

# La carpintería al servicio de la arquitectura gótica

## Aportaciones iconográficas para el estudio de la tecnología aplicada en la obra valenciana

• TERESA IZQUIERDO ARANDA •

Universitat de València

Para conocer la naturaleza del trabajo desempeñado por la carpintería medieval, la iconografía nos ofrece una fuente preciosa para asomarnos al entorno en el que el maestro carpintero desarrollaba su labor cotidiana. Los registros documentales nos proporcionan valiosos datos teóricos, tales como listados y disposiciones siempre encaminados a coordinar la organización del trabajo. No obstante, se trata de información que requiere una atenta interpretación si pretendemos conocer cuestiones de base social y económica. La iconografía, en cambio, transmite una imagen inmediata del ambiente material. En este sentido, de nuevo hemos de ampliar el arco de búsqueda y recurrir a un repertorio internacional de obras pictóricas que nos ayuden a complementar el análisis. La representación pintada, esculpida o miniada, ofrece un cuadro documentalmente integrado para entender la atmósfera laboral, las pautas del quehacer, las características del lugar de trabajo<sup>1</sup>. En este sentido, debemos a los pintores coetáneos la posibilidad de resolver hoy aspectos técnicos que se nos escapan en la redacción escrita. Así, gracias a la minuciosidad del pincel podemos evaluar aspectos como el grado de desarrollo tecnológico y el equipamiento material a pie de obra, las herramientas usadas por los carpinteros o la vestimenta de cada trabajador según su categoría laboral. La representación se convierte por tanto en un caudal de información directa, que las fuentes escritas complementan aportando su voz al paisaje representado. Partiendo de estos parámetros, recorreremos los distintos escenarios de la obra en los que participaba el carpintero, para analizar su aportación y las tecnologías desarrolladas.

### LA CARPINTERÍA EN LA ARQUITECTURA MEDIEVAL: LA IMAGEN DEL EDIFICIO EN CONSTRUCCIÓN

La actividad en la construcción está documentada en los registros elaborados por las diferentes instituciones responsables de la gestión de una obra; esencialmente por los libros de cuentas que consignaban al final de cada jornada los costes generados por los salarios y por la compra y el transporte del material. Aun así, la documentación relativa a la organización del proceso constructivo no describe el ambiente ni la dotación material del entorno<sup>2</sup>. Partiendo de estas bases, para reconstruir estos aspectos la iconografía constituye una fuente preciosa para descubrir el edificio en construcción: por un lado, para profundizar en as-

pectos técnicos y, por otro, para contextualizar el avance diario del trabajo. De este modo, la representación ofrece una imagen del artífice en acción inmortalizado en una acción precisa, manejando la herramienta requerida en cada operación.

Según los procedimientos previstos por el proyecto arquitectónico, la construcción englobaba numerosas categorías profesionales, cada una con un perfil técnico y unas exigencias tecnológicas propias<sup>3</sup>. Por ello, ya antes de la segunda mitad del siglo XII, en la sucesión gradual de los oficios concurrentes, autores como Hugo de San Víctor o Vincent de Beauvais al clasificar las artes mecánicas distinguían dos vertientes principales para el encuadramiento de los distintos sectores<sup>4</sup>. En su codificación, la *ars architectonica* comprendía el arte de la albañilería o *ars caementaria*, ejercida por los maestros picapedreros o *lautumi* y por los albañiles, en latín *caementari*. El otro sector era la *carpentaria* practicada por los carpinteros, o *carpentari*, y los aserradores llamados *lignari*. La erección de un edificio implicaba además a artesanos ladrilleros, caleros y a especialistas en canalizaciones hidráulicas. Así, los herreros de la *ars fabriles* eran responsables de reparar y afilar las herramientas desgastadas por el uso diario. Junto a los forjadores, los herreros suministraban los clavos y otros componentes metálicos, que moldeaban en forjas a menudo implantadas a pie de obra. Finalmente, el enlucido revestía la superficie del muro con una mezcla de cal, arena fina y yeso que permitía extender el estrato blanquecino de protección. Completada la obra, los vidrieros (*vitriari*) y los pintores (*pictores*) se encargarían de la decoración<sup>5</sup>.

Es este sentido, el edificio en construcción era un laboratorio de experimentación permanente. Al tiempo que trabajaba, allí como en el taller, el maestro transmitía sus enseñanzas de forma oral y visible. De este modo en la práctica, además de las especialidades implicadas, entre los trabajadores pertenecientes a un mismo ramo la habilidad técnica y la capacidad de trabajo marcaban grandes diferencias<sup>6</sup>. Los maestros constituían el colectivo mejor preparado, de manera que su experiencia laboral y su ingenio significaron para algunos asumir incluso funciones organizativas, tales como encargarse por ejemplo de programar y distribuir las tareas, elegir los materiales y vigilar el abastecimiento<sup>7</sup>. Lógicamente, estas responsabilidades se tra-

ducían a nivel salarial y explican la disparidad de los jornales entre los maestros<sup>8</sup>. A su lado se afanaba un grupo heterogéneo de jóvenes oficiales que aprendían el oficio y de especialistas en la preparación del mortero. Para auxiliar a estos profesionales se contaba también con una mano de obra desprovista de formación constituida por peones, mujeres y niños, incluso por viajeros que aprovechaban el trabajo para ganar algo de dinero. Ellos se ocupaban de las tareas más pesadas, normalmente del transporte de materiales que debían llevar a un determinado punto o grupo de operarios. En los registros, a diferencia de los primeros identificados con nombres y apellidos, estos braceros se anotaban como una cuadrilla que recibía un pago común, sin llegar a detallar su nombre o circunstancia<sup>9</sup>.

La iconografía recoge toda esta diversidad y representa a cada trabajador de forma distinta según su rol. De este modo, el arquitecto ocupa un lugar destacado que le lleva a asumir incluso mayores proporciones que el resto de los operarios. La escuadra o el compás connotan el carácter de su intervención como proyectista y responsable de la dirección de la obra. En cambio, los picapedreros figuran sentados, con la mano en alto sosteniendo el mazo en el momento de percutir el sillar. Los albañiles aparecen bien con la paleta extendiendo el mortero antes de la colocación de los ladrillos, bien cargando a lomos el capazo con las baldosas o las tejas. Por su parte, los carpinteros figuran con el hacha agarrada con ambas manos para desbastar el tronco o serrando emparejados. Todos ellos se presentaban con vestimentas más cuidadas, con una túnica corta que deja entrever las medias y los borceguíes e incluso tocados con un birrete o una cofia acabada en punta. De un cinturón grueso o un cordón anudado a la cintura cuelga un pequeño saco con las herramientas de pequeñas dimensiones<sup>10</sup>. Por el contrario, los peones visten pobremente, a menudo descalzos ya que eran empleados necesitados de dinero cuyo salario no llegaba para malgastarlo en un par de zapatos.

En cuanto a la distinción por sectores, cada uno de ellos es identificable por las herramientas que utiliza. Así, los carpinteros con el hacha, la lima o la sierra; en manos de los picapedreros, el trépano y el cincel; el albañil, con la paleta y la cazuela para el mortero<sup>11</sup>. Todavía en caso de instrumentos compartidos por



1

varias maestranzas su fisonomía distingue el tipo de útil y el oficio al que pertenece. Por ejemplo, el hacha de mango corto con filo en forma de T que los carpinteros empleaban para rebajar la superficie, o el martillo con cola en forma de V que utilizaban para la extracción de los clavos. Gracias a esta rica variedad de acciones y personajes, la imagen del edificio en construcción captó la atención de los pintores como Jean Fouquet, que hacia 1470 recogía en su célebre ilustración del *Templo de Salomón en Jerusalén* toda esta galería de oficios y personajes (fig. 1).

En relación a la atmósfera de trabajo, la medida natural del tiempo marcada por la salida y la puesta del sol determinaba el horario laboral, de forma que el ritmo de las obras estaba ligado a los límites naturales de la luz solar. Sobre el plano organiza-

tivo, la jornada era la unidad mínima sobre la cual calcular el avance de la obra, por lo que se tomó como módulo de referencia para la retribución. Precisamente el pago por jornal se impuso al pago a destajo, de tal modo que el salario en la obra no correspondía a la entrega de un producto sino al tiempo trabajado<sup>12</sup>. A lo largo del día las pausas para el descanso o el almuerzo eran las únicas interrupciones de una jornada estrictamente regulada, en la que debían aprovecharse los períodos de bonanza porque el clima y las estaciones influían en las operaciones y provocaban fuertes variaciones salariales durante el año<sup>13</sup>.

#### **LAS COMPETENCIAS DEL CARPINTERO EN LA CONSTRUCCIÓN**

En relación al trabajo y la preparación de la madera, el carpintero se hallaba presente en cada obra ofreciendo su competencia en la fabricación de estructuras complejas y resistentes en las que se trataba de economizar el uso del hierro<sup>14</sup>. La madera fue uno de los materiales más empleados por la construcción medieval, con frecuencia disimulado en el interior de bóvedas y techumbres. Así, en zonas visibles aparece en los soportes de las vigas horizontales, en ménsulas de apoyo de armaduras, escaleras, balcones, galerías, terrazas o cobertizos que se proyectaban hacia el exterior en la fachada de la casa. El maestro carpintero, designado en la documentación como *carpentarius* o *faber lignari*, era responsable de todas las fases del proceso de transformación del leño, desde la elección de la especie al ensamblaje de los diversos elementos para la elaboración de una techumbre, incluyendo las estructuras auxiliares requeridas en el transcurso de la construcción<sup>15</sup>.

