediterráneo a finales del XV y Braudel al afirmar que la conquista del atlántico empezó con la conquista del mediterráneo (Braudel 2015).

³ Sabemos que el documento de Villuga no es una fuente completa de todos los caminos existentes en este momento, sin embargo, es significativa en el sentido de que además del mapa acompaña el listado de trayectorias y una clasificación de los “núcleos” que nos servirá para realizar análisis espaciales y geométricos. Una de las grandes lagunas que podemos observar, en el marco entre Portugal y Castilla y con el Reino de Sevilla es la ausencia de caminos, por ejemplo, entre Mérida y Badajoz dirección hacia Évora – que conectaría el eje Huelva-Sevilla-Lisboa (Collantes de Terán Sánchez 2008, 98) – problema que se repite también en la Cartografía de Meneses de 1576, como bien apunta Uriol Salcedo (Uriol Salcedo 2001, 202) pero que ya en la “Descripción y Cosmografía de España” de Hernando Colón sí aparece; y los caminos hacia el Sur, que comunicarían Sevilla con Jerez y los caminos por la costa. Estas lagunas se quedan más visibles cuando a ese mapeo añadimos la capa de la producción arquitectónica de este periodo, lo que nos permite visualizar como “una foto fija” otras muchas conexiones existentes.

Transferencias e intercambios entre el antiguo reino de Sevilla y Portugal.

Definidas algunas variables del cuadro espacial de las conexiones de la Península Ibérica, importa ahora acercarnos a otra escala, con una menor delimitación espacial que abarca los dos polos que pretendemos relacionar, Sevilla y Lisboa. A esta escala encontramos muchas dificultades en el plano de la documentación, que hasta ahora no han podido ser totalmente solucionadas⁴. En este sentido, primeramente, vamos a intentar definir las conexiones más probables entre estos dos importantes núcleos de producción, pues presentan características que los tornan bastantes similares a mediados del s. XVI, mediante datos históricos y análisis espaciales a través del modelo SIG. Posteriormente, a modo de ejemplo, nos centraremos en un maestro concreto: Juan del Castillo (João de Castilho).

Lo que podemos comprobar con los datos en el modelo SIG es que curiosamente los “núcleos” categorizados por Villuga como Capital, Pueblo importante y Pueblo pequeño (Villuga 1543; Villuga 1950) se distribuyen a lo largo del camino entre Sevilla y Lisboa con una distancia entre ellos de 25 a 35 km, lo que corresponde aproximadamente al tiempo de viaje de una jornada. Estos lugares reseñados son factores determinantes para el viaje una vez que son puntos de descanso, aprovisionamiento y al mismo tiempo de posibles “escalas” de trabajo o de contactos. Estos datos nos ayudarían a estimar el tiempo de viaje, y nos proporciona la información de un viaje por tierra que llevaría entre 12 a 15 días de viaje. Si mediante la herramienta calculamos la ruta de menor coste⁵ observamos que esta coincide con el trazado del tramo del camino de Villuga que conecta Sevilla hasta Paymogo, diferenciando una ruta alternativa que se diferencia de ésta un máximo de 20 km hacia el sur entre Paymogo y Lisboa. Si consideramos la existencia de los núcleos y caminos marcados por Villuga, y calculamos su densidad, y superponemos a esas informaciones los edificios o parte de ellos que han sido construidos en ese periodo

⁴ Entre las lagunas de documentación faltan las fechas de muchas actividades/obras realizadas. Por ejemplo, no sabemos hasta ahora con precisión las obras realizadas por Diego de Riaño durante su estancia en el territorio portugués, ni los detalles de las actividades de Castillo por Andalucía o Extremadura. También carecemos de datos espaciales de calidad en el terreno portugués, para que podamos incluir mayores números de variables aparte de las pendientes y marismas.

⁵ La ruta de menor coste sería la ruta de menor esfuerzo y más rápida entre dos puntos. Para este ejemplo en concreto hemos considerado dos variables, las pendientes y las marismas. Es decir, la ruta de menor coste pasaría por donde la pendiente es más favorable y a la vez por áreas donde no existen marismas que suelen estar inundadas durante buena parte del año. Los análisis de ruta de menor coste han sido ya ampliamente realizados, ver los trabajos de Murrieta-Flores et al. 2017, Herzog 2013, Van Leusen 2002.

cronológico veremos que algunos no se encuentran próximos de los caminos de Villuga, pero sí relacionados con las calzadas romanos o con las rutas fluviales, como es el caso de la producción del sur y noroeste del antiguo reino de Sevilla. Además de esta variante de Paymogo, existe otro camino alternativo por Badajoz. Es decir, habría dos opciones de caminos probables por tierra: 1) Desde Lisboa pasando por Montemor, Évora, Estremoz hasta alcanzar Badajoz⁶ para después seguir hacia Mérida (tramo que no aparece en Villuga) y bajar a Sevilla, lo que supone un viaje de cerca de 440 km – aproximadamente 15 días de viaje; 2) Desde Lisboa pasando por Torrão, Serpa dirigiéndose a Paymogo – Niebla⁷ – Espartinas, hasta Sevilla, un camino con 350 km – aproximadamente 12 días de viaje (fig. 2).

A esta misma aproximación, debemos añadir la complejidad y las dinámicas de la navegación a través del río y mar que se dibujaban entre Sevilla y Portugal y entre Sevilla y el Atlántico Sur, que no se restringen solo a su prolongación hasta Cádiz, sino que va más allá - hasta el Cabo de San Vicente, Canarias e islas cercanas y Gibraltar⁸. Como bien relata Chaunu, desde Sevilla – hasta Sanlúcar o Cádiz – con una distancia fluvial de aproximadamente 90km, no se trataba un recorrido de fácil travesía, sino todo lo contrario, pues en ese trayecto se superponen una serie de variables físico-geográficas, pero también de infraestructura, economía y técnicas que van a interferir en su navegabilidad, principalmente para los navíos con cargamento. El puerto de Sevilla en realidad no está ubicado únicamente en el área cercana a la Torre del Oro, sino que se extiende a lo largo de Guadalquivir con “múltiples puertos” (Chaunu 1983, 31). De todo ese recorrido nos interesa principalmente tener en cuenta que, en relación con el transporte de personas, diariamente “parte una barca de Sevilla en dirección a Sanlúcar, mientras otra llega, procedente del antepuerto” (Ibid., 34). Lo que nos parece todavía difícil de precisar, y de incluso estimar, es el tiempo que podría llevar la comunicación vía marítima desde Sevilla hasta Lisboa. Sabemos que, desde Cádiz o Sanlúcar, las rutas de ida iban por el sudoeste para “tomar cuanto antes los alisios” tomando la retaguarda

⁶ El trayecto Lisboa – Badajoz por ese mismo recorrido fue realizado por el rey don Sebastián de Portugal en 1576 y duró 7 días de viaje (Uriol Salcedo 2001, 203).

⁷ La bóveda central de la iglesia parroquial de Santa María de Niebla presenta un diseño muy próximo al de la Capilla de la Antigua de la Catedral de Sevilla, mientras esta ciudad asume un papel muy importante en la gestión del territorio, como es el caso de esta ciudad en el camino hacia Portugal (Infante Limón 2016).

