

# *Didáctica de las matemáticas y arquitectura: la razón áurea en la Lonja de Valencia*

## *Didactics of mathematics and architecture: the golden ratio in la Lonja de Valencia*

**Paula Donat, Pilar Rueda**  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
paudogi@alumni.uv.es, pilar.rueda@uv.es

**Enrique A. Sánchez Pérez**  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
easancpe@mat.upv.es

---

### Abstract

*El objetivo del presente trabajo es doble. Por una parte, se pretende estructurar y relatar una experiencia docente de tutorización de un trabajo fin de grado de Matemáticas de la Universidad de Valencia. La característica principal del proyecto es que trata sobre ciertas propiedades geométricas de un edificio emblemático de la ciudad de Valencia. Concretamente se trata de analizar el proceso de planteamiento, concreción, documentación y elaboración del trabajo fin de grado seguido en dicha experiencia. Por otro lado, se pretende también analizar la metodología seguida para la obtención y valoración de los resultados derivados de una de las partes fundamentales del trabajo en cuestión: la descomposición armónica del edificio de la Lonja de la Seda en Valencia.*

*This paper has a twofold purpose. First, to structure and relate a teaching experience on the tutoring of a graduation work in Mathematics made in the University of Valencia. The main property of the didactic purpose involved in the project is that it deals with the geometric properties of a landmark building of the city of Valencia. Our aim is to analyze the process of formulation, firming up, documentation and elaboration of the work that was followed during this experience. Second, to analyze the methodology used to obtain and value the results that come from one of the fundamental parts of this work: the harmonic decomposition of the building named Lonja de la Seda in Valencia.*

---

**Keywords:** Grade final work, mathematics, Golden ratio, architecture, Lonja de Valencia.

**Palabras clave:** Trabajo fin de grado, matemáticas, razón áurea, arquitectura, Lonja de Valencia.

## 1. Introducción y contexto de la experiencia docente

En los estudios de matemáticas, al igual que en otros estudios universitarios menos abstractos, la interacción entre los conocimientos adquiridos y el contexto sociocultural puede convertirse en un vector importante en la motivación de los estudiantes. Además, las relaciones con otros ámbitos de la actividad intelectual, como el arte, incrementan el interés y la capacidad de contextualización de las materias estudiadas, lo que resulta fundamental para el posterior desarrollo profesional de los egresados. En la experiencia docente que se presenta en este trabajo, los dos aspectos motivadores están presentes. El estudio de ciertas propiedades geométricas de la Lonja de la Seda de Valencia (Figura 1) aúna el aspecto teórico matemático —las proporciones basadas en la razón áurea—, con cuestiones de arte, en el contexto cultural propio de la ciudad de Valencia. Por este motivo, pensamos que proponer este proyecto de trabajo a estudiantes del grado de matemáticas puede ser especialmente interesante para su futuro profesional.

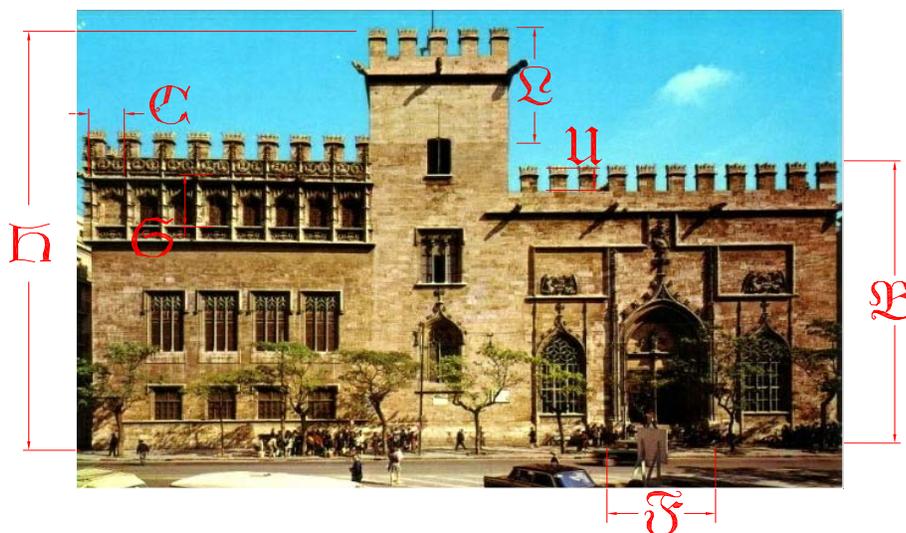


Figura 1: La Lonja de la Seda de Valencia.