El trabajo en madera implicaba además cometidos exclusivos de sectores especializados, tales como la tala en el bosque para proveer materia prima a la obra. Estas labores requerían además el desplazamiento de maestros de hacha que serraban emparejados empleando un tipo particular de sierra de doble mango y percibían en consecuencia un salario único. De manera similar, los *coopertores* o *tectores* se encargaban de proporcionar el material para las cubiertas y de confeccionar artesonados o armaduras triangulares, techumbres conocidas como *laquearia* para las que debían labrar los plafones y las plaquetas en maderas flexibles y resistentes como la del castaño<sup>16</sup>. Asimismo, en la fase de edificación la importancia del carpintero descansaba sustancialmente en el suministro de estructuras provisionarias, ya fuesen cimbras y andamios o grúas, tarimas y máquinas diseñadas para la elevación de materiales pesados<sup>17</sup>.

#### **LOS ANDAMIOS COMO ESTRUCTURAS AUXILIARES DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN**

El uso de andamios en la construcción se halla documentado desde la Antigüedad. En la Edad Media son numerosas las representaciones de monumentos en obras que aportan datos de gran interés para el análisis de la diversidad de los sistemas adoptados. Los estudios sobre la técnica edilicia medieval han centrado escasamente su atención en este tipo de estructuras que constituían sin embargo un elemento esencial e indispensable. Ya Viollet-le-Duc en su *Diccionario razonado de la archi-*

*tectura francesa del siglo XI al XVI* subrayaba la importancia del andamio. Afirmaba incluso que por medio de su diseño y del ensamblaje de las distintas piezas revelaba la habilidad y el ingenio de su constructor, pues solo una plataforma bien dispuesta permitía ahorrar tiempo a los operarios y ofrecerles seguridad, con lo que les obligaba asimismo a aumentar su eficacia y a trabajar con mayor disciplina<sup>18</sup>.

En el arte medieval resultan de particular interés las escenas de la edificación de la Torre de Babel, como la incluida en la miniatura de la *Crónica del mundo* de Kassel pintada para Rudolf von Ems hacia a 1385, en la que encontramos a los obreros trabajando asistidos por estos sistemas auxiliares<sup>19</sup> (fig. 2). A partir de la representación es posible estudiar el sistema ideado y describir la estructura de un andamiaje de vigas y plataformas atadas con cuerdas que, gracias al enlace proporcionado por escaleras intermedias, permitía a los operarios un fácil acceso a las diferentes cotas de elevación. En la construcción valenciana, el uso de estructuras de este tipo se reconoce a través de las relaciones de gastos como los que el delegado de las fábricas municipales anotaba el 13 de septiembre de 1406, porque “consiguió maestros y mucha madera e hicieron armazones de madera”. Para la confección de un andamio dotado de plataformas, bancos y escaleras en la cruz del camino de Xàtiva fue necesaria la compra de vigas y *dobleras*<sup>20</sup>, de seis cuerdas gruesas de esparto y de 28 trenzas de cáñamo que una vez cumplida su función serían desmontadas y trasladadas las piezas para su reutilización en otra obra<sup>21</sup>.

El hecho de que la finalidad de estas estructuras fuese el eventual sostenimiento de la fábrica y no formasen parte integrante del edificio, no restaba protagonismo a un maestro carpintero que superaba en sus competencias al operario especializado<sup>22</sup>. De su incumbencia era la concepción y la realización del sistema de plataformas elevadas paralelamente al edificio, que permitían al resto de maestranzas acceder a los puntos cada vez más altos conforme se elevaba la cota de edificación. La forma más simple consistía en una logia soportada por caballetes, sobre la que subían los operarios para llegar a una altura superior a la suya propia. Todos los elementos de la plataforma debían resistir el peso de los obreros con sus herramientas junto con el de los materiales de construcción<sup>23</sup>.

En base al sistema de articulación de los diversos elementos de madera que integraban la estructura y de la disposición de los travesaños se concretaron dos modalidades básicas: el andamio independiente fijado en el suelo y el sujeto a la obra mediante ménsulas o listones.

El primero consistía en un armazón formado por una serie de montantes de maderas verticales y transversales que formaban una especie de cruz de San Andrés. Estaban unidos entre sí con sogas de fibra de cáñamo o tilo o con ramas flexibles de sauce o roble. Sobre los travesaños descansaba el plano horizontal de tarimas a las que accedían picapedreros, entalladores y albañiles que podían así operar con desenvoltura, recibir y colocar



2

los materiales con garantías. La estabilidad del andamio se aseguraba en el suelo mediante estacas que servían para tensar las cuerdas y dotar al conjunto de la máxima elasticidad y firmeza ante la acción del viento. Estas estacas en forma de cuña se contemplan raramente en la contabilidad, salvo alguna mención recogida en textos ingleses donde vienen indicadas con los vocablos *warroks* o *warrokes*<sup>24</sup>.

En la construcción el problema de la seguridad en el trabajo era muy sentido en la Edad Media, en particular por el peligro de los andamios tal y como relataba en su *Diario* el maestro boloñés Gaspare Nadi (1418-1504)<sup>25</sup>. Así lo corroboran las abundantes escenas de intervenciones milagrosas de la Virgen o de santos que interceden en el momento justo para salvar a un operario. Un ejemplo particular brinda la escena de la prede-la de los *Milagros de San Vicente Ferrer* pintada por Ercole de' Roberti hacia 1473 para la Capilla Griffoni de la Basílica de San Petronio de Bolonia, hoy en la Pinacoteca Vaticana, con la intercesión de San Vicente Ferrer por un obrero herido a causa del derrumbe de una plataforma de madera (fig. 3).

En Valencia, un ejemplo de este tipo de andamiaje es descrito a través de las compras de “madera, clavos y otras cosas necesarias” para la confección del armazón del portal y las torres de Serranos. Domingo Beneyto, al frente de un equipo de cuatro carpinteros y

dos aprendices, emprendía a comienzos de junio de 1393 el montaje del andamio<sup>26</sup>. Fueron necesarios tres meses para erigir una estructura construida ex profeso, que requería no solo la compra de la madera, sino también el aserrado y la talla de los troncos. La unión entre las vigas de apoyo y las plataformas se realizó mediante clavos de distintos tamaños, igualmente se aseguró su trabazón mediante ocho cuerdas gruesas y más de cincuenta trenzas de esparto. A este entramado se acopló aun en junio de 1395 una especie de rampa o escalera “para subir bestias alto en la obra, como sea muy gran avance a aquélla”. Por tanto, tenía amplitud y capacidad para soportar el peso de mulos cargados con los capazos de material que sin duda aligerarían la labor de los obreros.

Gracias a esta disposición el andamio constituía una estructura autónoma que no se apoyaba en el edificio, de manera que una vez acabada la obra las vigas y el entablado se desmontaban sin dejar trazas y podían servir como material reutilizable. Por razones obvias, se reservaba para ciertas operaciones complejas ya que comportaba el gasto de una gran cantidad de madera y su confección resultaba costosa. Las fuentes documentales refieren los elementos del dispositivo a propósito de la compra de maderos, cuerdas y clavos; aun así, la única posibilidad para recomponer hoy la estructura nos la proporcionan escenas como las aportadas por las *Crónicas* y *Conquistas de Carlomagno* a mediados del siglo XIV<sup>27</sup>. Frente a los tramos en construcción





3

3 Ercole de' Roberti: *Milagros de san Vicente Ferrer*, ca. 1473. Pinacoteca Vaticana, Roma.

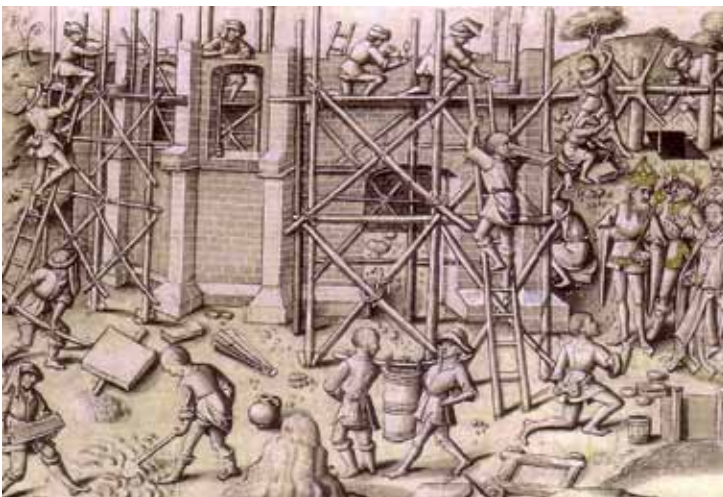
4 *Crónicas y Conquistas de Carlomagno*. Bibliothèque Royal, Bruselas, Ms. 9068, fol. 289.

5 *Biblia de Wenceslao*. Österreichische Nationalbibliothek, Viena, Cod. 2759, f. 10v.

