

caligrafía manuscrita, la utilización de términos técnicos no siempre correctamente transcritos o utilizados con la precisión necesaria para una adecuada interpretación. Glosarios o diccionarios de épocas posteriores y tradiciones orales que se han transmitido hasta épocas más próximas a la nuestra pueden ayudar a ésto.⁴

EL TRANSPORTE DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

No se puede separar el problema de la elevación de materiales del contexto en el que se inscribe. Este entorno es el de la construcción de tipo artesanal que podemos decir que se mantuvo de cierta forma en España hasta prácticamente la mitad del siglo XX, como podemos comprobar a través de los textos de enseñanza de construcción arquitectónica,⁵ y que no utiliza los distintos sistemas industrializados que se han ido incorporando progresivamente a partir de entonces. Actualmente, en obras de menor tamaño o en lugares aislados, se pueden encontrar todavía muchos de estos medios y equipos auxiliares: andamios de madera —a veces atados en sus uniones—, escaleras auxiliares —también de madera—, herramientas manuales y carretillas para transporte horizontal, poleas con simples cuerdas para elevación de materiales...

También es necesario subrayar el medio económico y social en el que surge esta arquitectura y dentro de él una serie de condicionantes esenciales recogidos por distintos autores. Las transformaciones en la construcción están muy ligadas a las nuevas tipologías de edificios que aparecen en el período medieval, en particular al nacimiento de las catedrales, y a las nuevas formas de utilización de ciertos materiales como la piedra, a la progresiva sustitución de las técnicas de albañilería por las de cantería en los edificios públicos más emblemáticos. Viollet-le-Duc señaló ya la diferencia en la disponibilidad de mano de obra, de recursos y de materiales en este período en relación con la época romana.⁶ Otros autores como Choisy recogen el cambio que representa, respecto a la basílica latina, la cubrición mediante bóvedas de las naves.⁷ Otro factor a considerar, por su influencia en la viabilidad de la construcción en relación con la economía de costos, es la disponibilidad de piedra adecuada y de madera en el entorno del edificio, lo que aparece en distintos textos de la época, y la necesidad en caso contrario de transportarla desde su lu-

gar de origen.⁸ Existen, además, una serie de movimientos que deben realizarse dentro de la obra para colocar estos materiales, parcial o totalmente elaborados, en su posición final y que estarán relacionados muy directamente con estos medios auxiliares y equipos de obra.

El transporte de materiales de construcción y el empleo de distintos medios para facilitar este trabajo ya había sido analizado en *Los diez libros de Arquitectura*, escrito en el siglo I por el arquitecto romano Marco Lucio Vitruvio. En el primer capítulo del décimo libro, se propone el autor «dar a conocer cuáles son los principios en que se ha de apoyar la construcción de toda clase de máquinas», indicando que «por máquina se entiende una reunión sólida de piezas de madera que tengan gran poder para mover pesos» y que «esta fuerza actúa mediante ingeniosos juegos de ruedas, que los griegos llaman «kicleken kynesin» o movimiento circular». Señala también que existen distintos tipos: «La primera clase es la escansoria, o ascensional (que sirve para subir), que en griego se llama «Acrobatikon»; la segunda es la neumática, denominada por ellos «Pneumaticon»; la tercera, la tractoria o de tracción, que ellos llaman «Baroulkon». El tipo de máquina ascensional es aquel que está compuesto de modo que mediante maderos, clavados unos perpendicularmente y otros transversalmente unidos a aquéllos, sea posible subir pesos y vigilar los preparativos. La neumática es la que por impulso del aire lanzado determine instrumentalmente impulsiones o sonidos. Finalmente, la tractoria es aquella mediante la cual se trasladan, o simplemente se elevan y se colocan en alto, grandes pesos».⁹ En los capítulos posteriores explica ejemplos concretos de aplicación de estos tipos de máquinas a la elevación o el desplazamiento de objetos y de materiales pesados.