⁸ En este marco marítimo se observa un importante flujo de la actividad de cabotaje, principalmente entre las costas onubenses y gaditana, y las tierras portuguesas del Algarve y Alentejo. Esas dos últimas están relacionadas principalmente con el comercio del trigo desde finales del s. XIII, la importación desde tierras sevillanas, potenciadas en el s. XV (Collantes de Terán Sánchez 2008).

en Lagos para luego alcanzar San Vicente. A la vuelta, la ruta pasaba por Faro hasta alcanzar el Puerto de Santa María. Con la consulta de datos de viajes por mar similares y coetáneos⁹ podemos llegar a estimar entre 7 y 10 días el tiempo ocupado en ir de Sevilla hasta Lisboa (viaje con carga ligera).

Si proseguimos analizando las conexiones territoriales en conjunto con al tránsito de los maestros del tardogótico podremos observar los probables caminos que han realizado como factor a considerar en relación a las influencias de las obras que han podido ser conocidas por ellos¹⁰, o como posible verificación de las atribuciones a partir de los datos de las fechas de sus actividades. Delinearemos a continuación el caso de Juan del Castillo.

El maestro inicia su carrera en la fábrica de Burgos junto a Simón de Colonia (Nunes da Silva 2016, 121). Algunos investigadores apuntan la hipótesis de fue a trabajar junto con Colonia a Sevilla (Ibid., 122)¹¹ antes de iniciar su carrera por Portugal. De Sevilla, seguiría a Setúbal junto con Alonso Rodríguez (1508)¹² (Rodríguez Estévez 2010), estando luego documentada su presencia en Braga, Vila do Conde, Tomar, Lisboa, Alcobaca, Batalla y Mazagão. Con la base de datos relacional construida hemos podido recopilar, consultar y visualizar los eventos relacionados con las actividades de Juan Castillo, un total de 27 eventos, 5 de ellos no documentados (atribuidos) y visualizarlos en el modelo SIG a partir de intervalos de rastreos (fig.3).

Conclusiones

En esta breve presentación, la investigación muestra como a partir de una base de datos relacional, los resultados de los análisis confluyen en una cartografía dinámica que, con

⁹ Hemos podido hasta ahora recopilar algunos datos para esta aproximación pero que en el caso de análisis de viajeros (y no de navíos con cargamento) nos deja una laguna de datos temporales importante. Sabemos que desde Sevilla hasta las Canarias (aprox. 1300km) en mediados del XVI se podría tardar cerca de 12 días (viaje con carga) (Chaunu 1983, 207) y que un viaje desde Lisboa hasta Sanlúcar duraba 18 días (aprox. 500km, viaje con carga) durante el mes de septiembre (Chaunu 1959, 50).

¹⁰ Una investigación relativamente similar a esta es el proyecto *Mapping the lakes: a Literacy GIS* que tiene como objetivo testear la tecnología SIG para comparar obras literarias de diferentes autores según los sitios que han visitado. Para más detalles de este proyecto ver Cooper et al. 2016 y Murrieta-Flores et al. 2017.

¹¹ Puede que sea el mismo Juan de Castillo registrado como cantero asentador en el taller de la Catedral de Sevilla (Rodríguez Estévez 1996). Nunes da Silva, recientemente ha realizado una recopilación de las hipótesis planteadas acerca de la posible ida de Castillo a Sevilla y a Santiago de Compostela (Nunes da Silva 2016).

¹² El 5 enero de 1508 el arzobispo de Sevilla pide al maestro que visite a Ayamonte y le concede la licencia de traer de Portugal muestras de sus canteras y en 24 de mayo consta que pagaron al maestro la ida a Setúbal (Jiménez Martín 2006, 96-97). El camino más probable tomado por Alonso Rodríguez sería el que pasaba por Paymogo y no por Mérida (fig. 2).

la entrada de datos, permiten observar progresivamente el fenómeno tardogótico en su conjunto. Los primeros resultados obtenidos de este sistema de trabajo han aportado algunas nuevas miradas que permiten mejorar y concretar el conocimiento del intercambio de saberes y técnicas en la arquitectura entre Portugal y el antiguo Reino de Sevilla. Pero el éxito de este sistema de trabajo y herramienta requiere de la participación e interacción de los investigadores, y de la adaptación de la información existente al formato de datos que son operativos en este nuevo medio. El dato, adquiere aquí un protagonismo mayor, pues es el material base que cada investigador puede encontrar relacionado en estos sistemas, obteniendo a cambio nuevas formas de análisis que podrán revertir en conocimiento. La dimensión del problema abordado es enorme, y supera el ámbito de lo abordable por una tesis o el proyecto que la arroja, por ello, lo expuesto pretende ser una muestra de sus posibilidades.

El modelo SIG debe ser entendido como una herramienta para el estudio, no se trata de un modelo cerrado, sino que pretende auxiliar principalmente en la creación o confirmación de hipótesis y a matizar interpretaciones. La aplicación de los SIG en el estudio de la historia de la arquitectura representa un importante desarrollo. No obstante, hasta hace relativamente poco tiempo los estudios realizados en este campo eran todavía muy escasos, limitándose apenas a la visualización de los datos georreferenciados. Avanzando de la representación puntual de los datos hacia la representación del análisis de los mismos -en este caso caminos y flujos-, es un paso adelante tanto en la aplicación de la herramienta como en los estudios del fenómeno del tardogótico. Dado la complejidad de ese momento histórico, esas herramientas son idóneas para su investigación, una vez que son capaces de representar esos espacios, la información cronológica relacionada a ellos y conectarla con el medio-físico para entender como los agentes se trasladaban por el territorio.

Referencias

Alonso Ruiz, Begoña ed. 2011. *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América*. Madrid: Sílex.

Alonso Ruiz, Begoña. 2005. Los talleres de las catedrales góticas y los canteros del norte. En *Actas del II Encuentro de Historia de Cantabria*, coord. Jesús Ángel Solorzano Telechea y Manuel Ramón González Morales, 707-728. Santander: Parlamento de Cantabria-Universidad de Cantabria.