6 San Agustín, *De civitate Dei*. Bibliothèque Nationale de France, Paris, Ms. Français 19, f. 81v.

se erigen unos tableros formados por largos troncos verticales, entrecruzados por travesaños dispuestos en sentido horizontal y diagonal que actuaban como tensores para acoger las tensiones y transmitir las al suelo. Allí, una especie de cuñas en torno a las vigas apuntalaban el andamio y garantizaban la estabilidad del sistema. El andamiaje se completaba con tarimas horizontales en cada piso a las que se accedía mediante simples escaleras de mano. Por último, las uniones de los travesaños se mantenían firmes gracias a las gruesas cuerdas atadas en los encuentros de

los maderos. La escena es pródiga en detalles, fruto de una escrupulosa observación de los procedimientos coetáneos en la edificación. En el primer plano presenta a los operarios diferenciados por su atuendo, cada uno ocupado en la tarea encomendada. A través de miradas y gestos se intuyen las conversaciones entre colegas, indicaciones o tal vez bromas, también miradas curiosas por la visita de un séquito cortesano que acompaña al patrón mientras atiende las explicaciones del maestro de obras (fig. 4).



4

Para resolver los inconvenientes de un consumo excesivo de material se ideó un tipo de andamio dependiente, que preveía la introducción de plataformas autoportantes apoyadas sobre el edificio en construcción mediante la inserción de una serie de estacas de madera que se encajaban en el muro. Una vez consolidada la fábrica, los tableros se retiraban para colocarlos en un nivel superior dejando como testimonio una serie de huecos de sección circular o rectangular distribuidos horizontalmente en la fachada (mechinales). Estos agujeros solían dejarse abiertos en prevención de futuras intervenciones de reparación. El entarimado dependiente era una modalidad más compleja pero hoy resulta más fácil de documentar y datar arqueológicamente, puesto que se acoplaba directamente a la obra. Era más sólida y considerablemente más barata dado que al incrustarse precisaba una menor cantidad de madera. A través de las representaciones se han individuado dos formas distintas:



a) Andamio sostenido por una hilera de listones: consistía en una serie de tarimas dispuestas a una cierta distancia del edificio, al cual se acoplaban mediante viguetas alojadas en los orificios pertinentemente abiertos en el muro. A nivel arqueológico dejaban como huella numerosos mechinales, que permitían a estas estructuras leñosas provisionales insertarse en la pared y adoptar una posición estable. Esta modalidad era especialmente apropiada para las obras de tapial, en las que las tablas simplemente se retiraban una vez consolidada la fábrica para colocarlas en el nivel superior<sup>28</sup>. La obra del portal de Torrent ofrece un ejemplo documentado sobre la elaboración de las tablas o tapiales y los listones en el transcurso del amurallamiento de la ciudad. En mayo de 1380, se adquirieron una *doblera*, ocho tablas y seis cuartones gruesos que serían trabados entre sí con clavos y agujas de hierro<sup>29</sup>. En diciembre, tras finalizar los trabajos, los andamios serían desmontados para recuperar todos los módulos y pertrechos utilizados y llevarlos del portal de Quart, “tapiales y ballesteras y tableros de andamios y estantes y trozos de vigas que habían tomado en los andamios”<sup>30</sup>. De tal manera, al concluir los trabajos, las plataformas se retiraban desmontadas elemento por elemento, para ser reutilizadas mientras que dejaban intactos los mechinales, bien por una intención estética para preservar la textura, bien para facilitar las reparaciones de la techumbre o de la capa de cobertura del muro que requerían controles constantes. La *Biblia de Wenceslao* ilustra una representación elemental de este mecanismo, con los obreros situados sobre tarimas en voladizo en el momento de colocar las almenas a la torre<sup>31</sup> (fig. 5).



5

b) Estructura apuntalada con ménsulas o listones: no usaba soportes inferiores sino que las viguetas se insertaban parcialmente en un extremo de la pared, mientras la otra se fijaba sobre una percha reclinada contra el muro y se ligaba con cuerdas el extremo libre. Para garantizar el funcionamiento estático de la sujeción, se habilitaba un puntal paralelo al lienzo en posición vertical para ajustar el madero con la percha y descargar así el peso de la tarima contra el edificio. A medida que se elevaba la construcción, para desplazar los postes del entarimado y al mismo tiempo comunicar los distintos niveles, se recurría a escaleras o planos inclinados dispuestos oblicuamente, como sugiere el uso de “la escalera de gato larga para hacer andamios al muro” para la que el carpintero Joan Oliver proporcionaba en febrero de 1400 dos cuadernos<sup>32</sup>. Se trataba de construir una escalera sencilla, compuesta por dos montantes de madera dispuestos paralelamente y unidos por una serie de pequeñas tablas que servirían de escalones. Una versión elaborada de este sistema apuntalado al edificio con un listón inclinado se recoge en una miniatura del manuscrito de la *Civitate Dei* de San Agustín en la que figuran diversos sistemas de plataformas colocadas en voladizo sobre las paredes laterales de la construcción<sup>33</sup>. En primer término aparece la modalidad más simple, una tabla reforzada por viguetas transversales que aportan solidez. En las fachadas izquierda y posterior de la torre se representa la estructura sostenida con perchas recli-



6

nadas sobre el muro ya construido. La conexión entre las diversas alturas se articula de nuevo por medio de escaleras de mano estratégicamente repartidas (fig. 6).

A pesar de su interés histórico, en muchos casos estos huecos han sido considerados más como una curiosidad artística que como una propiedad técnica y, sin embargo, aportan una valiosa información a la hora de reconstruir la historia arquitectónica de un edificio<sup>34</sup>. En efecto, el análisis monográfico de un edificio y su descripción nos puede conducir a la identificación de la metodología empleada para analizar el proceso constructivo. A partir del examen minucioso de las huellas dejadas por los andamios a través de la sección de los mechinales, de sus dimensiones y de su distribución es posible valorar por ejemplo si todos corresponden a un mismo periodo o si, por el contrario, se trata de cavidades formadas con el tiempo por el anclaje de estructuras provisionales posteriores. De este modo, merece la pena insistir en la importancia del examen estructural del inmueble, porque el conocimiento de los recursos materiales y de las tecnologías utilizadas nos proporcionará asimismo una apreciable información del contexto social y económico que lo erigió. Precisar las correspondencias entre las actividades constructivas y la coyuntura histórica significa construir una hipótesis interpretativa que solo es posible contrastar mediante la reconstrucción del proceso de edificación. En este sentido, la arqueología se convierte en un instrumento precioso para el estudio histórico, porque gracias a la lectura estratigráfica permite realizar análisis técnicos confrontables, repetibles en el tiempo y fácilmente transmisibles<sup>35</sup>.

No obstante, el problema se presenta al integrar y comparar los datos cuantitativos proporcionados por la arqueología con las estimaciones cualitativas aportadas por la historiografía, a las que se suman además los cálculos auxiliares de químicos, geólogos, antropólogos, etc. La obra es la principal fuente material, punto de partida de cualquier investigación, por lo que el edificio es un registro de datos que ha ido acumulando incidencias políticas, humanas, climáticas y naturales de cariz diverso que con frecuencia sobrepasan los intereses iniciales del examen. Una de las líneas de estudio consiste por tanto en revisar la trayectoria del monumento, en recopilar noticias desde la fase de su edificación para ir sumando cada una de las intervenciones, porque solo el resultado nos proporcionará una explicación coherente. En este sentido, a escala urbana nos permitirá advertir las etapas homogéneas en la formación del tejido urbano, recuperar planimetrías para identificar las sincronías en el callejero y comprender de forma íntegra su evolución a través de dos de sus principales componentes materiales: los espacios abiertos y los edificios.

#### **ESTRUCTURAS PROVISIONALES DE APOYO**

Junto al andamio, la cimbra era también un tipo de estructura provisional realizada en madera, consistente en una moldura que se emplazaba bajo arcos y bóvedas durante su construcción como soporte de la mampostería. La madera se retiraba únicamente después de la colocación de la clave, por lo que su uso se limitaba a la fase de consolidación del conglomerado, que podía variar entre seis meses y un año y medio según la composición de la argamasa. La retirada de la cimbra era una acción delicada

porque el cálculo erróneo del tiempo de secado del mortero podía amenazar la estabilidad de la obra.

La documentación recoge ejemplos interesantes de la realización de estos elementos que nos informan sobre cómo se construían, de su funcionamiento, qué especies de madera se empleaban y de cuál era su coste. A modo de ejemplo, cuando en febrero de 1400 se procedió al montaje de las cimbras en el portal de Serranos el responsable de las obras de la muralla de la ciudad adquirió 26 libras de clavos “para clavar las cimbras de madera que he hecho para hacer los arcos y bóvedas de las torres nuevas”. De forma escalonada, el carpintero Bertomeu Juanes había proporcionado la madera por un total de 72 sueldos valencianos. Para colocarlas fue necesaria la compra de 28 cuadernos de madera a Jaume de Montsó “para subir las cimbras de madera para hacer las bóvedas” a razón de dos sueldos y medio, a los que se sumaban otros 70 sueldos por su traslado “desde el taller del carpintero en la plaza del Mercado”. Una vez fijados los maderos, se emplearían aun cuarenta haces de cañas para aislar las cimbras y aislar de la humedad la fábrica de argamasa<sup>36</sup>.