Empezaremos la exposición de este trabajo explicando el contexto académico en el que se desarrolla. El Grado de Matemáticas de la Universidad de Valencia se inició en el curso 2010-2011, con una duración prevista de cuatro años. En su plan de estudios (Facultad de Matemáticas de la Universidad de Valencia) se incluye, en el cuarto curso de grado, la asignatura obligatoria “Trabajo Fin de Grado” (en sus siglas TFG), que es anual y consta de 12 créditos ECTS de duración, lo que se corresponde a 300 horas de trabajo para el alumno. Sin embargo, al profesor tutor le corresponden 0’65 créditos, lo que equivale a 6’5 horas de trabajo, que han de incluir las labores de preparación de la orientación del trabajo, las horas de tutoría con el alumno, así como la corrección de la memoria y de la exposición oral. El nuevo grado sustituye a la Licenciatura en Matemáticas, actualmente en extinción, y en cuyo plan de estudios no figuraba ninguna asignatura que se pudiera asimilar al actual TFG. Las directrices y funcionamiento del TFG en la Universidad de Valencia están establecidos en el Reglamento del trabajo fin de grado y se perfilan en las instrucciones específicas al grado de Matemáticas (Treball fi de grau de la Facultat de Matemàtiques, 2013). En el curso 2013-2014 finalizaba los estudios la primera promoción de graduados en Matemáticas, y a lo largo de dicho curso se realizaron los primeros TFGs de Matemáticas en los que la segunda autora participó como tutora.

En este trabajo pretendemos describir la labor docente desarrollada en la tutorización del

TFG en dicho curso 2013-2014, presentando su estructura desde el inicio mismo, consistente en la puesta en contacto de la alumna con la tutora, pasando por las fases de planteamiento, documentación y elaboración, hasta su defensa en el momento de su evaluación. El primer objetivo de este trabajo es el de analizar el proceso de tutorización de un alumno a lo largo de la elaboración de un TFG. Estudiaremos el caso concreto del trabajo fin de grado “Matemàtiques i Arquitectura: ulls matemàtics miren la ciutat de València”, realizado por Donat (2014) y dirigido por Rueda, en el que se hizo, por una parte un estudio minucioso desde el punto de vista de la proporción de uno de los edificios más emblemáticos de Valencia —la Lonja de la Seda—, y por otra parte, se modelizaron dos edificios pertenecientes a la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia. El segundo objetivo de este trabajo es establecer el proceso y la metodología que llevó a la modelización matemática que se hizo de la planta de la Lonja (Donat y Rueda, 2016). Los resultados obtenidos a partir de su descomposición armónica en rectángulos áureos justificaron plenamente la corrección del modelo propuesto.

El problema puede entenderse como un ejercicio de modelización matemática en sentido propio, en el que los OBJETOS que deben ajustarse al modelo —es decir, las realidades a modelizar—, son las construcciones arquitectónicas con ciertas características históricas, y el MODELO consiste en su descripción mediante rectángulos y transformaciones elementales de esos rectángulos que admiten relaciones entre sus partes que responden a la razón áurea. Así pues, podríamos decir que en este caso se desarrolla un ejemplo concreto de modelización mediante la descomposición armónica de rectángulos áureos, dentro de la clase de los edificios que responden a ese tipo de descripción geométrica. Nuestro planteamiento metodológico es por lo tanto el correspondiente al enfoque didáctico que considera la modelización como un instrumento para el aprendizaje de las matemáticas, así como de otros contenidos conceptuales; este enfoque ha sido estudiado y experimentado en muchos contextos educativos, desde la educación primaria hasta la universitaria, en este caso especialmente en la formación de ingenieros y tecnólogos (véanse Calabuig et al., 2014, y Sánchez-Pérez et al., 1999, y las referencias que aparecen en estos trabajos).