- Braudel, Fernand. 2015. *El Mediterráneo y el mundo mediterráneo en la época de Felipe II*. México D.F: FCE - Fondo de Cultura Económica de España.
- Chaunu, Pierre. 1959. *Séville et l'Atlantique (1504-1650)*. T. IV. Paris: S.E.V.P.E.N.
- Chaunu, Pierre. 1983. *Sevilla y América siglos XVI y XVII*. Utrera: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Collantes de Terán Sánchez, A. 2008. "Papel del Atlántico en la configuración de Andalucía" *Historia, Instituciones, Documentos*, 35, 85-105.
- Cooper, D., Donaldson, C., y Murrieta-Flores, P., eds. 2016. *Literary Mapping in the Digital Age*. Abigdon, UK, NewYork: Routledge.
- Díaz Quidiello, José. dir. 2009. *Atlas de la Historia del Territorio de Andalucía*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. 2017. Creación de un modelo de información relacional de la red tardogótica. Avances, problemáticas y soluciones. En *Obra Congrua*, eds. Enrique Rabasa Díaz, Ana López Mozo y Miguel Ángel Alonso Rodríguez, 365-377. Madrid: Juan Herrera.
- Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suarez, J. L. 2016a. Seeing Andalucía's Late Gothic heritage through GIS and Graphs. En *Digital Humanities 2016: Conference Abstracts*. Krakow: Jagiellonian University & Pedagogical University, 501-504.
- Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F., Jimenez Mavillard, A. y Suarez, J.L. 2016b. Aplicación de nuevos modelos digitales para el conocimiento del patrimonio tardogótico en Andalucía. En *actas del Congreso Euro-Americano REHABEND 2016. Patología de la Construcción, tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio*, eds. Luis Villegas, Ignacio Lombillo, Haydee Blanco y Yosbel Boffil, 178-185. Burgos: Universidad de Cantabria y la Universidad de Burgos.
- García Cuetos, María Pilar. 2011. Raíces del tardogótico castellano. La arquitectura europea en el contexto del último gótico: ¿una arquitectura paneuropea? En *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América*, ed. Begoña Alonso Ruiz, 17-42. Madrid: Sílex.
- Genin, Soraya, Moreira, Rafael y Jonge, Krista de. 2011. As igrejas-salão portuguesas. A inovação de João Castillo. En *La arquitectura tardogótica castellana entre Europa y América*, ed. Begoña Alonso Ruiz, 543-572. Madrid: Sílex.
- Herzog I. 2013. Theory and practice of cost functions. En *CAA2010: fusion of cultures: Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Granada, España, Abril 2010*, eds. F. Contreras Cortés, M. Farjas y F.J. Melero. Oxford: Archaeopress, 375-382.
- Infante Limón, E. 2016. La cabecera tardogótica de la parroquial de Santa María de Niebla (Huelva): una obra promovida por el arzobispo fray Diego de Deza. En *1514, Arquitectos tardogóticos en la encrucijada, Sevilla*, eds. Begoña Alonso Ruiz y Juan Clemente Rodríguez Estévez. Sevilla: Universidad de Sevilla, 237-248.
- Jiménez Martín, A., Collantes de Terán Sanchez, A., Rodríguez Estévez, J.C., Pinto Puerto, F., Ruiz de la rosa, J.A. y Ampliato Briones, A. L. 2006. *La Catedral Gótica de Sevilla*: Fundación y Fábrica de La Obra Nueva. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Vicerrectorado de Investigación. Ladero Quesada, Miguel

- Ángel. 2000. *Andalucía a fines de la Edad Media*. Cádiz: Servicio de Publicaciones Universidad de Cádiz.
- Moreira, R. 1991. *A Arquitectura do Renascimento no Sul de Portugal. A Encomenda Régia entre o Moderno e o Romano*. Dissertação de Doutoramento, FSCH da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Murrieta-Flores, P., Donaldson, C. E. y Gregory, I. N. 2017. "GIS and literary history: advancing digital humanities research through the spatial analysis of historical travel writing and topographical literature" *Digital Humanities Quarterly*, 11(1).
- Nunes da Silva, Ricardo J. 2016. Entre dois lados da fronteira: a presença de João de Castilho na obra do Hospital Real de Santiago de Compostela (1513). En *1514, Arquitectos tardogóticos en la encrucijada, Sevilla*, eds. Begoña Alonso Ruiz y Juan Clemente Rodríguez Estévez. Sevilla: Universidad de Sevilla, 121-136.
- Rodríguez Estévez, J. C. 1996. "Los canteros de la obra gótica de la catedral de Sevilla (1433-1528)" *Laboratorio de Arte*, (9), 49-71.
- Rodríguez Estévez, J.C. 2007. El gótico catedralicio. La influencia de la catedral en el arzobispado de Sevilla. *La piedra postrera*. Tomo 1. Sevilla: Turrís Fortísima., 175-256.
- Rucquoi, Adeline. 2014. «Por la nasción de España»: Castilla en el concierto europeo del siglo XVI. En *Arquitectura tardogótica en la corona de Castilla: trayectoria e intercambios*. eds. Begoña Alonso Ruiz y Fernando Villaseñor Sebastián. Santander: Universidad de Cantabria, 15-32.
- Sanz Camañes, Porfirio coord. 2012. *Atlas histórico de España en la Edad Moderna*. Madrid: Síntesis.
- Uriol Salcedo, José I. 2001. *Historia de los Caminos de España*. Madrid: Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.
- Van Leusen, P. M. 2002. Cartographic modelling in a cell-based GIS. En *Computing the Past: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, eds. Andresen, J., Madsen, T. y Scollar, I. Aarhus: Aarhus University Press, 105-123.
- Vieira da Silva, J. C. 1989. *O Tardo-Gótico em Portugal. A arquitectura no Alentejo*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Villuga, Juan. 1543. *Repertorio de todos los caminos de España en el año de gracia de 1543*. Barcelona: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, R: RL 3419. (Consulta 14/05/2014).
<http://cartotecadigital.icgc.cat/cdm/singleitem/collection/espanya/id/2618/rec/1>
- Villuga, Juan. 1950 [1543]. *Repertorio de todos los caminos de España*. Madrid: Reimpresiones Bibliográficas.

Ferreira Lopes, P. y Pinto Puerto, F. (2018, en prensa). Intercambio de maestros, saberes y técnicas entre las fábricas de la baja Andalucía y Portugal en los siglos XV y XVI. Aportación a partir de un modelo digital de la información. *Da Traça à Edificação*. Lisboa.