Por lo demás, las exigencias técnicas del proyecto arquitectónico determinaban el formato y las dimensiones de la cimbra que, como en el caso de los andamios, podían asimismo adoptar dos modalidades distintas. Por un lado, las independientes o ancladas en el suelo, que eran más seguras pero comportaban el uso de una gran cantidad de madera, especialmente en el caso de puentes y arcos de una altura superior a los 35 o 40 metros. Por ello, para economizar material se idearon las estructuras dependientes sostenidas por canes, que estaban formadas por un conjunto de piezas articuladas reclinadas sobre el edificio por medio de orificios practicados en el muro. En relación a este aspecto, Giovanni Coppola subrayaba la escasez de fuentes escritas sobre el argumento y la parquedad de los estudios sobre los sistemas de contención. No solo los estudios, también escasean las representaciones, aunque las prospecciones arqueológicas han ayudado a constatar su utilización y los tipos de estructuras que se desarrollaron<sup>37</sup>. Un magnífico ejemplo ilustra el *Libro de Horas de Juana de Castilla* al presentar una minuciosa descripción de un día de trabajo en la obra, siempre envuelta por andamios y maquinaria diversa para la elevación de los materiales, donde la puerta de entrada a la torre permanece todavía sustentada por la cimbra<sup>38</sup>.

#### **INGENIOS DE MADERA PARA LA ELEVACIÓN DE LOS MATERIALES**

Con el impulso de la construcción en la Edad Media, las máquinas elevadoras cobraron un relieve incontestable, convirtiéndose en elementos imprescindibles para el auxilio de las tareas de los operarios. Por su llamativo aspecto se convirtieron en protagonistas de miniaturas, pinturas, dibujos y esculturas que atestiguan la importancia que adquirieron y la satisfacción del hombre medieval por la mecánica, a pesar de la presunta depreciación que había sufrido la ingeniería por su inclusión entre las artes mecánicas. De hecho, la clasifica-

ción bipolar de las artes había sido una entelequia del siglo IX que hundía sus raíces en la jerarquización social del mundo antiguo, en el que el trabajo artesanal y la construcción se nutrían de las capas más denodadas de la sociedad, sobre todo de esclavos<sup>39</sup>. Además, en el siglo XII se produjo un cambio fundamental en el discurso teológico de la mano de nuevas corrientes espirituales que proclamaban el retorno a la humildad y restauraron la dignidad de la actividad manual. El alcance de la labor realizada por los frailes mendicantes comportó una comprensión de la vida política, económica e intelectual en Europa que propició una atmósfera más receptiva de les artes mecánicas que concebía la tecnología con un espíritu moderno, asentada en el descubrimiento de la naturaleza para el provecho del hombre<sup>40</sup>. Esta nueva actitud liberó los obstáculos a la exploración y al conocimiento de las fuerzas naturales, despejó la vía a la búsqueda de nuevas fuentes de energía y al uso de los beneficios derivados de su dominio. Este impulso fue la base de la revolución tecnológica acometida en el medievo, un período de intensas pesquisas encaminadas a la aplicación mecánica de los recursos naturales en provecho del individuo<sup>41</sup>.

La maquinaria y el desarrollo tecnológico se aprovecharon incluso como motivos simbólicos en los sermones. En este sentido, es significativo el argumento de la geometría y la metáfora entre el compás y el perno empleados por San Vicente Ferrer para explicar la insignificancia del hombre respecto al orbe divino, puesto que la tierra es al cielo como el punto del compás al círculo que se traza<sup>42</sup>. También la literatura coetánea dotó a herramientas e ingenios de contenidos simbólicos, como las imágenes elaboradas por Ramon Llull para exaltar la bondad de la justicia real: “vuestra justicia es más círculo de bondad que círculo hecho con compás”. El poeta valenciano Jaume Roig retomaba en clave irónica estas nociones en el *Spill o Llibre de les dones* al hablar de “los cuatro pernos y doctores latinos y prestigiosos, inventores y maestros de Atenas”. De este modo, la figura del perno se reveló fructífera entre escritores contemporáneos como Joan Roís de Corella, quien insistía en el mismo símil al comparar el movimiento giratorio del dispositivo con la inconstancia y la frivolidad mundanas: “Juno diosa de riquezas, Pallas diosa de honores, Venus diosa de la carne, bajo estas tres concupiscencias el perno de este mundo gira”<sup>43</sup>.

Los textos confirman la satisfacción del hombre medieval por las ventajas de la técnica, gracias a las cuales se perfeccionó la mayoría de los oficios puesto que el desarrollo de unos contribuyó al progreso de los demás<sup>44</sup>. Las imágenes no solo impregnaron la literatura, a nivel iconográfico imprimieron su impronta en los diseños heráldicos. Figuras de ruedas, tornos y grúas calaron en el imaginario colectivo e inculcaron nuevos estímulos en las enseñanzas, buena muestra fue la asunción de la rueda como emblema familiar por Hugo de Roda, grabada con detallismo descriptivo en su lápida funeraria conservada en el Museo de Bellas Artes de Valencia<sup>45</sup>.

Desde esta perspectiva, se emprendió una activa revisión de los mecanismos empleados desde la Antigüedad que se tradujo en el ámbito de la construcción en el refinamiento de los sistemas ideados con el fin de adecuarlos a los procedimientos constructivos de la época. De esta manera, la carpintería fue la encargada de resolver y proveer sistemas satisfactorios para la elevación de materiales, por lo que debía fabricar la maquinaria apropiada para elevar los sillares y facilitar su emplazamiento exacto. En estos cometidos destacaron principalmente tres dispositivos: la cabria, la grúa y la rueda con peldaños.

La cabria era una máquina formada por un brazo encajado en un eje vertical giratorio dotado de una o varias poleas. Se utilizaba para levantar pesos y trasladarlos de un punto a otro comprendido en el círculo descrito por el giro, lo que limitaba su movimiento. El tipo de aparejo más simple estaba constituido por un armazón de dos vigas unidas en ángulo agudo sostenidas por un travesaño con el que formaban un trípode. Mediante un torno situado entre las vigas y una polea pendiente del vértice recibía la cuerda con la que se acarrea la carga. Por sus dimensiones y menor capacidad, su uso se reservaba básicamente a operaciones de carga y descarga<sup>46</sup>. Representaciones de este aparejo aparecen en una escena de la *Crónica de Berna* ilustrada por Diebold Schilling hacia 1478. La representación transmite las maniobras de dos peones para accionar los cabos del artefacto al enrollar la soga y regular la acción de las poleas, mientras un tercero situado bajo el cabestrante se encargaba de sujetar los bloques de piedra con el gancho metálico de sujeción y controlar la elevación del material<sup>47</sup>.

La grúa sería el ingenio desarrollado para la elevación de materiales a gran altura en la Edad Media. Básicamente, consistía en un mecanismo formado por una alta viga vertical soportada por tres o cuatro barras de madera, llamadas piernas, que estaban dispuestas en diagonal y atadas en el extremo superior mediante cuerdas. Con esta disposición ofrecía una estructura estable que permitía elevar cargas en sentido vertical respecto al punto de unión de las patas. Para regular su inclinación en los desplazamientos laterales se conectaba a un tirante fijado en el suelo a una cierta distancia. Alrededor de un tambor horizontal colocado en la base se enrollaba la cuerda que hacía correr circularmente el perno, cuya tracción podía realizarse simplemente a mano usando los cabos atados al tambor. La figura de la grúa cautivó la imaginación medieval convirtiéndose en una constante en los programas iconográficos<sup>48</sup>.

El amplio repertorio de representaciones de máquinas captadas en plena acción permite efectuar un reconocimiento de las variaciones introducidas en el modelo genérico de la grúa de eje vertical. Ejemplares sencillos se entrevén en el interior de la torre en construcción en el *Libro de Horas del Duque de Bedford*, donde dos operarios hacen girar las manivelas de una rueda para recoger la soga en torno al eje y elevar así los sillares con la ayuda de la polea situada a una cierta altura. Allí eran





7

recibidos por un tercer peón y alzados hasta el piso superior por un segundo aparejo de menores dimensiones. La representación describe todos los pasos seguidos en la colocación de los bloques, desde su transporte en sacos a lomo de un animal de carga –aquí un exótico camello–, la fijación de la pieza con gruesas sogas ligadas mediante ganchos a la cuerda de tracción, hasta su recepción a una altura intermedia, puesta en un saco de cuero y anclada de nuevo a una pinza que la elevaría a la altura requerida<sup>49</sup>.

Muy descriptiva es la grúa representada por Diebold Schilling sobre el puente en la ribera del río al que llegaban las embarcaciones cargadas de piedras desde la cantera, que los peones descargaban con la ayuda de una grúa de eje vertical<sup>50</sup>. También era habitual instalar el brazo en el interior del edificio en construcción, como muestra la escena miniada por Nardo Rapicano en la *Construcción de la torre del Beverello del Castelnuovo o del castillo del Carmine en Nápoles*. En la escena los operarios accionan la rueda instalada en el punto más alto del edificio, cada uno a un lado del circuito desde el cual la simple rotación de la rueda con la cuerda enrollada en torno servía para subir el capazo cargado<sup>51</sup> (fig. 7).