Sin duda alguna, una de las proporciones más estudiadas a lo largo de la historia es la proporción áurea, debido quizá a su extendida presencia en la naturaleza y a que siempre se ha asociado a cánones de belleza y armonía. Son muchos los ejemplos conocidos de construcciones cuyas proporciones se basan en la razón áurea, como por ejemplo el partenón de Atenas, la pirámide de Keops en Guiza o la torre CN de Toronto. Sin embargo, no encontramos en la bibliografía ninguna referencia a las proporciones utilizadas en la Lonja de Valencia, un edificio histórico de máximo interés; de hecho, creemos que este TFG es el primero que considera la Lonja desde el punto de vista de la proporción. El estudio de la Lonja realizado en el TFG se basa en la descomposición armónica de cuadrados y rectángulos ideadas por Jay Hambidge (Hambidge, 1967) del plano de la planta. Para llevar a cabo este estudio, se tomó como referencia de medidas las dadas por Ramírez (Ramírez Blanco, 2013) en su excelente trabajo “La Lonja de Valencia y su conjunto monumental, origen y desarrollo constructivo”. Nuestro trabajo mostró cómo diversas medidas de elementos estructurales de la Lonja se podían obtener sin más que considerar una única medida, que nosotros fijamos como el largo de la pared de la Sala de contratación de la Lonja, gracias a un proceso de descomposición en rectángulos áureos. En (Ramírez Blanco, 2013) se puede observar por un lado que la planta de la Lonja no es exactamente un rectángulo, dado que sufre desviaciones tanto en el largo como en el ancho, y por otro lado que hay errores de replanteo y desviaciones en la ejecución de algunas medidas como ocurre en la localización de las columnas del Salón de Contratación. Esto conlleva que cualquier intento de modelización de la planta tenga aparejados ciertos errores numéricos. Por ello, para realizar el estudio, se modelizó la planta aproximándola mediante un rectángulo.

Finalmente, y con el fin de explicar el contexto en el que se desarrolló la experiencia didácti-

ca explicada, debemos indicar que la evaluación de un TFG consiste, a parte iguales, en la valoración por una parte de la memoria depositada por el alumno, que contiene el detalle del trabajo, y por otra parte, de la defensa oral y pública del mismo ante un tribunal formado por tres profesores vinculados al grado. Uno de ellos es el propio tutor —que hace las veces de secretario del tribunal—; después actúa un segundo profesor perteneciente a la misma área de conocimiento en la que se encuadra el trabajo, y también un tercer profesor que pertenece a un área de conocimiento necesariamente diferente. La puntuación del trabajo se basa tanto en la memoria depositada como en su defensa, y ha de valorar tanto aspectos formales como de contenido. Cabe decir que el TFG del que trata este estudio obtuvo la calificación de 10 sobre 10.

## 2. Estructuración del proceso de tutorización

Parte de la tarea de tutorización se llevó a cabo a lo largo de varias sesiones de trabajo entre tutora y alumna, acontecidas en el despacho de la tutora. La labor realizada nos ha conducido a una reflexión sobre el proceso seguido y la posterior elaboración de este estudio, en el que estructuramos la experiencia docente de la siguiente forma:

- A) Planteamiento del proyecto a realizar.
  - a) Declaración de los intereses del alumno potencial, con el fin de poder plantear temas de trabajo concretos que sean afines a sus gustos y que además se adecúen a las directrices establecidas por la Facultad de Matemáticas en el reglamento de elaboración del TFG.
  - b) Planteamiento, tratando de delimitar diversas opciones, posibles temas afines a los intereses del alumno a partir de la propuesta inicial después de considerar sus preferencias.
  - c) Concretar mediante el consenso alumno/tutor el tema a tratar en el TFG.
  - d) Establecer los objetivos concretos del mismo.
  - e) Indicar al estudiante, grosso modo, una distribución temporal para su ejecución.
- B) Supervisión de la elaboración de la memoria.
  - a) Realización de una secuenciación del proceso a seguir para la consecución del trabajo por parte del alumno.
  - b) Establecimiento de las directrices sobre qué tipo de documentación se requiere y cómo tener acceso a ella.
  - c) Supervisión del desarrollo en la elaboración del TFG y posterior corrección.
- C) Supervisión de la elaboración de la exposición oral.
  - a) Indicación de las directrices sobre cuáles son los aspectos más importantes de la memoria a destacar en la presentación.
  - b) Corrección de la presentación.
  - c) Dar indicaciones sobre aspectos formales de la defensa: duración, saludos, cómo desenvolverse durante la defensa...