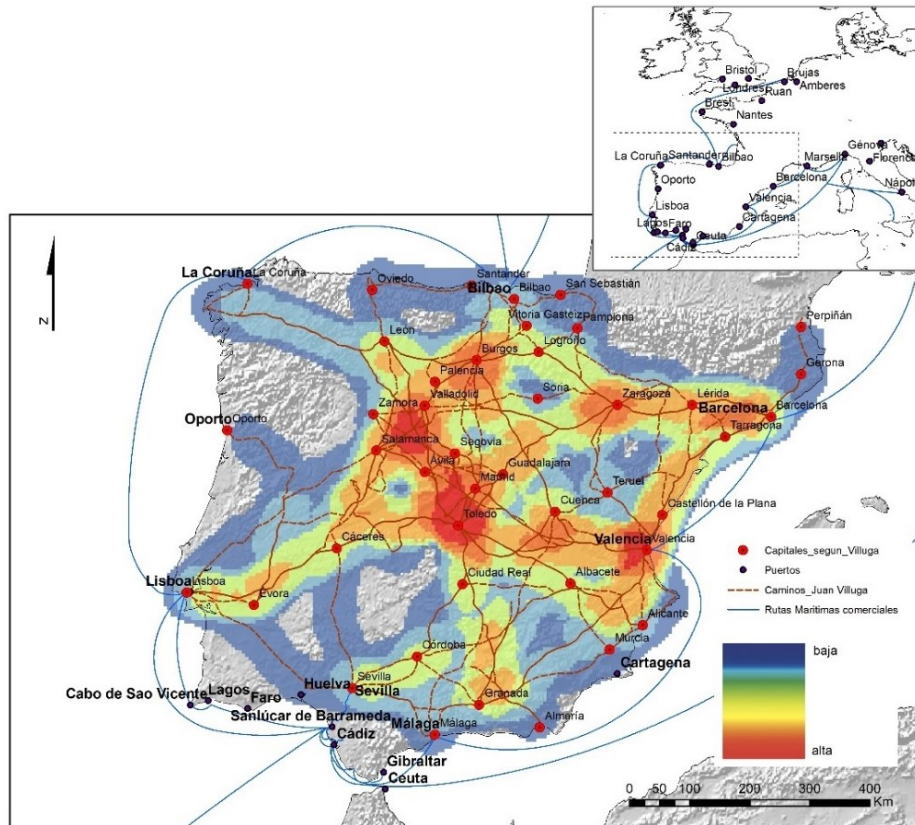


Fig. 1 > Mapa con las principales rutas marítimas en mediados del s. XV y s. XVI (datos tratados a partir de Ladero Quesada 2000, 79; Chaunou 1959, 1-58; Sanz Camañes 2012; Díaz Quidiello 2009) y caminos por tierra y cálculo de densidades del Repertorio de Juan Villuga de 1543. Patricia Ferreira-Lopes, 20/02/2018, © todos los derechos reservados.

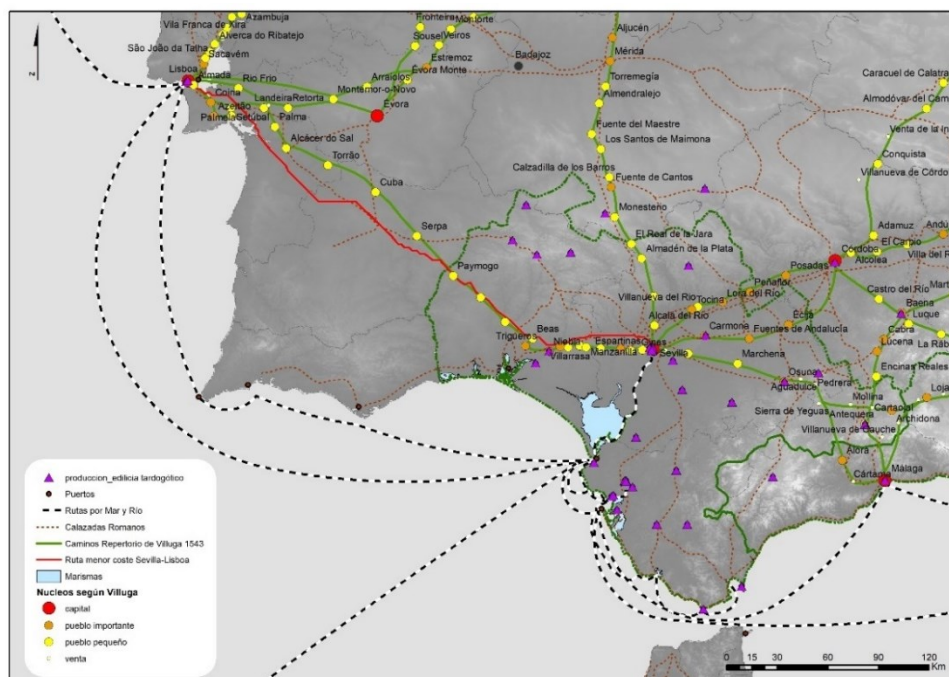


Fig. 2 > Análisis da ruta de menor coste entre Sevilla y Lisboa considerando como criterios influyentes la topografía y las marismas. Patricia Ferreira-Lopes, 20/02/2018, © todos los derechos reservados.

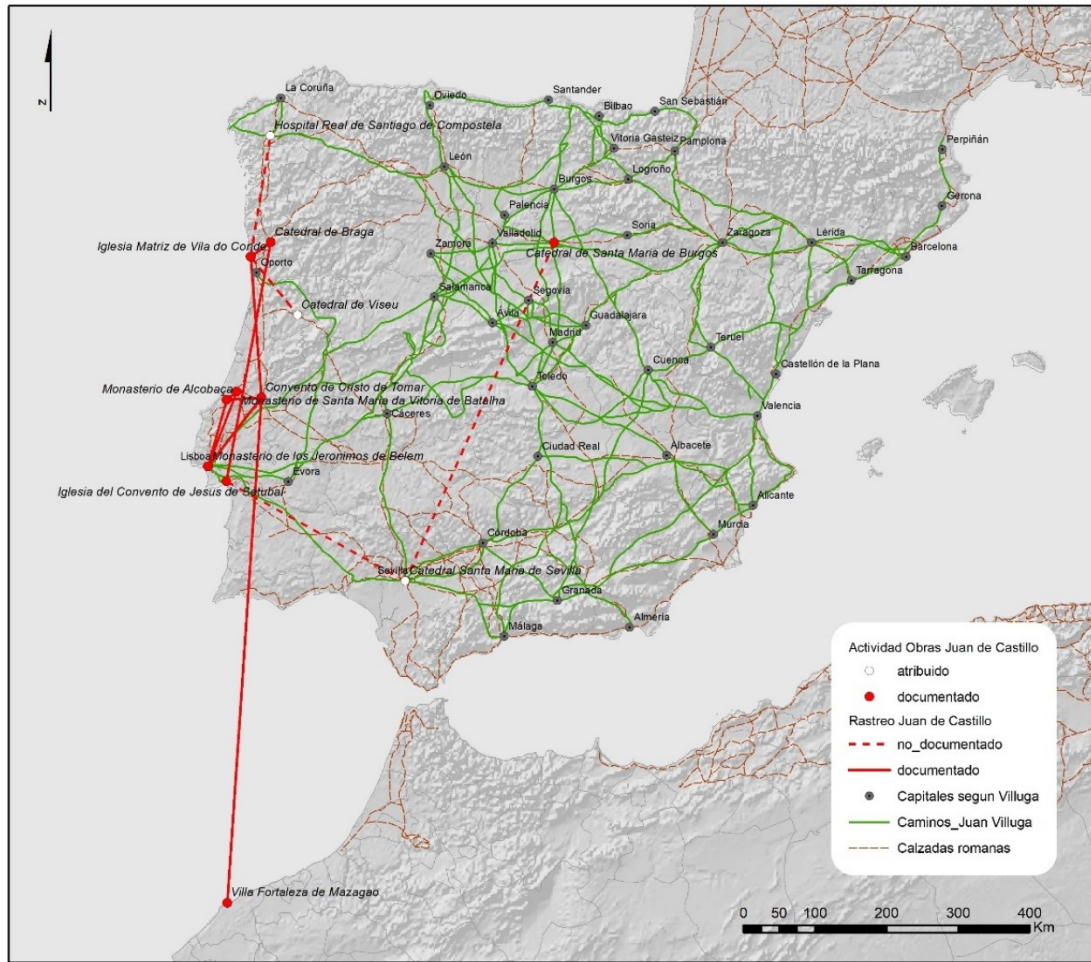


Fig. 3 > Mapa que muestra el rastreo de las actividades de Juan de Castilla, observase tanto los eventos documentados cómo las hipótesis de atribución. Patricia Ferreira-Lopes, 20/02/2018, © todos los derechos reservados.