Mucho más voluminosa era la grúa dotada de rueda con peldaños, consistente en un gran tambor alrededor del cual se enrollaba una soga conforme los operarios la hacían girar. Su articulación con un juego de poleas y la cuerda conectada a un perno giratorio colocado en la base permitían elevar las cargas. Este dispositivo se utilizaba especialmente en la fase de cubrición del edificio, en la que se requería alcanzar alturas que sobrepasaban la capacidad de una grúa corriente. Se dis-

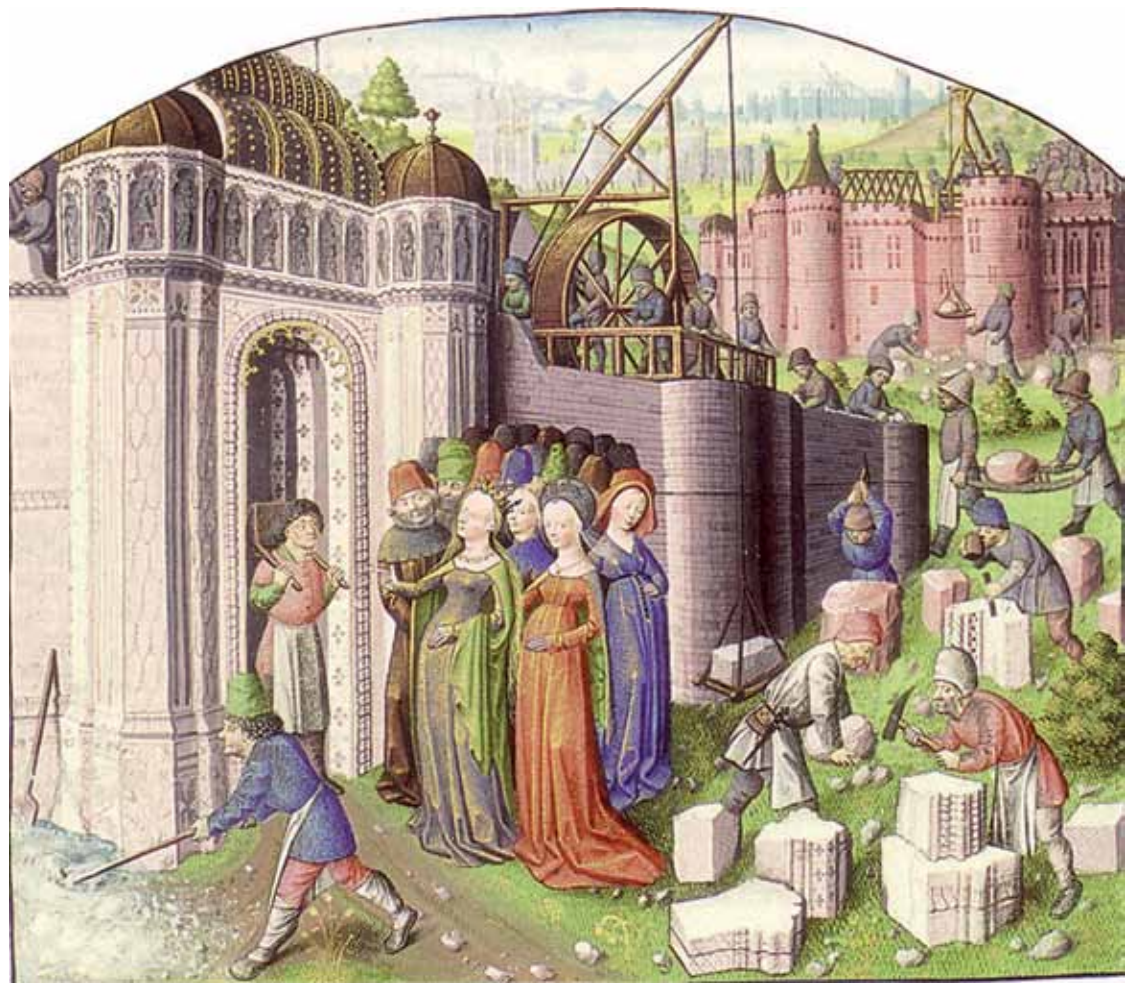
ponía normalmente a los pies de la nave principal, aunque en función de las dimensiones del edificio podía instalarse otro aparejo similar sobre la cúpula para distribuir mejor las maniobras y acelerar los trabajos. Una modalidad de mayores dimensiones y complejidad era el mecanismo desprovisto de radios internos, en el que los operarios, acomodados sobre los peldaños en el interior de la máquina elevadora, activaban el movimiento del tambor con el peso de su propio cuerpo. Una vez acabadas las operaciones de cubrición, el artefacto quedaba alojado en el interior en previsión de futuras intervenciones y son visibles todavía sobre las bóvedas de las catedrales francesas de Sens o de Beauvais<sup>52</sup>. Una representación aproximada del mecanismo en funcionamiento captaba hacia 1460 Jean de Coney en *La Bouquechardière*, con los operarios en el interior de la rueda mientras los trabajos se concentraban en la elevación de los muros<sup>53</sup> (fig. 8).

A partir de esta tipología se desarrollaría la grúa de eje vertical giratorio que hizo su aparición a mediados del siglo XV y encontró su aplicación fundamental en la industria naval. Estaba dotada de una columna vertebral situada en posición horizontal respecto al cabestrante y rematada por una viga superior en voladizo. La innovación más significativa consistía en que el puntal central de la estructura podía girar en torno, posibilitando la disposición de los materiales en el lugar deseado. Esta novedad incrementaba su operatividad y agilizaba los trabajos, al tiempo que garantizaba una mayor seguridad en la obra. A pesar de que la primera referencia documental del uso de una grúa de eje giratorio en la construcción data de 1430, la primera unidad armada en Europa se instaló en Tréveris (Trier) sobre el río Mosela. Fue la conocida como *Alt Kran* o grúa vieja que en mayo de 1413 recibía permiso para su emplazamiento<sup>54</sup>. El sistema de tracción se basaba en una gran rueda giratoria –a veces dos, una a cada lado del eje– con peldaños internos accionados por peones que maniobraban en su interior, cuyo número dependía lógicamente del diámetro del tambor que solía oscilar entre los cuatro y los seis metros. A partir de las grúas representadas por Pieter Brueghel el Viejo en lienzos como la *Construcción de la Torre de Babel*, Arthur Klein estimaba que la capacidad de estas máquinas, trabajando al máximo rendimiento con la energía de seis operarios y una pérdida del 20% por fricción causada por los soportes y las cuerdas de las poleas, podría elevar en solo dos minutos una carga de una tonelada y media de peso a unos quince metros de altura<sup>55</sup>. En realidad, la potencia de tiro podía ser mayor y de hecho la grúa de Tréveris, aún en funcionamiento a principios del siglo XX, podía elevar un peso superior a dos toneladas y media.

Un ejemplo representativo de esta tipología sería la grúa instalada en el puerto de Brujas en 1288, representada por Pieter Pourbus el Viejo en 1551 en el retrato del mercader Jan van Eyewerve, hoy en el Groeningemuseum de Brujas. La máquina se ve al fondo, a través de una ventana que mira al muelle de carga cuyo negocio había enriquecido al comerciante flamenco, de tal modo que la figura de la grúa constituía el símbolo de

7 Nardo Rapicano: *De majestate de Iunanio Maio*. Bibliothèque Nationale de France, Paris, AZC, f. 201.

8 Jean de Councy: *La Bouquechardière*, 1460. Rijksmuseum Meermanno-Westreenianum, Ámsterdam, Ms. 10 A 17, f. 133v.



8

su fortuna y su prestigio. Con mayor concreción la ilustraba Simon Bening hacia 1540 en una miniatura correspondiente a los trabajos del mes de octubre, hoy conservada en el Victoria and Albert Museum de Londres (fig. 9). La escena presenta en segundo plano la maquinaria en funcionamiento con lo que permite comprender el dispositivo mecánico de la estructura, dotada de un armazón de madera para proteger a los peones de las inclemencias del tiempo. La representación muestra los diferentes elementos del mecanismo, el número de peones necesarios para activar su movimiento, así como el de los obreros empleados en la carga y descarga. En 1444 se erigió en Danzig la *Das Kranthor* o la Grúa de la Puerta y solo cuatro años después se halla documentado en Valencia un modelo similar, adaptado ya a una aplicación arquitectónica. Se trataba de la grúa instalada en la capilla de Alfonso el Magnánimo en el antiguo convento de predicadores. Esta innovación bien merecía un examen del sistema antes de aprobar la construcción de una máquina tan costosa, por lo que se dispuso la elaboración de una “muestra de la grúa que se ha hecho para de la dicha obra”<sup>56</sup>. El 20 de mayo de 1447 se pagaban los clavos usados en la elaboración, cuyo uso sugiere la realización de un modelo tridimensional en madera.