Un aspecto importante de este tratado es que sólo nos ha llegado el texto y no los dibujos o figuras que lo acompañaban y a los que el autor se refiere repetidamente. Quizás esto ha sido un estímulo, ya que la supuesta «dificultad grande que tiene este autor, así por ser dificultosa la materia y poco aparejada para la elocuencia, como por ser los términos de ella tan oscuros y escabrosos», es compensada por «la excelencia y verdad con que trata esta materia, la importancia de ella y la utilidad que se seguirá de que tengan tal maestro los buenos artífices que ya empiezan a florecer en España», como señala el arquitecto Mi-

guel de Urrea, que realizó la primera traducción del latín al castellano en tiempos de Felipe II, al que dedica su trabajo. León Battista Alberti afirma que Vitruvio «escribió de una manera tan poco elegante que los latinos le acusarían de haber querido parecer griego y los griegos de haber hablado latín; pero en realidad no se mostró latino ni griego, ni ciertamente escribió para nosotros ya que no lo entendemos». ¹⁰ Falta de comprensión que podríamos aplicar a bastantes de sus traducciones actuales, si no fuese porque los tratados posteriores a partir del Renacimiento intentaron explicar e ilustrar este texto, lo que también se podría hacer mediante algunas miniaturas de los códices medievales.

Otro texto de referencia fundamental, éste ya con ilustraciones y explicaciones, es un códice de finales del siglo XVI, compuesto por cinco volúmenes manuscritos, inéditos hasta el siglo XX y que se conserva en la Biblioteca Nacional en Madrid. *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*, atribuidos durante mucho tiempo a Juanelo Turriano aunque actualmente parece que fueron escritos por uno o varios técnicos aragoneses, recogen en el *Libro 18* distintas herramientas y máquinas empleadas en construcción y que posiblemente fueron empleadas en la construcción medieval. Indica que «el mover pesos es en diversas maneras: más las piedras que se mueve para labrar aúque ellas sean peso mueven en tres maneras, la una es llevandolas, y la otra manera es empujandolas, y la tercera es quando las tiran». Explica con ilustraciones cómo se lleva el peso con «çevilla», por dos hombres, o mediante un carro tirado por ani-

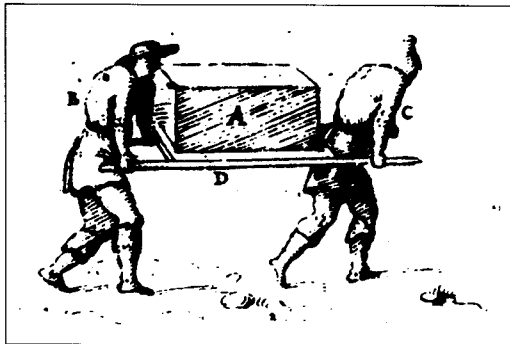


Figura 1
El peso A; la çevilla con q' es llevado D; los que le llevan son B y C

males, explicando que este último caso respondería al tercer tipo ya que «aunque el peso no vaya rastrando por el suelo van las ruedas siempre». Otros ejemplos de cómo «tirar» de materiales pesados son ilustrados por medio de mecanismos de poleas, tanto para desplazamientos horizontales como verticales (figuras 1 y 2) Indica también cómo se puede facilitar la labor de empujar pesos importantes mediante palancas o pequeñas piezas ya que «conviene siempre poner debaxo alguna cosa por mínima que sea porque si una vez assienta llano con grandissima dificultad se mueve para havelle de empujar». ¹¹ Explica igualmente lo que es un «hergate», una cabria o una grúa, de lo que se tratará un poco más adelante en esta comunicación.

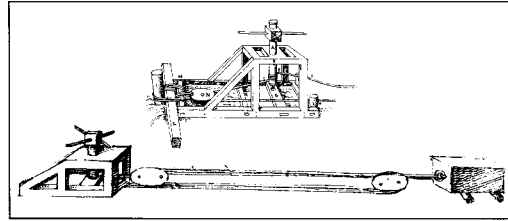


Figura 2
...que cosa es ver el peso propiamente tirado

LA ELEVACIÓN DE MATERIALES Y LOS ANDAMIAJES

Los dibujos miniados medievales son imágenes de síntesis que no tienen relación con los sistemas de representación desarrollados posteriormente y empleados actualmente. Nada nos asegura, además, que los artistas que los realizaron se inspirasen en lo que veían y que supiesen interpretar en su complejidad el proceso constructivo. Suele existir también un cierto desfase entre la representación gráfica de estos elementos y su empleo en las obras. Sin embargo, sí existen proporciones y ciertas convenciones que permiten interpretarlos, con un cierto grado de realismo, al estudiar la maquinaria y los medios auxiliares empleados en la época medieval. ¹² A ello nos ayudan los documentos ya mencionados, de épocas anteriores y posteriores, así como algunos pocos ejemplares de estas máquinas conservadas por distintas razones, ya sea por ser difíciles y caras de desmontar una vez finalizada su tarea o por haber sido utilizadas con

cierta frecuencia en labores de conservación y mantenimiento.¹³

Los sistemas constructivos empleados en la arquitectura tienen una relación muy directa con la disponibilidad de materiales y medios auxiliares, los conocimientos tecnológicos de cada período histórico, así como con la racionalidad en el uso de los recursos para conseguir su máximo aprovechamiento. Existe un cambio claro que aparece en estas miniaturas, y que marca la evolución del románico al gótico en las mejoras de los sistemas de elevación y que incide directamente en los andamiajes.