A continuación, explicaremos brevemente cada una de estas entradas exponiendo sus aspectos más destacables.

### 3. Planteamiento del proyecto a realizar

En la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Valencia, un alumno tiene dos vías para que le sea asignado un TFG concreto: o bien habla directamente con un profesor y le solicita la tutorización de un trabajo consensuado entre ambos, o bien establece una desiderata ordenada atendiendo a su propio interés, a partir de un listado que contiene diversos trabajos propuestos. En el caso que nos ocupa, la alumna optó por la primera vía.

#### 3.1. Intereses académicos de la alumna y planteamiento inicial

El primer contacto tutor/estudiante tuvo lugar en el curso académico previo al de elaboración y defensa del TFG. La alumna se presentó a la profesora y solicitó su tutorización en la elaboración del TFG durante el curso siguiente. Nuestra primera consideración fue conocer los intereses de la alumna para poder proporcionarle temas afines a sus gustos matemáticos. La estudiante declaró su interés por las aplicaciones de las matemáticas a la arquitectura.

#### 3.2. Planteamiento de diversas opciones

Partiendo del núcleo de interés “aplicaciones de las matemáticas a la arquitectura”, planteamos a la alumna las siguientes opciones:

1.- El estudio de las proporciones en las construcciones más representativas, para lo cual se requería de conocimientos de Análisis Matemático I y Variable Compleja, así como el uso de programas para la realización de gráficos y su manipulación. Se consideró que el AutoCad resultaría apropiado. Este estudio podía centrarse tanto en las plantas como en las fachadas de los edificios, y se podía plantear desde distintas perspectivas:

- 1a.- Desde un punto de vista local, delimitando a priori un área geográfica y haciendo el estudio de los edificios ahí ubicados de mayor interés con respecto a sus proporciones.
- 1b.- Desde un punto de vista global, cuyo objetivo fuera el estudio general de las proporciones y aportar ejemplos arquitectónicos ubicados en cualquier lugar del mundo.
- 1c.- Considerar diferentes estilos arquitectónicos según su cronología y tratar de establecer las pautas, en el caso de encontrarlas, representativas de las proporciones seguidas en cada estilo y su posible evolución.

2.- La modelización de edificios actuales cuyos diseños responden a (una combinación de) figuras geométricas conocidas. Para la realización de dicha tarea se requería Algebra Lineal, Análisis Matemático II y un conocimiento profundo de las cónicas y las cuádricas, vistas en la asignatura de Geometría Diferencial. También era imprescindible el manejo de asistentes matemáticos con ordenador. En nuestro caso se pensó en el Mathematica, debido a que se trabaja con dicho programa en la asignatura Herramientas Informáticas del grado.

3.- Estudio de las ornamentaciones en construcciones singulares, tanto en fachadas como en interiores. Este estudio se podía plantear desde el punto de vista de la modelización de los motivos geométricos ornamentales o estructurales de edificios, y conectaría con Análisis Matemático I y II, Algebra Lineal y Geometría Diferencial. También requeriría el uso de un asistente matemático como el Autocad o el Mathematica.