En Valencia el empleo de la grúa pendular de eje vertical se desprende de las noticias diseminadas en los libros de la *Obra*

*Nova* de la Arcada de la Catedral emprendida por Francesc Baldomar hacia 1458, que sería continuada por Pere Compte en el último cuarto de siglo. Las descripciones relativas a la compra de los materiales para construir o renovar el aparejo durante el proceso de edificación apuntan a la disposición de una grúa de características similares a las descritas. De este modo, el mecanismo se acoplaba a partir de una rueda de madera apuntalada con clavos y reforzada con un cinturón de hierro que se encargaba de transmitir la energía motriz a un artefacto que tiraba veinte brazas, con lo que podía alcanzar una altura de 40,77 m. El rodillo y la tuerca que se compraron para sustituir la “otra que estaba roída” descubren el sistema de eje móvil, que debía de ser basculante puesto que estaba asistido por la rueda o “círculo grande” colocado en la base<sup>57</sup>. Los materiales se colocaban sobre un “tablero” sujeto con cuatro ganchos de hierro atados con cuerdas, que permitían agilizar los desplazamientos al elevar diversos bloques en una sola carga. A través de distintas representaciones, la iconografía nos informa de las posibles variantes sobre el modelo básico, como la representada en el códice de las *Grandes Crónicas de San Denis* conservado en la Biblioteca Municipal de Toulouse. En la escena en que Carlomagno ordena la construcción de una iglesia, el tablero se combina con un capazo que contenía el mortero para disponer los ladrillos o unir los propios sillares del tablón<sup>58</sup>.





9

Un sistema diferente ideó Pere Compte para la construcción de “la arcada de las fuentes”, correspondiente a la crujía situada en la entrada a la pila bautismal. En octubre de 1479 los libros registraban el pago de los “clavos y trenzas para la horca grande que ha hecho el maestro para subir las piedras”. La horca era una modalidad más sencilla de grúa con el cuello horizontal al estar dotada de un largo cabestrante que, con el simple juego de una soga y una polea, alzaba eficientemente los bloques a la altura deseada. El ingenio se completaba con un tablero de madera ligado con cuerdas a un gancho de hierro sobre el cual

se disponía el material a subir. Para colocar la clave de la bóveda se anotaba en junio de 1480 el jornal de “seis hombres para ayudar a arbolar el matraz de la clave”. Se denominaba matraz a una torre elevadora que remontaba los materiales con una polea hasta emplazar el sillar en el lugar exacto. La colocación de la clave servía así de punto inicial a partir del cual construir los nervios de la bóveda<sup>59</sup>.

Ejemplos gráficos de estos dispositivos recogía la xilografía incluida en *La primera parte de la Crónica General de toda España y especialmente del reyno de Valencia* de Pere Antoni Beuter al ilustrar la construcción de las torres de Serranos<sup>60</sup>. En primer término, figuran dos horcas en funcionamiento y, a la izquierda, un modelo más simple para cargas ligeras en que los operarios se encargan del giro de la polea para elevar el tablón atado a la soga. A la derecha muestra una modalidad más compleja de una grúa puente, accionada desde la base con un cabestrante que permitía levantar mayor peso (fig. 10).

En la fábrica de la Lonja de mercaderes se mencionaba en 1486 el uso de la palomilla, que consistía en un madero cilíndrico dispuesto para girar en torno a su eje por la acción de palancas, mientras que la resistencia se aplicaba tangencialmente con una cuerda que se enrollaba alrededor. Era una máquina simple que servía para subir y bajar cargas pesadas, por lo que era muy utilizada en las canteras. Solo un año más tarde se aparejaría una grúa para construir el conocido salón columnario, para la cual se adquirieron “una viga principal de olmo y una sisa de olmo y dos poleas del estornino para la grúa”. En base a la descripción debió tratarse de un brazo en forma de T, con lo que la alusión al estornino aludiría al homónimo francés *fauconneau*, el ave cuya figura había dado nombre a una máquina elevadora caracterizada por la disposición paralela del cuello respecto a la antena permitiendo así equilibrar el peso. Para su construcción se compraron además “ocho poleas de cobre con guarnimientos de hierro para entalar cuatro vigas para la grúa”, las cuales coordinaban el desplazamiento de la máquina hasta el andamio que servía de plataforma auxiliar para la construcción de las columnas y las bóvedas de la techumbre. A este material se añadieron “treinta y dos poleas de metal que pesan treinta libras y me-



día, para el magisterio de aparejos de hierro y provisión de las poleas para de entalar la lonja”. Representaciones de este dispositivo las encontramos en un manuscrito francés de las *Grandes Crónicas de Francia* de mediados del siglo XV conservado en la Biblioteca Nacional de París. La escena recoge el funcionamiento del sistema con el cabestrante en el interior del edificio, mientras en el exterior se instala la rueda provista de manivelas para que un solo operario pudiese accionar el movimiento.

El recurso a este tipo especial de grúa se debió a que para la construcción del columnario se requería un mecanismo capaz de ubicar con precisión los sillares sin tropezar con el andamiaje que ocupaba el edificio. Para la cubrición del salón se emplearon también dos grupos de poleas, uno fijo y otro móvil, para los que se adquirieron “seis rodajas y seis pernos para las tallas, con que se va la rueda al meter las piedras en los pilares, y una rodaja para la grúa de la rueda”. Como muestra la documentación, con los ingenios concebidos para la Lonja la polea alcanzó una presencia incontestable. A la luz de las características de la fábrica y de las compras realizadas, Arturo Zaragozá y Mercedes Gómez-Ferrer planteaban la posibilidad de que el sistema ideado consistía en una grúa puente que, por sus menores dimensiones, no entorpecería las tarimas ni las plataformas interiores, como hubiese hecho en cambio un mecanismo de eje móvil como el estudiado en la Catedral<sup>61</sup>.

Obviamente, sobre los modelos básicos descritos se adaptaron múltiples variantes, al igual que se desarrollaron otros artificios de elevación entre los que cabe mencionar el fórceps. Estaba formado por dos piezas metálicas llamadas tenazas que estaban montadas sobre un eje y unidas por un gancho que ceñía el peso a elevar. Para facilitar la carga los constructores excavaban sobre la superficie de los bloques unas cavidades en número par, de forma triangular o circular.

#### CONCLUSIONES

Al intentar reconstruir el contexto laboral de la carpintería gótica no podemos desestimar ninguna fuente, independientemente de su naturaleza o procedencia. La limitación de los recursos documentales nos fuerza a ampliar el arco de búsqueda para tomar en consideración todas las aportaciones, ya sean iconográficas, archivísticas o literarias. En este sentido, la iconografía constituye un legado precioso al recuperar la imagen del edificio en construcción y retratar el ambiente a pie de obra. De este modo, permite tanto profundizar en el conocimiento de aspectos técnicos y materiales como dilucidar y contextualizar la gestión de los trabajos en la fábrica. En un período en el que el uso del metal todavía se hallaba muy limitado, la madera constituía un elemento primordial, por lo que el maestro carpintero era esencial por su versatilidad y la multiplicidad de actividades a las que se dedicaba. Entre ellas, destacaron la realización de estructuras provisionales y máquinas elevadoras, el diseño de



10

techumbres o la elaboración de mobiliario, a las que se sumaban las tareas de decoración de los edificios una vez construidos, y de mantenimiento y ornato en las ocasiones festivas.

En el arte gótico son abundantes las escenas que reproducen la figura del carpintero y nos muestran sus métodos y su tecnología. Desde la perspectiva bíblica, asimilado a la figura de San José se prestaba a una gran variedad de interpretaciones simbólicas, tanto en el taller como a pie de obra. Lo encontramos también frecuentemente representado en ciertos pasajes del Génesis, como la construcción del Arca de Noé, del Templo de Jerusalén o de la Torre de Babel. Estas escenas se hacen legibles gracias a la actualización temporal del relato bíblico, que el pintor efectuaba para facilitar su interpretación. En su afán de hacer accesible la escena recogía con detalle cada elemento del entorno representado, con lo que se convierte para el historiador en un documento que permite reconocer herramientas, grúas y mecanismos descritos por las fuentes escritas. Gracias a la ilustración es posible estudiar e incluso reconstruir los sis-

temas de andamiaje y los tipos de cimbras ideados, los dispositivos planteados para la elevación de materiales, así como los distintos procedimientos constructivos de obras góticas como la Catedral de Valencia, las torres de Serranos y las de Quart, la Lonja o el antiguo convento de Santo Domingo.