En esta primera época, los andamiajes eran más pesados y se apoyaban en el suelo, conectados a la fábrica en construcción por medio de elementos horizontales; permitían el acceso a las bóvedas de piedra que sustituyen en el medievo a las estructuras de madera que cubrían las basílicas romanas. Esta estructura de madera debía ser lo suficientemente sólida ya que el entablado de madera colocado sobre estos elementos horizontales y verticales servía como superficie de trabajo del albañil, pero también para apoyo de materiales. Su acceso, tanto de los albañiles como de los que transportaban las piedras y el mortero, mediante angarillas para las piezas talladas o de espuertas para el mortero o las piezas más pequeñas, se realizaba a través de escaleras móviles.

En el detalle de la *Escena de obra* del manuscrito Ms.fr.638 conservado en la biblioteca Pierpont Morgan, de Nueva York (figura 3), aparecen algunos de los sistemas de transporte de materiales mencionados: dos trabajadores suben por una escalera de madera y mediante unas angarillas sillares para la fábrica, siguiendo a un tercero que sube material mediante una espuerta de la que, a la vez, toma mortero un cuarto operario; junto a este último, un sexto parece ir a coger otras piezas que se han elevado hasta el nivel al que se está ejecutando la fábrica mediante un sistema formado por una cuerda que pasa a través de dos poleas situadas sobre una escuadra de madera y conectada a una rueda accionada al andar dentro de ella por el séptimo personaje, que parece comer algo a la vez. La rueda parece haberse sustentado mediante un elemento de fijación a través de su eje al que se arrollaría el final de la cuerda.

En el gótico las mejoras introducidas en la maquinaria de elevación permitieron colocar directamente los materiales sobre el muro aligerando considerablemente los andamios, convertidos ya únicamente en

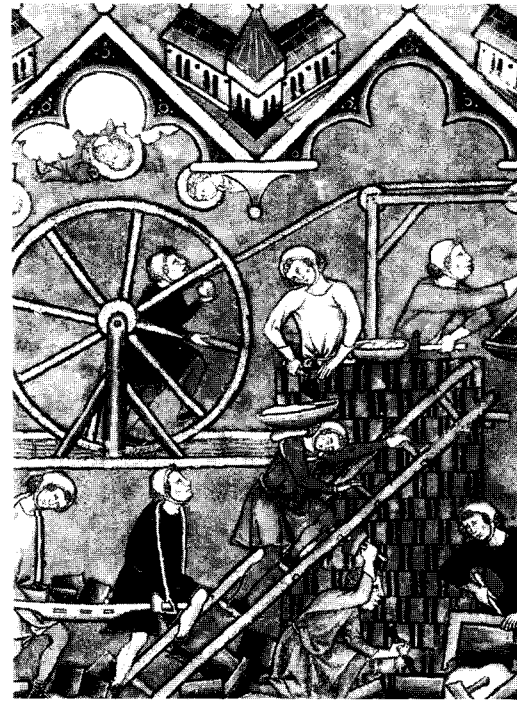


Figura 3
Escena de obra

una superficie de trabajo del albañil. A menudo se introducían en el diseño escaleras de caracol para permitir el acceso a la parte superior de los muros que, al construirse a la vez, facilitaban la circulación vertical. Los andamiajes, mucho más ligeros, solían hacerse mediante puentes volados y en algunas ocasiones mediante pescantes y tornapuntas, apoyándose en ambos casos en la fábrica en ejecución. Los andamios de puentes estaban formados por piezas apoyadas en dos puntos y voladas hacia el exterior, sobre las que se apoyaba el entablado que formaba el plano de trabajo; era necesario para que este sistema no volcase que se sujetasen las colas de los puentes cargándolas con un peso por la parte interior, lo que aprovecharon los arquitectos para situar en este punto las máquinas de elevación de materiales.