HISTORICAL SDI, THEMATIC MAPS AND ANALYSIS OF A COMPLEX NETWORK OF MEDIEVAL TOWERS (13TH-15TH CENTURY) IN THE MOORISH STRIP

P.W. Ferreira-Lopes¹ *, J.F. Molina Rolazem¹

¹ IUACC, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, 41012 Sevilla, Spain – (pwanderley, jfmolina)@us.es

Commission IV, WG IV/3

KEY WORDS: GIS, Historical SDI, Spatial Data Analysis, Visibility, Medieval heritage, Towers of Moorish Strip

ABSTRACT:

This work is part of an investigation into the use of GIS for the documentation and comprehension of medieval architectural heritage in the ancient Kingdom of Seville. The research was done in the framework of the project "Sustainable guardianship of cultural heritage through digital BIM and GIS models: contribution to knowledge and social innovation", an interdisciplinary project focused on the applications of information technology in architectural heritage in Spain. The study case of this paper is located in the Guadalquivir valley during the period between 13th and 15th centuries. It concerns the Moorish Strip site, fortified by the Christian Kingdom of Castile with the aim of creating a barrier with the Moorish Kingdom. Its deteriorated state has led us to create a historical and spatial database in order to contribute to its conservation management plan. Apart from the historical documentation research and the data gathering, intensive fieldwork was also done to collect information about the buildings. In this paper we present a Historical SDI to investigate the hypothesis that the spatial patterns of the Moorish Band obey rules of "inter-visibility" control. Some analysis has been done on the site scale, such as: i) a thematic map of building material; ii) a spatiotemporal analysis; iii) the density of the distribution of towers over the territory; iv) a simulation of the territory visibility from the towers; v) the inter-visibility among towers; iv) thematic maps using attribute values. These analyses permitted us to highlight the need to create a preservation plan that should consider the network visibility system as an important value for heritage interpretation and knowledge.

1. INTRODUCTION

This project presents the description and analysis of the Moorish Strip, built by the Christian Kingdom of Castile and Leon between the 13th and 15th. centuries, a system of defensive architecture located in the Guadalquivir valley [about 47.2484 ha]. It is part of the R&D&I research project "Sustainable management of cultural heritage through digital BIM and GIS models: contribution to knowledge and social innovation" - HAR2016-78113-R. This project's aim is to explore the application of these digital models, fundamentally based on BIM (Building Information Modelling) and GIS (Geographic Information Systems) to the integral and sustainable management of the heritage guardianship: from an element or set to territorial scale figures. From this integral proposal, we centre our attention on the heritage knowledge area, the origin of other guardianship actions, and on its transfer to the diverse disciplines involved (Pinto Puerto, 2018).

In this context, this work is focused on the application of GIS, and aims to apply them both as a registering tool and for the preservation of heritage information and knowledge of heritage considering its territorial scale and its view of the whole. Particularly, in our study case, the documentation is an important part of the project, as many of the towers are very deteriorated or do not now exist. Thus, documenting them also acquires heritage value, enabling the preservation of their historic and architectural memory. This is useful for their management and their dissemination as a tourist resource as well. In this way, we provide the valuing of their signification in their context with a view to understanding them as a

"cultural landscape". On the other hand, the analysis of the data will lead us to a deeper knowledge, as well as contributing to the systemisation and standardisation of the information compiled.

In previous projects, we have been able to model the activities of the agents related with the architectural production in the changeover to the Modern Age, between the middle of the 14th and 15th centuries (Ferreira Lopes and Pinto Puerto, 2018). On a territorial scale, religious, military and civil buildings or quarries, were associated with the DBMS, also considering other attributes and their geolocations (*event-based model*). On the other hand, a historical SDI which contemplates historic data about the administrative divisions, dioceses, roads, production nuclei and the phases of the reconquest was also digitalised and georeferenced (*snapshot model*). This study, in conjunction with the investigation "Defensive architecture on the frontiers of the Kingdom of Seville during the late Middle Ages" (Molina Rozalem, 2016), has enabled the combination and systematisation of a historical SDI subject referring to the defensive architecture and its context.

Apart from the historical documentation research and the data gathering, intensive fieldwork was also done during the last four years in order to collect the information about the buildings. This rich data set led us to connect and visualise this defence system with other constructions built in the same period to carry out thematic maps.

The GIS analysis will permit us to highlight the need to create a preservation plan that should consider the network visibility

system as an important value for heritage interpretation and knowledge.

In general terms, the project has three main objectives:

- To create a historical SDI of the medieval towers in the Moorish Strip.
- To understand the defensive architecture as a system, by analysing and verifying its connections with other entities in its natural, social and political context.
- To provide data and analysis for conservation and management strategies.

At the instrumental level, the specific objectives are:

- To generate an interoperable, reusable and expandable historical SDI.
- To ensure access to the data by publishing them.
- To identify new hypothesis and future research lines.

2. THE MOORISH STRIP DEFENCE SYSTEM

During the 13th century, and especially from the middle of this century, the great military conquests led by Ferdinand III and Alfonso X in the Guadalquivir Valley and their later occupation and incorporation into the Crown of Castile had originated a new historic context, not only due to the creation of a new "frontier framework" with the Kingdoms of Jaén, Córdoba and Seville, but also because of the consolidation of the Nazari Kingdom of Granada. In this way, almost from the beginning, a first frontier was created between both Kingdoms. A frontier, moreover, that surpassed the political area, and which deepened the cultural, religious and political differences. The presence of this living frontier with Granada gave rise to the appearance of a series of typical and specific features of the new lands that would last throughout all the lower Middle Ages and which would constitute the very essence of the history of Andalusia.

This frontier was not only a closed and immutable world, from its formation in the 13th century until its disintegration at the end of the 15th century it was in constant transformation. It was a regional phenomenon with numerous local particularities which determined "small frontier realities that, some more isolated than others, meant nothing at all, but related between them reveals to us the existence of certain lines of behaviour applicable in general to all the frontier of Granada" (García Fernández, 1989: 41).

From the 13th century we see that the documentary and historical sources identify Andalusia as the "Frontier of Castile" (Vázquez Campos, 2003: 515), naming it interchangeably with the terms "Frontier" or "Andalusia". This term is not going to apply generically to the territories of the south peninsula, but to the lands of the Guadalquivir valley. The identification went so far that in times of Alfonso XI all the Major Governors of the region were designated as "Frontier" Majors.

This frontier built up a society organised by and for war, as had been taking place in the different territories submitted to the vicinity of the enemy, only that in this case the war organisation had to be prepared to maintain a frontier for more than two hundred and fifty years. To do so, a complex system

of fortification was established, distributed throughout Andalusia, which responded to a previous organisation of territorial defence. These were fortifications which had typical properties that determined and characterised them according to the specific needs of each frontier sector.

The main aim of our study is limited to the strip or sector of this frontier, specifically the western, which will end up being called "The Moorish Strip". Manuel González Jiménez defines this expression well: "Probably, from the conquest of Antequera at the beginning of the 14th century the «Moorish Strip» corresponded to the section of the frontier between the Guadalhorce and Guadalete rivers(...). So, in a more restricted and exact sense, the «Moorish Strip» was the set of frontier territories which depended on the jurisdiction of Seville: Morón, Osuna and Cote, at some time in the 13th century (...), and, during a good part of the 14th and 15th centuries, Matrera and Arcos" (García Fernández et al, 1996: 13).