### 3.3. Concreción del tema

Tras debatir las distintas opciones y planteamientos del futuro TFG, se establecieron dos líneas de trabajo:

1.- La primera tendría una vertiente más clásica y estaría centrada en el estudio de una proporción concreta: la proporción áurea, debido a su interés general y el gran impacto que ha tenido desde el punto de vista estético. Como ejemplo de construcción con proporción áurea se buscaría un edificio singular dentro de la Comunidad Valenciana, para así contribuir de forma transversal al conocimiento de su patrimonio desde el ámbito universitario. La elección del edificio fue complicada dado que buscábamos un edificio que, claro está, debía adecuarse al estudio que se pretendía realizar, pero que también fuera de gran valía no solo desde el punto de vista arquitectónico, sino que fuera además representativo de la cultura valenciana. Tras varios intentos fallidos en la búsqueda de un edificio que reuniera estos requisitos, finalmente la Lonja de Valencia resultó ser idónea para nuestros propósitos. Se trata de un ejemplo destacado de la arquitectura civil gótica. Edificio emblemático para la ciudad de Valencia, fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1996 (La Lonja de la Seda de Valencia, 1996). Además, comprobamos que felizmente se adaptaba al tipo de estudio que se pretendía realizar.

2.- Una segunda línea de trabajo cuya finalidad fuera la modelización de algunos de los edificios más vanguardistas del panorama arquitectónico valenciano. Para ello dirigimos nuestra atención a la Ciudad de las Artes y las Ciencias (Ciutat de les Arts i les Ciències). Con ello pretendíamos centrar el trabajo en la ciudad de Valencia, tal y como habíamos hecho ya con la línea anterior, y poner de relieve parte de su patrimonio arquitectónico. En esta ocasión los edificios seleccionados fueron el restaurante submarino del Oceanogràfic y el Hemisfèric.

### 3.4. Objetivos del TFG

En un TFG es fundamental establecer los objetivos concretos que se pretende alcanzar. Como se ha indicado, en nuestro caso eran:

- 1.- El estudio de la proporción áurea en la Lonja de Valencia.
- 2.- La modelización del restaurante submarino del Oceanogràfic y del Hemisfèric.

Además de estos propósitos generales, era necesario detallar toda una serie de objetivos específicos que permitieran un avance estructurado y progresivo en la elaboración del trabajo.

En relación al primer objetivo, se plantearon los siguientes puntos específicos:

1a.- La elaboración de una teoría formal de la proporción, desde un punto de vista puramente matemático. Si bien encontramos algunos textos con estos contenidos, éstos carecían en general del rigor que buscábamos obtener en el trabajo a realizar.

1b.- La formalización de descomposiciones armónicas, principalmente de rectángulos, fundamentales para el estudio de la proporción en la Lonja. Para ello planteamos el detalle minucioso y riguroso del método de las diagonales planteado por el artista estadounidense Jay Hambidge (Hambidge, 1967).

1c.- El estudio propiamente dicho del edificio de la Lonja. Se dividió en dos grandes bloques; por una parte el análisis de la planta del edificio y por otro el de su fachada principal.

Respecto al objetivo segundo, se plantearon los siguientes puntos específicos:

2a.- Elaborar un estudio pormenorizado tanto de las cónicas como de las cuádricas, junto con su clasificación y ecuaciones reducidas.

2b.- Realizar la modelización propiamente dicha del restaurante submarino del Oceanogràfic y del Hemisfèric, con el detalle del proceso seguido.

### 3.5. Distribución temporal

Una vez establecidos el tema y los objetivos, el planteamiento temporal propuesto al alumno consistió en un primer periodo de búsqueda de información, datos y trabajo personal con los que luego elaborar el cuerpo del trabajo. Para ello se propuso el uso tanto de buscadores y bases de datos de internet (google, google académico, trobes (del servicio de bibliotecas de la UV), MathSciNet, Wikipedia, así como páginas de la web (del Ayuntamiento de Valencia principalmente), como de bibliotecas in situ de la Universidad de Valencia, de la Universitat Politècnica de València y de la red de bibliotecas municipales de Valencia. Este periodo abarcó en torno a los seis meses durante los cuales la alumna realizó el grueso del trabajo, y en el que se establecieron sesiones de seguimiento a razón de dos horas semanales de tutoría. A continuación se procedió a la redacción de la memoria. En este punto la labor de tutorización consistió tanto en establecer su estructura como su posterior corrección. Este proceso de redacción requirió en torno a los dos meses. El editor de texto utilizado fue Latex, que es el usual y más extendido para la elaboración de textos matemáticos. Las figuras correspondientes a descomposiciones de planos y fachadas se realizaron con Autocad, mientras que para los trabajos de modelización se usó Mathematica. Finalmente se supervisó la elaboración de la presentación oral, que se acompañó de transparencias realizadas con Latex, en las que se insertaron parte de las figuras correspondientes a los planos y fachada de la Lonja, así como los modelos matemáticos del restaurante del Oceanogràfic y del Hemisfèric. Se hizo un ensayo previo a la defensa donde se indicó a la alumna la estructura que debían seguir la defensa oral y el protocolo a seguir en la misma: saludo al tribunal y a las personas presentes en la sala, exposición del tema central tratado en la memoria, sus objetivos concretos, y una selección adecuada de contenidos que mostrara los aspectos más importantes y los resultados de la misma. También se dieron indicaciones para superar con éxito la fase de preguntas del tribunal, así como directrices generales de cómo desenvolverse durante la defensa (volumen de voz y entonación, postura frontal al tribunal y público...). El proceso completo para la preparación de la defensa se estimó en dos o tres semanas.