Una solución de este tipo aparece en el Códice 25 de la Württembergische Landesbibliothek de Stuttgart, en la imagen, bastante habitual a finales del siglo XII, de la *Construcción de la Torre de Babel* (figura 4). Se puede ver la plataforma de madera sobre

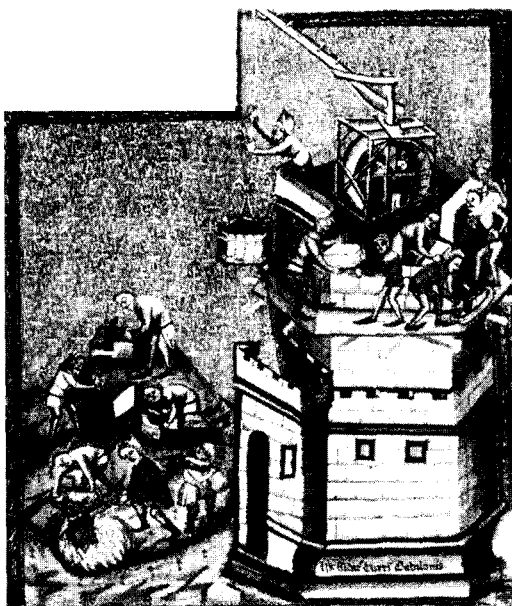


Figura 4
Construcción de la Torre de Babel

la que trabajan los albañiles. Igual que en la figura anterior, los materiales se elevan con una grúa, con el brazo más largo y complejo, con una sola polea, y con dos personas accionando la rueda en este dibujo; los canteros también tallan las piedras a pie de obra.

TIPOLOGÍAS DE MÁQUINAS

Entre las máquinas más utilizadas para la elevación y movimiento de materiales en este período, suelen diferenciarse por tipologías los ergantes o cabrestantes, las cabrias y las grúas. Los ergantes o cabrestantes son «máquinas para tirar la maroma que sostiene un peso, dándole vueltas alrededor de un cilindro que gira a fuerza de brazos por medio de unas palancas». La cabria es una «máquina para subir las piedras; se compone de dos vigas que forman ángulo; en lo alto de ellas hay una garrucha por donde para la maroma que sostiene el peso, el cual sube enroscándose la maroma en un cilindro que hay abajo.» La grúa es también «una máquina para subir piedras; es una rueda muy grande y un tímpano, dentro del cual entran dos hombres para moverla andando; y rodeándose a

ella la maroma que sustenta el peso, lo va elevando por una garrucha puesta en alto». Estas definiciones, del Diccionario de las Nobles Artes para Instrucción de los Aficionados y uso de los Profesores,¹⁴ nos permiten reconocer muchas de las que vemos en las miniaturas medievales.

Los cabrestantes aparecen con frecuencia en estas escenas de construcción, como podemos ver en un detalle de la *Construcción de la torre de Babel*, del Libro de Horas del duque de Bedford, en el que se coloca en la base de la torre en construcción (figura 5), o en la ilustración del *Primer libro de Esdras* de la Biblia historiada de Guyart des Moulins, que muestra la construcción de un templo y la sitúa en lo alto de una torre (figura 6). En ambos casos, se está elevando un sillar, sujeto en el primer caso por medio de lo que parece una hondilla, cuerda doble de cáñamo, sin fin, que se suspende de un gancho metálico. Existen algunas variaciones en esta tipología,

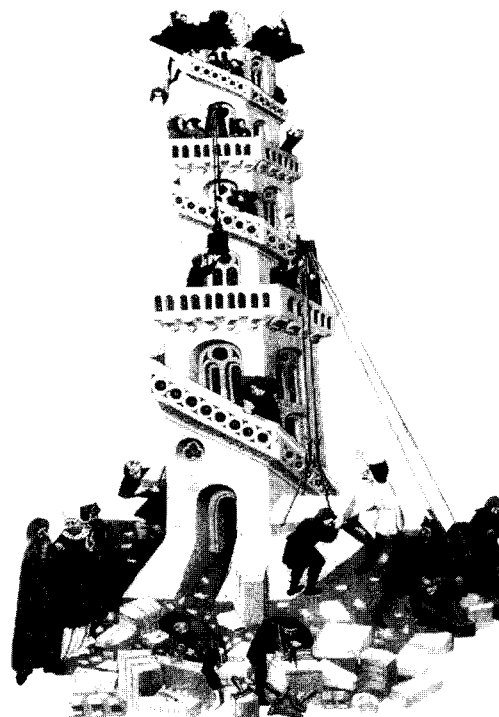


Figura 5
Construcción de la Torre de Babel



Figura 6
Construcción de un templo en Jerusalén. Primer libro de Esdras

que señalan que puede emplearse para arrastrar horizontalmente pesos, como recoge la ilustración de los *Veintiún Libros de los Ingenios y las Máquinas*, y su aplicación náutica.¹⁵