El repertorio pictórico empleado no se limita al ámbito de la Corona de Aragón, ni siquiera al peninsular, sino que nos lleva a explorar amplios escenarios del occidente europeo. En este sentido, las fuentes corroboran que el desarrollo artístico y tecnológico de la arquitectura española iba a la par. De este modo, la observación se presenta al investigador como un instrumento inigualable para resolver cuestiones de orden técnico, socioeconómico y cultural. Los carpinteros figuran concentrados en el trabajo, indiferentes a la observación del pintor. Desprevenidos, muestran útiles, procedimientos de fabricación, atuendos y actitudes que manifiestan su condición de artesanos y constructores, así como la concepción que la sociedad medieval tenía de la actividad que desempeñaban. ❧

#### • NOTAS •

- 1 Sobre la necesidad de recurrir a la iconografía como fuente auxiliar para el estudio de técnicas, materiales y herramientas inciden especialmente R. Cómez, *Los constructores de la España Medieval*, Universidad de Sevilla, Sevilla, 2006, pp. 94-111. L. Arciniega García, "La representación de la arquitectura en construcción en torno al siglo XVI", en *Actas del I Congreso de Historia de la Construcción*, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1996, pp. 49-66. J. C. Rodríguez Estévez, *Los canteros de la catedral de Sevilla. Del Gótico al Renacimiento*, Diputación de Sevilla, Sevilla, 1998. L. Fernández Correas, "Diseño de grúas en la construcción: el paso del medioevo al Renacimiento", en J. Méndez, *Nous studis multidisciplinaris sobre història i cultura medieval: fonts, metodologia i problemàtiques*, Ediciones de la Universidad de Murcia, Murcia, 2012, pp. 55-67.
- 2 S. Baragli, "Il cantiere edile: artefici e materiali", en G. Andenna et al., *Mediterraneo, Mezzogiorno, Europa. Studi in onore di Cosimo Damiano Fonseca*, Mario Adda Editore, Bari, 2004, vol. II, pp. 237-268. El edificio en construcción era una especie de laboratorio en el que actuaban trabajadores de sectores diversos. El desarrollo de la construcción a mediados del siglo XIV supuso un fuerte impacto político, económico y por tanto social en el ámbito urbano, a través del cual la ciudad pretendía ofrecer una imagen de riqueza.
- 3 G. Pinto, "L'organizzazione del lavoro nei cantieri edili (Italia centro-settentrionale)", en *Artigiani e salariati: il mondo del lavoro nell'Italia dei secoli XII-XV*, Centro Italiano di Studi di Storia e d'Arte, Pistoia, 1984, p. 71. La arquitectura gótica ocupaba numerosas categorías profesionales, en razón de las operaciones previstas, del uso de materiales específicos, cada uno con características y técnicas de trabajo propias. A comienzos del Cuatrocientos en la catedral de Milán, por ejemplo, se han contabilizado setenta y dos especialidades distintas, lo que implicaba la contratación de miles de artesanos. Entre 1380 y 1398 la *Opera del Duomo* de Florencia pagaba a sus maestros hasta quince salarios diferentes, desde un mínimo de 12 o 14 sueldos a un máximo de 20 o 22, prueba de la diversidad de ramos y de categorías contratadas.
- 4 R. Recht, *Le dessin d'architecture: origine et fonctions*, Adam Biro, París, 1995, pp. 42-43.
- 5 G. Coppola, *La costruzione del medioevo*, Sellino, Pratola Serra, 2000, pp. 75-88. La necesaria complicidad entre oficios distintos, como la cantidad de operarios que comportaba, potenció el aumento de la mano de obra en las fábricas urbanas, fundamentalmente a partir del siglo XIII cuando se emprendieron las primeras grandes iniciativas urbanísticas. En la primera mitad del Doscientos en Pisa cerca de un 25 % de sus habitantes colaboraban en alguno de los sectores de la edificación, en el Trescientos en Brujas, que contaba entre 350.000 y 450.000 habitantes, casi un 5% estaban involucrados en la construcción. Estas cifras requerían un mayor control por las autoridades públicas. Sobre las categorías empleadas, un barrido de las especialidades implicadas se aconseja el resumen propuesto por M. S. Briggs, "Costruzione degli edifici", en C. H. Singer et al., *Storia della tecnologia. Le civiltà mediterranee e il medioevo. Circa 700 a.C.-1500 d.C.*, Paolo Boringhieri, Turin, 1962, vol. 2, pp. 404-455. M. Borrero Fernández, "Los medios humanos y la sociología de la construcción medieval", en A. Graiani, *La técnica de la arquitectura en la antigüedad*, Universidad de Sevilla, Sevilla, 1999, p. 102.
- 6 D. Carraz, *L'architecture médiévale en Occident*, Presses Universitaires de France, París, 1999, pp. 43-45.
- 7 J. Harvey, *The Medieval Architect*, Wayland Publishers, Londres, pp. 76-89. La aplicación del término del latín *magister*, es en sí misma significativa, como marca de un estatus empieza a ser usada en la primera mitad del siglo XII casi simultáneamente para designar en el ámbito académico a aquél que se había formado en una universidad y para el artesano que se distinguía por su pericia y por la calidad de su trabajo. Aún más, desde su posición privilegiada y con el apoyo institucional de la corporación de oficio, asumieron también la representación del conjunto de maestros y trabajadores.
- 8 M. O. Terrenoire, *Le travail d'architecture au temps des cathédrales*, Éditions Recherches, Dijon-Quetigny, 2004, pp. 93-94. Se podía ser maestro mayor en una