## 4. Modelo analítico de la Lonja de Valencia

### 4.1. Planta de la Lonja

Recordemos que el método de descomposición armónica de Hambidge consiste en trazar una diagonal de un rectángulo y un segmento que parte de un vértice y que corte a dicha diagonal en un ángulo recto. Mediante una iteración ordenada de dicho proceso se puede trazar la denominada espiral logarítmica dentro del rectángulo de partida. Nuestro mayor interés en el trabajo, no es tanto la Simetría Dinámica relacionada con la espiral logarítmica de Hambidge, sino la obtención de una sucesión de rectángulos recíprocos, no necesariamente consecutivos, mediante el uso de las ideas de Hambidge. Nosotros no hemos considerado simplemente recíprocos consecutivos de modo que formen una espiral en el rectángulo inicial, sino también cualquier otro rectángulo recíproco simétrico obtenido durante la descomposición aunque no se ordenen según la espiral inicial. En cierto modo, la idea consiste en considerar todas las diferentes espirales que se pueden dibujar en un rectángulo. Este tipo de formalización es usual en matemáticas, y en este caso queda justificada dado que de este modo evitamos tener que tomar una espiral para cada uno de los elementos arquitectónicos. Así pues, teníamos dos opciones: considerar bien

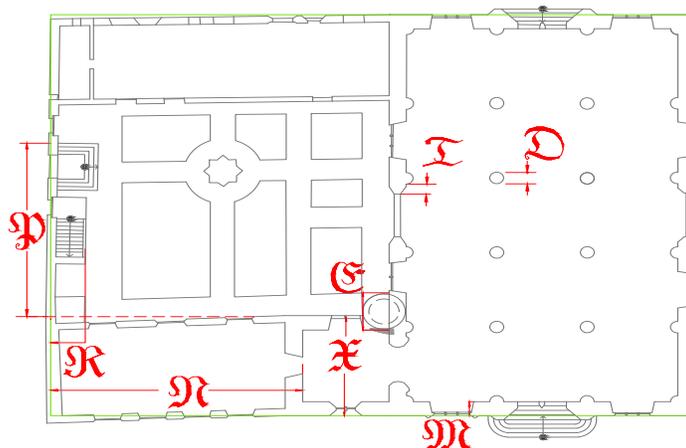


Figura 2: Plano de la Lonja [Basado en (Ramírez Blanco, 2013)].

una formulación más sencilla con una espiral para cada elemento arquitectónico, o bien una única formulación, aunque más compleja, del método de Hambidge que cubre a la vez todos los elementos trabajados. Nuestro criterio fue seguir esta segunda formulación más general. Este punto de vista ha sido usado por otros autores como de la Fuente (2008).

El modelo rectangular por el que optamos para realizar el TFG estaba basado en los planos que figuran en (Ramírez Blanco, 2013). Dadas las desviación que sufre la Lonja tanto en el largo como en el ancho de su planta, debíamos decidir cuál iba a ser la nueva ubicación de los muros. Las posibilidades eran: tomar las mayores de las medidas, las menores de las medidas o medidas interpoladas. La opción elegida fue la de medidas interpoladas cuyo criterio fue el de dar continuidad a la parte de los muros originales que guardan paralelismo (ver Figura 4). El resultado fue un triángulo áureo, que serviría como marco para las sucesivas descomposiciones armónicas realizadas. A partir de estas descomposiciones obtuvimos expresiones para las medidas señaladas en la Figura 4.