En el *Inicio de la construcción de la Gran Iglesia de Berna en 1420*, del manuscrito *Chronique privée de Berne, dite de Spietz*, se puede ver una cabria a la que se le han añadido unas tijeras en el extremo de la maroma, para sujetar un sillar que se está elevando posiblemente para ser cargado, ya que esto se produce a nivel de suelo, en un área en la que se están cortando los sillares. En algunos casos no es posible ver si en el extremo opuesto al que se está utilizando para soportar el peso existe un cilindro que permita su accionamiento como sucede en el detalle de la *Construcción de la Torre de Babel* de la *Crónica del mundo* conservada en Munich, o simplemente el accionamiento es manual, como sucede en el detalle de la *Construcción de un puente de madera del Roman d'Alexandre*,¹⁶ ambos casos supondrían variantes respecto a esta tipología, relacionadas con cargas menores. Otra variante de la

cabria es lo que en el manuscrito de los *Veintiún Libros de los Ingenios y las Máquinas* se denomina «cabrilla», «ingenio o máquina para subir pesos que está constituido por un trípode de cuyo vértice superior cuelga una polea o polipastos. Es mucho menos versátil que la grúa aunque puede levantar mayores pesos». Este ejemplo queda magníficamente representado por otro detalle de la *Chronique privée de Berne, dite de Spietz*, en el que se ve perfectamente una máquina de este tipo (figura 7).

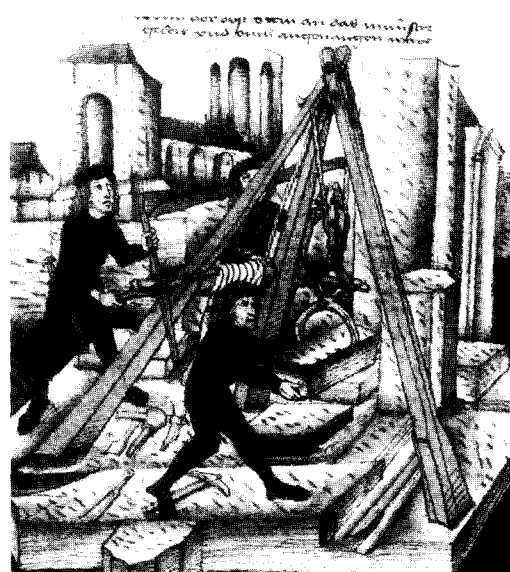


Figura 7
Inicio de la construcción de la Gran Iglesia de Berna en 1420

Las grúas incorporan una tecnología más compleja y permiten cargas de mayor importancia. Se han visto ya ejemplos de estas grúas en las ilustraciones de los manuscritos de Nueva York y Stuttgart, anteriormente citados. Uno de los elementos esenciales de la grúa es la rueda de accionamiento, que no es posible ver con detalle en las miniaturas y que puede alcanzar dimensiones importantes como se puede comprobar en algunas de las que han llegado a nosotros. El dibujo de una de ellas en el manuscrito del siglo XIII de Villard de Honnecourt se corresponde con los ingeniosos sistemas de las grúas de las catedrales de Salisbury o de Beauvais, conservadas bajo sus cu-

biertas; como indica la nota al margen «de este modo se efectúa el ensamblaje de una rueda sin dañar al eje» (figura 8).