- obra y trabajar a las órdenes de otro en la siguiente contratación. Obligados por sus contratos, sus privilegios eran limitados, basados en salarios algo más elevados o en pequeñas compensaciones en especie, si bien una vez finalizada la obra, estos maestros mayores eran como el resto de maestros, un obrero como los demás.
- 9 G. Pinto, "L'organizzazione del lavoro nei cantieri edili (Italia centro-settentrionale)", *op. cit.*, pp. 76-77. En las grandes urbes donde la actividad adquiría mayor continuidad, en la oscilación de la demanda existía una masa de trabajadores no cualificados que gravitaban en torno creando una reserva de mano de obra.
  - 10 J. Munby, "Wood", en J. Blair y N. Ramsey (eds.), *English medieval industries: craftsmen, techniques, products*, Hambledon Press, Londres, 2001, p. 384. Salvo algunas notas recogidas en clave de anécdota, la representación pictórica constituye la fuente preminente en la investigación, gracias a las numerosas escenas de construcción plasmadas en la Edad Media, en las que la representación está siempre vinculada al tema principal al que complementa y ayuda a identificar.
  - 11 La descripción plástica de la arquitectura en su proceso de elaboración nos permite estudiar los útiles empleados por los artífices, aquellos que se consideraban adecuados para erigir un edificio. Sobre el recurso a la iconografía como fuente para la investigación histórica, véase L. Arciniéga García, "La representación de la arquitectura en construcción en torno al siglo XVI", *Actas del I Congreso de Historia de la Construcción*, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 1996, pp. 49-51. R. Krautheimer, *Introduction à une iconographie de l'architecture médiévale*, Gérard Monfort, Paris, 1993, pp. 39-40.
  - 12 M. O. Terrenoire, *op. cit.*, p. 89. En cambio, en el taller el sistema prevalente era el contrato previamente acordado sobre la tarea a realizar.
  - 13 D. Degrassi, *L'economia artigiana nell'Italia medioevale*, Carocci Editore, Roma, 1998, pp. 69-70. M. Borrero Fernández, *op. cit.*, pp. 117-119.
  - 14 J. Munby, "Wood", *op. cit.*, p. 383. Destaca la evolución de la carpintería inglesa en los ensamblajes, que en los siglos XII y XIII se basaban esencialmente en uniones encadenadas que a lo largo de las centurias siguientes serían progresivamente abandonadas, aunque continuaron empleándose para determinadas juntas, a favor de un uso más amplio de los clavos.
  - 15 B. Phalip, *Charpentiers et couvreurs. L'Auvergne médiévale et ses marges*, Association lyonnaise pour la promotion de l'archéologie en Rhône-Alpes, Lyon, 2004, p. 93.
  - 16 L. T. Courtenay, "Cubiertas de madera y chapiteles", en R. Mark, *Tecnología arquitectónica hasta la revolución científica: arte y estructura de las grandes construcciones*, Akal, Madrid, 2002, pp. 215-229.
  - 17 J. Gimpel, *Les bâtisseurs de cathédrales*, Seuil, Paris, 1969, p. 113.
  - 18 G. Coppola, *op. cit.*, 2000, pp. 152-153. Aunque se trata de elementos desaparecidos, su uso está atestiguado por la iconografía, que se convierte en un documento precioso para la comprensión y el estudio de los diversos sistemas adoptados. Coppola destaca miniaturas de obras como el *De originibus rerum* de Rabano Mauro -Montecasino, Biblioteca dell'Abbazia, Ms. 132, f. 392r; los mosaicos de la catedral de Monreale, de la basílica de San Marco de Venecia y la capilla palatina de Palermo.
  - 19 G. Binding, *Als die Kathedralen in den Himmel wuchsen. Bauen im Mittelalter*, Primus Verlag, Darmstadt, 2006, p. 121.
  - 20 Mantenemos el vocablo original de la documentación *doblera* para designar una pieza de madera de longitud variable según el territorio de procedencia, ya que dependía fundamentalmente de la especie arbórea, de tal manera que las *dobleras* de abeto usadas en los Pirineos podían alcanzar una longitud mínima de 48 metros, mientras que las de pino oscilaban entre los 42 y los 45 metros. Se destinaban sobre todo a la construcción de andamios resistentes capaces de sostener grandes cargas. En la mayor parte de los registros figura como un madero grande a partir del cual podían obtenerse tablas, hojas, postes y otras piezas de menores dimensiones. Sobre las características de la pieza puede consultarse T. Izquierdo Aranda, *La fustería a la València medieval (1238-1520)*, Publicacions de la Universitat Jaume I, Castellón, 2014, p. 266.
  - 21 AMV, *Sotsobreria de Murs i Valls*, d<sup>o</sup>-17, ff. 43v-47r. Su construcción comportó además el alquiler de las herramientas oportunas, *ferramenta e moltes altres coses*, que se trasladaron a pie de obra a lomo de asnos.
  - 22 Sobre las responsabilidades del maestro carpintero en la construcción, véase T. Izquierdo Aranda, *El fuster, definició d'un ofici en la València medieval*, Universitat de València, (tesis doctoral), Valencia, 2011, pp. 450-465.
  - 23 D. Kimpel, "L'attività costruttiva nel Medioevo: strutture e trasformazioni", en R. Cassanelli, *Cantieri medievali*, Editore Jaca Book, Milán, p. 48.
  - 24 G. Coppola, *op. cit.*, 2000, pp. 152-153.
  - 25 S. Baragli, "Il cantiere edile: artefici e materiali", en G. Andenna y H. Houben (coords.), *Mediterraneo, Mezzogiorno, Europa. Studi in onore di Cosimo Damiano Fonseca*, Mario Adda Editore, Bari, 2004, vol. II, p. 253.
  - 26 AMV, *Sotsobreria de Murs i Valls*, d<sup>o</sup>-5, ff. 126v-132r.
  - 27 *Chroniques e Conquêtes de Charlemagne*, Bruselas, Biblioteca Reial, Ms. 9068, fol. 289. Citado por G. Binding, *op. cit.*, p. 122.
  - 28 G. Coppola, "Carpenteria", en *Enciclopedia dell'arte medievale*, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma, 1993, vol. IV, p. 332. Tras finalizar las labores, las viguetas de los andamiajes podían serrarse al nivel raso del muro y dejarlas insertadas en el muro formando una cadena interna de refuerzo de la fábrica. Sin embargo, lo habitual era retirarlas para ser reutilizadas en otras obras, lo que explica la presencia de mecinales que podían recubrirse de tapial o dejarse a la vista, como se demuestra aún en monumentos tan conocidos como la abadía de Cluny, Conques o la catedral de Módena. Estos huecos indican por ejemplo que una vez rematada la cubierta se procedía a desmontar la plataforma, elemento por elemento, sin preocuparse de tapiar los orificios de alojamiento de los andamios.
  - 29 AMV, *Sotsobreria de murs i valls*, d. 3-1, ff. 268r, 270v. El carpintero Bernat Boix proporcionó la *doblera* por poco más de dos libras; Guillem Ferriol suministró los tableros a razón de diez sueldos la pieza así como los seis cuartos por ocho sueldos cada uno, *a ops de fer bastiments*. Al herrero Guillem Pérez se compraron las cuarenta y seis libras que pesaron las agujas y clavos.
  - 30 AMV, *Sotsobreria de murs i valls*, d. 3-1, ff. 268r, 271v. Para las operaciones de desmontar y trasladar las piezas se contrató a seis braceros que emplearon dos días en completar las tareas.
  - 31 *Wenzelsbibel aus Prag*, Viena, Österr. Nat. Bibl., Cod. 2759, f. 10v. Véase G. Binding, *op. cit.*, p. 118.
  - 32 AMV, *Sotsobreria de murs i valls*, d. 3-11, f. 160v.
  - 33 *Augustinus-Handschrift*, París, Bibliothèque Nationale, Ms. fr. 19, f. 81v. G. Binding, *op. cit.*, p. 120.
  - 34 G. Coppola, *op. cit.*, 2000, pp. 158-159. Para determinar el procedimiento constructivo, la investigación arqueológica cuenta con métodos de registro estratigráfico y examen físico de los materiales empleados a lo largo de una existencia llena de incidencias, transformaciones, renovaciones y operaciones traumáticas. Una evaluación de estas características no siempre resulta fácil de efectuar, sobre todo al superar cierta altura donde incluso el uso de prismáticos no contribuye a distinguir con claridad las marcas y es necesario recurrir a la grúa para observar el muro de cerca en ocasión de una intervención.
  - 35 R. Parenti, "La edilicia histórica, la estratigrafía mural y la transcripción de fuentes documentales", *Cuadernos de la Alhambra*, 29-30, 1993-1994, pp. 58-64. Las fotografías tomadas en las distintas restauraciones sirven de orientación para completar el reconocimiento estratigráfico de la textura y la composición del muro.
  - 36 AMV, *Sotsobreria de Murs i Valls*, d<sup>o</sup>-13, ff. 122v-126r. La suma del coste de los materiales asciende en total a 86 sueldos valencianos, precio que explica la frecuente reutilización de este tipo de estructuras que continuamente se montan y desmontan y se trasladan de una obra a otra.
  - 37 G. Coppola, *op. cit.*, 2000, p. 161.
  - 38 Gerard de Horenbout y Simon Bening, *Libro de Horas de Juana I de Castilla*, ca. 1500, Londres, British Library, Ms. 35313, f. 34r.
  - 39 A. Zaragoza Catalán y M. Gómez-Ferrer, *Pere Compte. Arquitecto*, Generalitat Valenciana, Valencia, 2007, p. 198.
  - 40 J. Moliner, *Espiritualidad medieval. Los mendicantes*, Ed. El Monte Carmelo, Burgos, 1974, pp. 467-471.
  - 41 L. White, *Technologie médiévale et transformations sociales*, Mouton et Co., París-La Haya, 1969, p. 106.
  - 42 J. L. Martín, "Enseñanzas medievales de una cena evangélica", *En la España medieval: estudios dedicados al profesor D. Julio González González*, 1, Universidad Complutense, 1980, 251.
  - 43 A. Alcover y F. Moll, *Diccionari català-valencià-balear*, Palma de Mallorca, 1988, VIII, p. 483.
  - 44 J. Gimpel, *Les bâtisseurs de cathédrales*, Seuil, Paris, 1969.
  - 45 A. Zaragoza Catalán y M. Gómez-Ferrer, *op. cit.*, pp. 199-200.
  - 46 A. Graciani, "Los equipos de obra y los medios auxiliares en la Edad Media", *op. cit.*, pp. 159-160.
  - 47 *Amtliche Berner Chronik*, 1478, Berna, Stadtbibliothek, Mss. hist. helv. I, f. 225. Reproducida por G. Binding, *op. cit.*, p. 92.
  - 48 A. Graciani, "Los equipos de obra y los medios auxiliares en la Edad Media", *op. cit.*, pp. 188-189. Esta grúa tomaría el nombre francés de *fauconneau* debido a la similitud del listón con la imagen del esbelto cuello del halcón.
  - 49 *Libro de Horas del Duque de Bedford*, Londres, British Library, Add. Ms. 18.850, f. 17v. Reproducida por G. Binding, *op. cit.*, p. 14. También era habitual instalar el brazo en el interior del edificio en construcción, como muestra la escena miniada por Jansen Enikel en la *Crónica del Mundo de Regensburgo* conservada en la Thurn-und Taxische Hofbibliothek de Ratisbona. Ilustrada en G. Binding, *op. cit.*, p. 105.
  - 50 Diebold Schilling, *Spiezer Bilderchronik*, Berna, Syadtbibliothek, Maa. hist. helv. I, 81. Véase G. Binding, *op. cit.*, p. 29.
  - 51 Nardo Rapicano, miniatura del códice *De majestate* de Junanio Maio, París, Bibliothèque Nationale de France, AZC, f. 201. Mencionado por A. Zaragoza Catalán y M. Gómez-Ferrer, *op. cit.*, p. 200.
  - 52 J. Gimpel, *op. cit.*, p. 113.
  - 53 Jean de Councy, *La Bouquechardière*, 1460. Ámsterdam, Rijksmuseum Meermano-Westreenianum, Ms. 10 A 17, f. 133v. G. Binding (2006): *Als die Kathedralen in... op. cit.*, p. 24.
  - 54 A. Graciani, "Los equipos de obra y los medios auxiliares en la Edad Media", *op. cit.*, pp. 185-191. La grúa erigida en la localidad alemana de Tréveris, aún continuaba en funcionamiento a comienzos del siglo XX; contaba con una rueda de 4,20 m de diámetro.
  - 55 A. Klein, "Brueghel el Viejo, guía para el estudio de la Ciencia del siglo XVI", *Investigación y Ciencia*, 20, 1978, p. 88. El autor consideraba que seis hombres podían proporcionar entre 1,5 y 2 caballos de vapor durante un tiempo limitado, de manera que incluso con las pérdidas ocasionadas por fricción, la energía oscilaría entre 1,2 y 1,6 caballos de vapor. Con estas condiciones, sería posible elevar un bloque de una tonelada a unos 15 metros cada dos minutos y medio.
  - 56 ARV, *Mestre Racional*, 9.131. Citado por L. Tolosa y M. C. Vedreño, "Documents per a la història d'una construcció", en A. Zaragoza Catalán, *La capella reial d'Alfons el Magnànim de l'antic monestir de predicadors de València*, Direcció General de Promoció Cultural, Museus i Belles Arts, Valencia, vol. II, 1997, p. 53.
  - 57 A. Zaragoza Catalán y M. Gómez-Ferrer, *Pere Compte. Arquitecto*, Generalitat Valenciana, Valencia, 2007, pp. 204-205.
  - 58 *Grandes Chroniques de Saint-Denis*, Toulouse, Bibliothèque municipale, Ms 512, f. 96. Reproducida por G. Binding, *op. cit.*, p. 35.
  - 59 A. Zaragoza Catalán y M. Gómez-Ferrer, *op. cit.*, pp. 206-207.
  - 60 P. A. Beuter, *Primera parte de la Crónica general de toda España, y especialmente del Reyno de Valencia*, Imprenta de Pedro Patricio Mey, Valencia, 1604.
  - 61 A. Zaragoza Catalán y M. Gómez-Ferrer, *op. cit.*, pp. 208-212.