El rectángulo áureo inicial considerado para realizar la descomposición armónica fue el correspondiente a la planta del Salón de Contratación, que incluye los muros, con la ínfima salvedad de que unos de sus lados llega hasta la parte exterior de la puerta de acceso al Jardín de los Naranjos, lo que deja fuera una pequeña franja de muro que puede observarse en la Figura 4. La medida inicial tomada para comenzar a hacer el estudio es el largo de dicho rectángulo, que llamamos  $a$  y que se corresponde con el largo del Salón de Contratación. Concretamente, en (Donat y Rueda, 2016) se presentan las fórmulas matemáticas, expresadas en función únicamente de  $a$  y de la razón áurea  $\phi$ , de los siguientes elementos: la ubicación de las columnas del Salón de Contratación, el largo del Salón del Consulado del Mar, el diámetro de la escalera de caracol que da acceso a las plantas superiores de la torre, las medidas de la torre, las medidas de la escalera de piedra que hay en el Jardín de los Naranjos y el ancho de los muros en el Salón de Contratación.

Una vez obtenidas las fórmulas, procedimos a realizar el contraste de medidas. En primer lugar, para calcular  $a$  sumamos la medida de la parte interna del muro —tal y como figura en (Ramírez Blanco, 2013)— más dos veces la medida de los muros, que obtuvimos mediante una regla de tres haciendo uso de las escalas de los planos en lanco. Posteriormente, sustituimos dicho valor de  $a$  en las fórmulas obtenidas y los valores resultantes los contrastamos con los

valores que resultaban de combinar por un lado las medidas que aparecen en lanco de elementos cercanos y por otro nuevas medidas de ajuste obtenidas principalmente mediante el escalado de los planos que ahí aparecen.

## 4.2. Fachada de la Lonja

Para realizar el estudio de las proporciones de la fachada principal de la Lonja se recurrió a una fotografía que figura en la página web del Ayuntamiento de Valencia (véase la Figura 1: fuente: Ajuntament de València), para lo que se nos pusimos previamente en contacto con el propio ayuntamiento, que nos manifestó el uso público que se podía hacer de dicha fotografía y, en particular, su uso para la realización el estudio planteado.

El primer problema que se planteó fue cómo trasvasar la medida  $a$  utilizada como largo del Salón de Contratación a la fachada principal dado que a priori la fachada no la contiene. Para ello se recurrió en su lugar al largo del Consulado del Mar, cuyo valor trasdós coincide con la base de uno de los rectángulos recíprocos internos del rectángulo áureo que enmarca la fachada. Las sucesivas descomposiciones armónicas realizadas en la fachada tuvieron como dificultad principal el acotar los elementos a delimitar por la descomposiciones. Las cotas que aparecen en la Figura 1 resumen el trabajo realizado en (Donat y Rueda, 2014) con respecto a la fachada.

Así, la altura del Salón Columnario puede tomarse a priori con o sin almenas, o bien intradós (interior) o trasdós (exterior), al tener o no en cuenta las alturas de los techos y suelos. La forma de considerar las medidas influirá necesariamente en la interpretación de los resultados finales obtenidos. En el caso del Salón Golumnario se optó por considerar las medias extradós. Para analizar el portón trasdós de entrada se consideró el encuadre que suponía no solo la puerta propiamente dicha, sino parte de los elementos arquitectónicos que la delimitan. La justificación para proceder de esta forma es que, desde un punto de vista visual, el observador encuadra los portones con todos sus elementos. Se procedió de forma similar con las ventanas.

## 5. Conclusiones

Esta experiencia de tutorización de un trabajo fin de grado en la primera promoción de graduados en Matemáticas fue plenamente satisfactoria. Para finalizar, queremos destacar algunos aspectos que la hacen, en nuestra opinión, especialmente interesante.