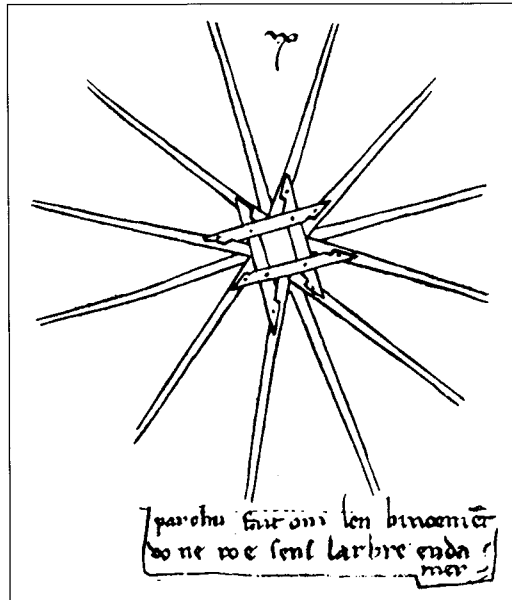


Figura 8
De este modo se efectúa el ensamblaje de una rueda sin dañar al eje

Otro elemento fundamental de la grúa es el pescante, «el madero que se pone horizontal ú oblicuamente sobre una cornisa ú otra parte abanzada, entregada su mitad para colgar á su extremo una garrucha o polea, ó para otro fin».¹⁷ Aparecen distintas soluciones para este elemento, combinando con el madero inicial horizontal otros inclinados, llegando a emplear soluciones muy avanzadas como en el elemento que aparece en la *Fundación de una Abadía*, en la *Vida de Santa Hedwige de Silesia*, del Museo de J.Paul Getty en Malibu (figura 9).

Finalmente, existen distintos medios de sujetar los materiales u objetos que se quieren elevar: además de ganchos y cuerdas, que aparecen por ejemplo en la figura 5, se emplean, cuando los pesos son mayores, la tenaza, en la figura 7, y la holivela que en el manuscrito de Pseudo Juanello Turriano se asocian al «hergate» (también aparece como «orgate»), y un



Figura 9
Fundación de una Abadía

elemento que se asocia con la grúa y que «tiene diversos nombres entre oficiales; llamale cada qual como quisiere; porque unos le llaman el cavallo, otros asno, otros albardon, otros la zivilla de la grua, otros coraçon como aquel de las balanças de pesar las cosas»¹⁸ y que vemos en el extremo de la cuerda, en la figura anterior.

En el manuscrito de Villard de Honnecourt se recoge también «uno de los más poderosos ingenios capaces de elevar cualquier peso» (figura 10). Este mecanismo funciona como un gato por medio de una rosca helicoidal, y se puede emplear para levantar objetos muy pesados, como indica Roland Bechmann, que lo compara con un dibujo del tratado de Jacques Besson de 1577 en el que se emplea para levantar cañones y cargarlos en un barco.¹⁹

CONCLUSIONES

Los principios de funcionamiento de muchas de estas máquinas de elevación de materiales ya están recogidos en el texto de Vitruvio y, como se ha indicado, han seguido utilizándose hasta nuestros días ligadas a las tradiciones de construcción artesanal. Se ha señalado a menudo que los diferentes manuscritos sobre esta materia, ilustrados mediante grabados, no fueron publicados como parte de los tratados de Arquitectura que difundieron este arte por Europa a partir del Renacimiento, lo que ha contribuido a que ciertos ingenios medievales nos parezcan imposibles de comprender. Se justifica ésto de diversas formas que van

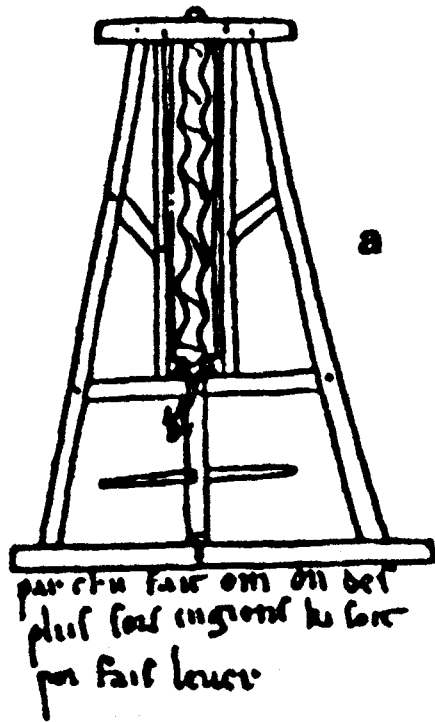


Figura 10
Uno de los más poderosos ingenios capaces de elevar cualquier peso.

desde la transmisión oral del aprendizaje gremial hasta los motivos estratégicos, por la importancia de los mismos fundamentos como base de las máquinas de guerra.

Iniciándose un nuevo siglo, la desaparición de estas técnicas artesanales de construcción y de su enseñanza en las escuelas de ingeniería y arquitectura puede hacer que se pierdan las claves fundamentales que nos permitan interpretarlas y entenderlas si no se procede al estudio de las mismas empleando para ello la experiencia de los pocos artesanos que van quedando en el mundo de la construcción.