The birth of this frontier and the relative depopulation of Lower Andalusia and all the frontier strip led Alfonso X to concede to the military orders the main villas and castles of the zone to entrust them with their defence. In this way, the strategic castle of Matrera went to the Order of Calatrava in 1256, the same as the castle of Pruna had done three years before and that of Osuna would do in 1264. The village de Estepa passed to the Order of Santiago in 1267, Morón and Cote to that of Alcántara in 1279, and Alcalá de los Gazules and Medina Sidonia to the Order of Santa María de España in 1272 (García Fernández et al, 1996: 18-23). Later, a line of towers and small castles located in the first frontier line and which would act as outlook points would be added to these fortified villages of relative importance (Valor Piechotta, 2002: 31).

In spite of this accelerated process of isolation and confrontation of both societies, as was to be expected it did not halt the relations between peoples of both camps/margins, given that as well as sharing the same territory, in many cases there was kinship and friendship. The frontier was at the same time a marginal zone full of danger, incursions of looting, "raids" for the Muslims and "cavalcades" for the Christians, local reprisals and also a space for cohabitation between traders, farmers, shepherds, hunters and soldiers. This was also a zone of imprecise limits where danger was latent because violence predominated over the safety that pacts, local in most cases, could offer (Figure 1).

In brief, we are dealing with a strip, a space between two frontiers, or a no man's land, which frequently was uninhabited or uncultivated but was an open road to pacific or warlike movement in one or the other direction. This extensive unpopulated land, both in the Castilian zone and in the Granada zone, was what we could call "the living and real frontier" of the two Kingdoms.

The exact locations of the Castilian-Nazari frontier during the lower Middle Ages is difficult to locate due to the continuous instability and mobility which characterised it during all its existence. Add to this the fact that the frontier demarcation was not precisely supported by natural features. Although each sector, each frontier enclave knew where the jurisdiction of the land that it controlled began and ended, in practice this demarcation was rarely respected, causing many conflicts.

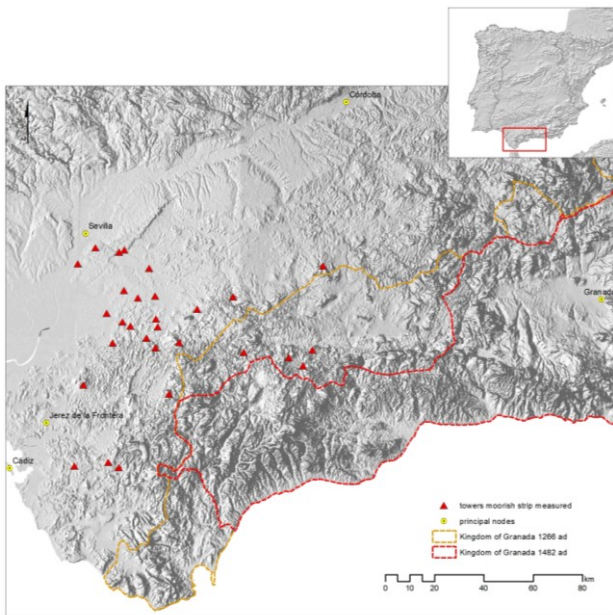


Figure 1: Location of the towers of the Moorish Strip.

2.1 Architectural Models

The analysis of the towers of the Moorish Strip has enabled us to draw important conclusions about their form and function. It is considered that there is a tower model with common construction norms. Though until the beginning of the 14th century the Sevillian outlying areas had based their defence on the pre-existing Muslim fortresses (partially rebuilding them), at the beginning of this century, at least in the sector of the countryside, Seville was involved in a quite notable construction process, in view of the number of fortresses built and their characteristics. This indicates a planned strategy.

The imposition of this building programme is backed by the common characteristics detected. Of the thirty towers which have been measured and for which planimetry has been elaborated, thirteen have the same construction pattern, divided into two groups according to their size. All of them belong to the Council of Seville except the tower of homage of Morón, sponsored by the Crown.

The group of larger council towers is made up of the towers of Gandul, Utrera, el Bao, Alcantarilla, el Águila, Lopera, las Aguzaderas and Morón. Morphologically, they are towers with very nearly square rectangular floor plans, maintaining an almost identical proportion between their sides and with their stairwells on the longest side. There is a sole access, which is on the ground floor, and, almost always, in the centre of the longest side. The stairwell is located to the right of the main access and is separated from the rest of the space by a wall that is narrower than the perimeter wall, a square interior space being left. This leads to an upper chamber and a roof which has a total height of around 15 metres in all the towers analysed. The upper chamber would serve as the main floor, where most of the garrison would be lodged (Figure 2).

The perimeter walls are of a considerable thickness - around two metres - as they are their main defence. These walls have three layers, the exterior ones made in ashlar and which act as

formwork, and the interior ones filled with mortar, rubble and earth. The majority of these towers have their corners reinforced with well-carved, inversely overlapping ashlar stones. Furthermore, some of them, such as those of Lopera and el Águila, have an exterior masonry of large and good quality ashlar stones, although in the rest ashlar with generally well cared for joints are more abundant. All the towers have a base constructed with nobler and larger ashlar to strengthen the foundation.

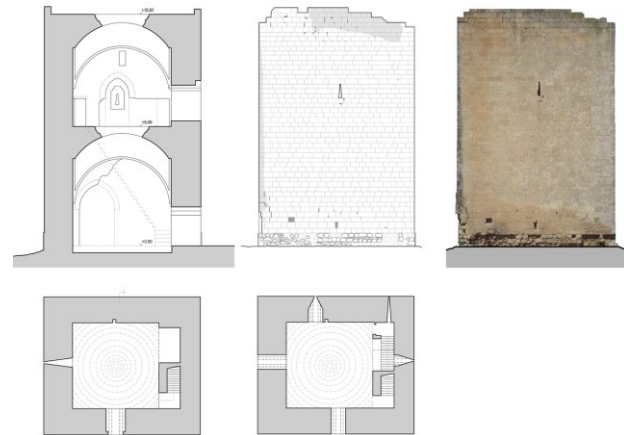


Figure 2: Torre Lopera in Montellano, Seville. Floor plans. Section and photogrammetric elevation.

Regarding the exterior contour, the hermeticism of the fortifications is noted, having only a few arrow-holes, although in most of the towers there is always a side which has a larger window. These windows are located invariably in the upper chamber over the access gate, fulfilling the function of vertical defence. Added to these defences are the machicolations, mainly placed over the windows that are above the access, helping to hinder the entrance into the tower.

The similarities continue being remarkable inside. The square space which is left, excluding the stairwell, is covered in the great majority of cases by a lobbed vault. This also occurs in the upper chamber. When analysed from the point of view of metrology, these interior measures have given us equally interesting results. We have noted that this group of larger council towers are mainly related by their construction measurement unit. This seems to be the Burgos rod, its multiples and submultiples (increased rod, half rod, step, foot and palm).