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que la metodología de la modelización matemática para el aprendizaje de esta disciplina en el nivel universitario se había desarrollado siempre en el contexto de las enseñanzas técnicas, en el que la filosofía subyacente adquiere todo su sentido, dado que los estudiantes no tienen un interés por las matemáticas en sí, sino más bien como herramienta metodológica para su desarrollo profesional.

En este sentido, nuestra experiencia es también novedosa, puesto que se utiliza la modelización para el aprendizaje de las matemáticas en los estudios universitarios específicos de esta disciplina, en los que se supone que los alumnos están ya suficientemente motivados y que no necesitan de una contextualización para el estudio de los conceptos abstractos. Sin embargo, hemos comprobado que, en el contexto teórico, también es una herramienta educativa interesante, a juzgar por los resultados. Esto abre nuevos horizontes para las aplicaciones de la modelización matemática como instrumento para la educación.

En segundo lugar, la experiencia se ha realizado en el último nivel de la educación universitaria. Generalmente, al tratarse de técnicas didácticas para la enseñanza de las matemáticas en estudios de ingeniería o similares, se aplicaba la modelización en los primeros cursos de los

estudios universitarios. En este caso, se aplica en la última actividad académica que se realiza para obtener el grado en matemáticas. Aunque obviamente es necesario realizar un ajuste en la metodología, los principios básicos que la sustentan son los mismos. Y al igual que en niveles inferiores en la educación, la técnica didáctica utilizada puede resultar exitosa, como hemos mostrado en este trabajo.

## Referencias

-  [Ajuntament de València.](#)  
<https://www.valencia.es/>. Fecha de acceso: 18/04/2016.
-  Calabuig Rodríguez, J.M., Ferrando I. , Gallart Palau, C., Garcia Raffi, Ll. M., Hurtado Soler, D., Sierra Galdón, L. (2015).  
*La modelización como competencia transversal en el sistema educativo español.*  
Uno: Revista de didáctica de las matemáticas, 69, 44–51.
-  [Ciutat de les Arts i les Ciències.](#)  
<http://www.cac.es/es/home>. Fecha de acceso: 20/04/2016.
-  Donat, P. (2014).  
*Matemàtiques i Arquitectura: ulls matemàtics miren la ciutat de València.*  
Trabajo Fin de Grado dirigido por Pilar Rueda. Universidad de Valencia.
-  Donat, P., Rueda, P., (2016).  
*The golden ratio in a civil Gothic building.*
-  [Facultad de Matemáticas de la Universidad de Valencia.](#)  
<http://www.uv.es/uvweb/matematicas/ca/estudis-grau/graus/grau-1285848653383/Titulacio.html?id=1285847387296>.  
Fecha de acceso: 18/04/2015.
-  [de la Fuente Martínez, C., \(2008\).](#)  
*La divina proporción en el instituto Cardenal López de Mendoza.*  
*Un análisis de las proporciones del antiguo colegio San Nicolás.*  
Sigma 33: 131–164.
-  Hambidge, J. (1920).  
*Dynamic Symmetry: The Greek Vase.*  
Yale University Press, New York.
-  [La Lonja de la Seda de Valencia.](#)  
<http://whc.unesco.org/en/list/782>. Fecha de acceso: 18/04/2015.
-  [Ramírez Blanco, M. J. \(2013\).](#)  
*La Lonja de Valencia y su conjunto monumental, origen y desarrollo constructivo.*  
*Evolución de sus estructuras: Sinopsis de las intervenciones más relevantes.*  
*Siglos XV al XX.*  
Editorial de Universtat Politècnica de València.
-  [Sánchez-Pérez, E. A., Garcia Raffi, L. M., Sánchez-Pérez, J. V. \(1999\).](#)  
*Introducción de las técnicas de modelización para el estudio de la física y de las matemáticas en los primeros cursos de las carreras técnicas.*  
Enseñanza de las Ciencias, 17(1), 119–129.
-  [Trellat fi de Grau de la Facultat de Matemàtiques de la Universitat de València.](#)  
<http://www.uv.es/uvweb/matematiques/ca/estudios-grado/grados/trabajo-fin-grado-1285875909186.html>.  
Fecha de acceso: 18/04/2016.