NOTAS

1. Bechman, R. *Villard de Honnecourt: la pensée technique au XIIIème siècle et sa communication*. Ed. Picard,

Paris, 1991. El manuscrito ha sido publicado en facsímil: Honnecourt, V. De. *Cuaderno* (siglo XIII). Ms. Fr. 1993, Biblioteca Nacional de Paris, Ed Akal . Madrid, 1991.

2. La referencia a estos dibujos aparece en Pérez Sánchez, A. *La historia del dibujo en España, de la Edad Media a Goya*. Ed. Cátedra. Madrid, 1986 (pp. 111-112).
3. Textos citados respectivamente por Beaupaire «Marché relatif à la construction de deux travées de voûtes à l'abbatiale de Saint-Ouen de Rouen, Archives du tabellionage de Rouen, 1396» en *Les amis des monuments rouennais*, 1902, y Montagnes, B.: *Architecture dominicaine en Provence*. Ed. C.N.R.S. Paris, 1979.
4. Como la reciente publicación del catálogo de la exposición *Felipe II. Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y arquitectura en la época de Felipe II*. Ed. Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V y el patrocinio del Ministerio de Fomento e Iberdrola. Madrid, 1998.
5. En los *Apuntes de Construcción I* (Madrid, 1969) y *Construcción II* (Madrid 1970) de Ramiro Avedaño Paisan figuran varios de los medios auxiliares que se mencionan en esta comunicación; andamios atados con «lias», cubos y espuestas, angarillas, rodillos y palancas, poleas o garruchas, jaulas y cajas, hondillas, castañuelas, tenazas, tijeras, tornos, cabrias, gruas etc... En el texto de Galabré, F.: *Maquinaria General en obras y movimientos de tierras*. Ed. Reverté. Barcelona, 1969, algunos de los dibujos, con muy pocos ajustes, podrían servir para identificar y entender los esquemas del cuaderno de Villard de Honnecourt, relacionando los distintos términos, y siendo fáciles de incorporar como ejemplos a los programas de Física de las Escuelas de Arquitectura e Ingeniería.
6. «Para darnos cuenta de la magnitud de estos primeros esfuerzos de los constructores de la edad media, es necesario primeramente conocer los elementos de los que disponían y los medios prácticos entonces en uso. Los romanos que eran los dueños del mundo, y habían sabido establecer un gobierno regular y uniforme entre tantos pueblos aliados o conquistados, tenían en sus manos recursos que faltarían absolutamente en las provincias galas divididas en pequeños estados e innumerables fracciones como consecuencia del establecimiento del régimen feudal. Cuando los romanos querían cubrir una región de monumentos de utilidad pública, podían emplear allí, en un momento dado, no solamente un ejército de soldados habituados al trabajo, sino también a los habitantes del lugar movilizados al efecto, y obtenían prodigiosos resultados por el concurso de esta multitud de brazos. para construir pronto y bien adoptaron métodos que concordaban perfectamente con este estado social. ¿Los constructores de la edad media hubieran querido emplear también estos métodos o habrían