The similarity in the execution of the lobbed vaults is perhaps one of the factors that is most noteworthy. They are vaults made of well-carved ashlar (in some cases with bricks) over semi-circular arches standing out from the facing of the wall, finishing in an invert strip which transmits the weight to the adjacent walls. The system used is exactly the same in the majority of the council vaults examined. Another common interior feature is the niche that projects from under the stairs, taking advantage of the space which remains to gain height. The dimensions of the niches change but they are always located in the same place, at the back as we enter and to the right of the lower chamber and they have the same form of pointed arches.

In the group of smaller towers - Marchenilla, los Herberos, Membrilla, el Bollo and Quintos – the same patterns are followed, reproducing the same model, but on a smaller scale. This implies that the perimeter walls are narrower (about a metre) and that the total height decreases, remaining below fourteen metres. The characteristics are basically identical: a sole access, stairs on the longest side and separated from the interior space by a narrower wall, few arrow-holes, an interior division into two chambers (both square floor plans and covered by a lobbed vault), and an absence of battlements.

The main divergences of this group of towers with respect to those that are larger is precisely due to their smaller dimension. For example, there is not space for the pointed arch niche under the stairs (except in the tower of Marchenilla). The contrast is also in the lack of defensive elements, such as machicolations, and the use of construction materials of poorer quality, such as brick or rammed earth instead of ashlar stone. This would be justified by the lesser weight that they had to support, their dimension being less and having smaller spans. In most cases, an ashlar base continues being constructed to settle the weight and act as a foundation.

The lack of external defences indicates that the function of these small towers was limited almost exclusively to vigilance. They were surely not devised to shelter the population or livestock in the case of attack. These smaller towers were with good reason located close to the city of Seville, so the likelihood of attacks was much less.

As well as these towers, whose similarity is surprising, there are others which show divergences. These are the towers of homage of el Coronil, of Molares and of la Troya. The former due to its very small size and the renovations undergone in its low zone during the 15th century, the second due to continuous transformations which have made it almost unrecognisable. Finally, that of la Troya has a tower model with a greater floor plan but lower. The upper floor of the el Coronil tower is like a copy in miniature of the towers previously described: a cover of lobbed vault in ashlar, an entrance in the centre of one side and a stairwell to the right, a pointed arch niche below the stairs, a decoration of lateral modillions in the door, etc. For its part, the los Molares tower conserves the interior of the square lower floor plan, whose dimensions are very similar to those of the second group and that is covered by a brick lobbed vault. This room is one of the few vestiges that is conserved of what must have been the original 14th century tower.

3. METHODOLOGY

The preliminary step to building the spatial database of the system of towers was: i) the field work to obtain the data of the towers because their historical documents (cartography, plans, etc.) were not found; ii) the compiling, selecting and structuring of historic data. In this case data related with the promoters and an approximate chronology of the towers were found; iii) the design of the alphanumeric database. In total 30 towers were visited, and their metric data and geolocation were registered. These data were obtained using the following measurement tools: a laser distance measure, a GPS, sketches and high definition photographs. Afterwards we digitalised the floor plans and sections using CAD tools. The historic data and the classification of the towers were organised in the fields of

the database designed. In this case, this was a spatial database organised in an *.xls* format. For this study the following fields/information of each tower were selected: name/denomination; X and Y coordinates; height of the tower; typology; model; chronology; promoter; main construction material; state of conservation. Due to the imprecision of the historic documentation, the chronology was registered with data which consider a range of half a century. After designing the attribute table, this was inserted in a GIS setting – in this project we have used the ArcGIS 10.6 set of software – and the WGS 84 coordinates were transformed (obtained by the GPS) for ETRS89 30N, datum used in Spain.

The data of the height of the towers were obtained via laser measurement, applying the triangulation method and verifying/adjusting them through the use of photographs. In most cases, we have achieved a quite precise measurement of the heights, in others, due to the bad state of conservation of the towers and the lack of historic documentation, we adopt the height of 13m based on the heights of floor plans which have survived, the number of these and the heights of analogous towers that have been conserved.

To carry out the GIS analysis, as well as the historic SDI of the defensive towers, of the DBMS and of the SDI (snapshot) of the context (Ferreira Lopes and Pinto Puerto, 2018), we have used the Spatial Reference Data of Andalusia (DERA) for the geophysical information of the territory: Digital Terrain Models (DTM), orography, hydrography, lithography, territorial limits and urban nuclei.

4. SPATIOTEMPORAL ANALYSIS

Having created the geodatabase of the defensive towers, we begin to verify their relations with the physical environment, their attributes/characteristics and the interrelations between them.

One of the relations that we wanted to analyse was their nearness to rivers and streams. Using the tools offered by the ArcMap, we have been able to verify that the maximum distance of these towers from a source of water is approximately 1,7 km, and that, of the 30 towers, the distance between 0.5 – 0.8 km (close to 13 towers) predominates. This is therefore an important factor considered for the construction of the towers.

Regarding the construction material, it can be visualised, via a classification according to the "construction material" field of the attribute table, that those which are in the highest points were constructed with ashlar, while those that are lower used brick and rammed earth (Figure 3). This is due to the towers in high places being in rocky or semi-mountain zones where it tends to be easier to obtain the construction material, unlike the low zones. Added to this is the model of these towers, those of ashlar being mainly larger.

As to the chronology, 50% of the towers measured were built in the first half of the 14th century and are concentrated in the south-west of Seville (Figure 4). Those towers that were constructed in the first half of the 15th century are located close to the frontier with the Kingdom of Granada (frontier of 1492).

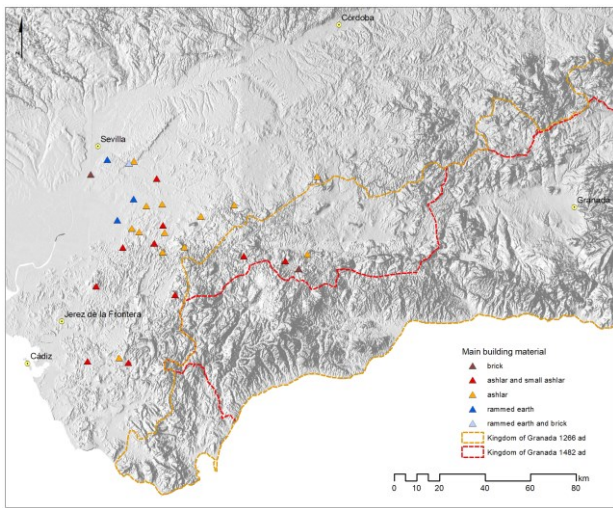


Figure 3: Thematic map of the main building material of the towers.

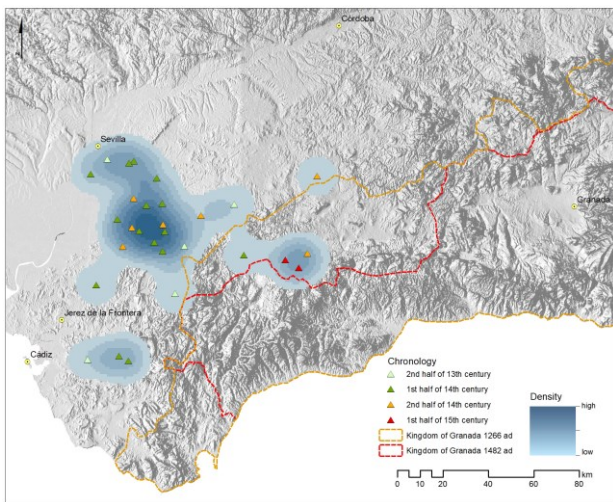


Figure 4: Thematic map showing the chronology of the towers and their location density.

4.1 Visibility

One of the analyses which we implemented was the “Visibility” (Arctoolbox - Military Tools), considering the curve of the Earth, limiting the distance to 20km, which would be approximate to the natural limitations of visual acuity (Kantner, J., Hobgood, R., 2016). We know that there are infinite variables, such as those related with atmospheric data, vegetation, contractions, etc. Nevertheless, those variables have not been able to be considered in this study.

We have used the DTM of the DERA of Andalusia to carry out the visibility analysis. The points with no visibility received value zero (0). The analysis shows the areas visible by 1 tower to 10 towers. A greater visual control is noted in the area towards the south and south-east of Seville, in the zone of the countryside of Utrera, creating a very compact zone which links with the towers close to the Guadalquivir valley whose topographic height is practically null and that would permit

warning in the case of attack. On the other hand, the analysis shows a great area between the historic frontiers of 1266 and 1492 with a null value (Figure 5). This latter data leads us to think of the existence of other possible towers in this area which must be in a very advanced state of degradation. Future archaeological works are required for them to be discovered. Implementing this same analysis but including the tower of the Giralda (65 m high during the Almohad Era) – located in Seville - which also fulfilled the function of a vigilance during the 14th and 15th centuries, a greater control of the surroundings of the city of Seville towards the north and north-east is noted. The analysis shows the areas visible from 1 to up to 11 towers (Figure 6).

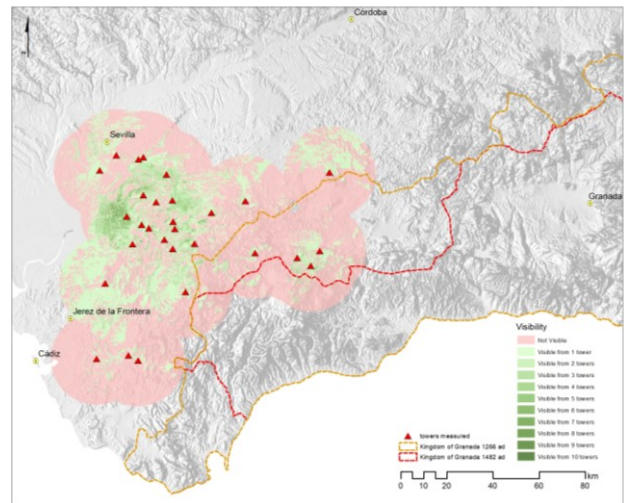


Figure 5: Visibility study from the towers, considering a limited distance of 20km and the earth's curvature.

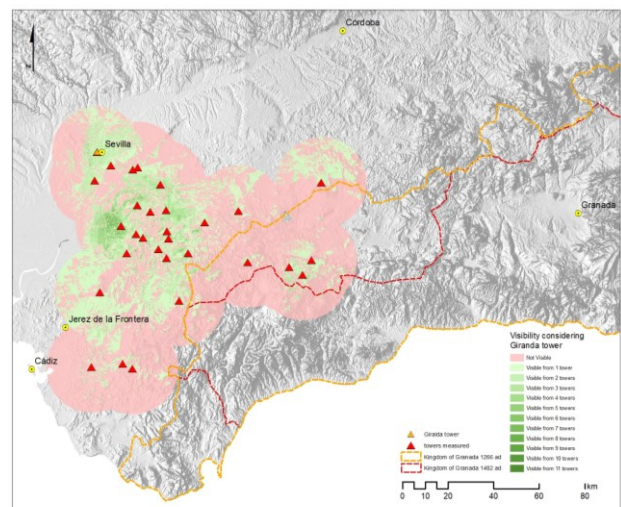


Figure 6: Visibility study from the towers, considering a limited distance of 20km, the earth's curvature and the Giralda tower.

To check the visual connection between the towers we implemented the “Lines of sight” tool. From this analysis we have been able to perceive the possible network of visual communication between the towers (Figures 7 and 8).

the Moorish Strip via the application of a digital tool, such as GIS.

The study's principal aim has been to understand the visual communication questions between the towers and to check the zones of most visual control via GIS to verify previous studies mainly carried out by historians. Likewise, the GIS application has made it possible to generate new questions and possible future research lines, such as the zones which, suspiciously, have very little visual control. This may indicate the areas of location of possible towers that have not yet been discovered.

The application of GIS and the analyses carried out show the validity of the use of this tool for the knowledge and understanding of historic, architectural and cultural questions/topics.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article has been carried out in the framework of the R&D&I Project HAR2016-78113-R funded by the government of Spain's Ministry of Economy and Competitiveness. The authors would like to thank F. Pinto Puerto and F. Arévalo from the HAR2016-78113-R project for their help in accessing historical documents and for their support during the research.

REFERENCES

- Ferreira Lopes, P., Pinto Puerto, F. 2018. GIS and Graph Models for Social, Temporal and Spatial Digital Analysis in Heritage: The case-study of Ancient Kingdom of Seville Late Gothic Production. *Digital Application in Archaeology and Cultural Heritage*, 9, pp. 1-14, doi.org/10.1016/j.daach.2018.e00074
- García Fernández, M. 1989. *El Reino de Sevilla en tiempos de Alfonso XI: (1312- 1350)*. Diputación Provincial de Sevilla, Sevilla.
- García Fernández, M., Mata Marchena, J. 1996. La banda morisca durante los siglos XIII, XIV y XV. In: *Actas de las II Jornadas de Temas Moronenses*. Fundación Municipal de Cultura Fernando Villalón, Morón de la Frontera, pp. 18-23.
- Kantner, J., Hobgood, R. 2016. A GIS-based viewshed analysis of Chacoan tower kivas in the US Southwest: Were they for seeing or to be seen? *Antiquity*, 90(353), pp. 1302-1317, doi.org/10.15184/aqy.2016.144
- Molina Rozalem, J.F. 2016. *Arquitectura defensiva en las fronteras del reino de Sevilla durante la Baja Edad Media*. Subdirección General de Publicaciones y Patrimonio Cultural, Ministerio de Defensa, Madrid.
- Pinto Puerto, F. 2018. La tutela sostenible del patrimonio cultural a través de modelos digitales BIM y SIG como contribución al conocimiento e innovación social. *Revista PH Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 93, pp. 27-29.
- Valor Piechotta, M. 2002. Las fortificaciones medievales en la Provincia de Sevilla. *Castillos de España: publicación de la Asociación Española de Amigos de los Castillos*, 125, pp. 27-34.

Vázquez Campos, B. 2003. Frontera y adelantamientos en época de Alfonso X. *Historia. Instituciones. Documentos*, 30, pp. 513-536.



HAR2012-34571 | HAR2016-78113-R | HAR2016-76371-P