- encontrado tales ejércitos de trabajadores? ¿Cómo hacer llegar hasta una región desprovista de piedra, por ejemplo, los materiales necesarios a la construcción, cuando las antiguas vías romanas estaban llenas de baches, cuando no había dinero para comprar materiales o para obtener bestias de carga; cuando estas provincias estaban casi siempre en guerra unas contra otras? (...) El arte de la construcción salió de la barbarie en el siglo XI gracias a la actividad de los órdenes religiosos. Siendo el orden de Cluny el más considerable, el más importante y el más ilustrado, fue el primero que tuvo una escuela de constructores, cuyos nuevos principios producirían, en el siglo XII, monumentos ya liberados de las tradiciones romanas.» Viollet-Le-Duc, E. «La construcción medieval». El artículo «Construcción» del *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle* (1859). Ed. CEHOPU, CEDEX e Instituto Juan de Herrera. Madrid, 1996, pp. 9-10.
7. «El arte medieval fué desconocido durante largo tiempo: los escritores románticos lo sacaron del olvido. Sus métodos fueron estudiados en Francia por los trabajos de Caumont, Laussus, Viollet-Le-Duc; en Inglaterra por los de Willis (...) Para buscar los primeros anuncios de este arte, hay que partir del siglo XI, ya que en Occidente, invadido por los bárbaros, no existen las posibilidades y recursos necesarios para crear una arquitectura; se construye poco, de hecho no se hacen más monumentos que las iglesias (...). La arquitectura vegeta durante cinco siglos en el Bajo Imperio Romano. Los terrores del año mil acaban de adormecerla; hasta que un despertar súbito le devuelve una nueva actividad y una fecunda originalidad. El período de los siglos XI y XII es el tiempo de las grandes empresas. El siglo XI es la época de las peregrinaciones que nos revelan el Oriente, el XII será el de las cruzadas y las ciudades (...). A partir del siglo XI, las lenguas romances se constituyen y son testimonio por sus sabios procedimientos de análisis de esta necesidad de orden que parece sentirse. El arte, esta otra lengua no menos expresiva, se transforma también. Tiene dos fases bien distintas: una edad de formación por la vía de la copia a la que se ha dado el mismo (*) nombre que las lenguas nuevas de las que es contemporáneo, el románico; y posteriormente la edad de la originalidad absoluta, la edad analítica al más alto nivel, a la que se atribuye el nombre impropio pero consagrado de gótico. de una a otra no hay interrupción: una marca la aspiración metódica, la otra el resultado adquirido (...) Para una y otra, el programa es el mismo: abovedar la basílica latina; es en la forma de construir y de mantener las bóvedas donde los procedimientos son diferentes, donde se manifiesta el progreso. «Choisy, A.: *Histoire de l'architecture* (2t., 1899, Réédition). Ed. Bibliothèque de l'image. Paris, 1996, pp. 139-140. (*) Los términos coinciden en francés *langue romane* y *architecture ro-*
- mane*, y son sólo similares en español *lenguas romances* y *arquitectura románica*. En España se denominó *obra del romano* o *a la antigua* a la arquitectura Renacentista por oposición a lo que hoy se llama gótico y que en el siglo XVI se designaba como *obra moderna*; el primer tratado renacentista publicado fuera de Italia es precisamente *Medidas del Romano* de Diego de Sagredo.
8. A este respecto es bastante conocido el texto del abate Suger de 1140, sobre la dificultad de conseguir madera de las escuadrías necesarias para la iglesia abacial de Saint Denis, en Francia, citado por Gimpel, J. *Les bâtisseurs de cathédrales*. Ed. Seuil. Paris, 1958.
9. Vitruvio, M.: *De Architectura Libri Decem* (*Los Diez libros de Arquitectura*). Ed. *Princeps* 1486). Ed. Editorial Iberia. Barcelona, 1995, p.255.
10. Urrea, M. (traductor): «Prefacio» del *Tratado de Arquitectura dividido en diez libros de M. Vitruvio Polión*. Alcalá, 1583. Alberti, L.B.: *De Re Aedificatoria*. Florencia, 1485. Citados ambos por Blázquez, A.: en el «Prólogo» de *Los diez libros de Arquitectura Marco Lucio Vitruvio*. Ed. Iberia. Barcelona, 1995.
11. Turriano, Juanello (pseudónimo): *Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas* (2 volúmenes). Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y Ediciones Turner. Madrid, 1983, vol. 2, p. 519.
12. Sobre las representaciones gráficas y el estudio a través de las mismas de distintos aspectos del proceso constructivo, se pueden consultar de Arciniega García, L.: «La representación de la arquitectura en construcción en torno al siglo XVI», y de González Moreno-Navarro, J.L. «Los tratados históricos como documentos para la historia de la construcción», en *Actas del I Congreso de Historia de la Construcción*. Ed. CEHOPU, CEDEX e Instituto Juan de Herrera. Madrid, septiembre 1995, pp. 49-56 y 255-260. También de Pérez Martín, J.L.; de Ignacio Vicens, G.; Flórez de la Colina, M.A.: «Maquinaria y medios auxiliares para la construcción durante la Edad Media: Análisis de la iconografía». *II Congreso de Historia de la Construcción, 22-24 octubre 1998*, La Coruña, pp. 387-390.
13. En anteriores congresos se mencionó la importancia de las transformaciones en las máquinas de elevación en el período medieval y se indicaron algunos ejemplos conservados de este tipo de maquinaria, como la grúa de Trier, accionada mediante personas en el interior de la denominadas «ruedas de ratón», y que estaba en servicio a principios del siglo XX. Se dan datos de las dimensiones de esta grúa y de su potencia de carga en la comunicación de: Graciani García, A.: «Aportaciones medievales a la maquinaria de construcción». *II Congreso de Historia de la Construcción, 22-24 octubre 1998*, La Coruña, pp. 217-224.
14. Rejón De Silva, D.A.: *Diccionario de las Nobles Artes para Instrucción de los Aficionados y uso de los Profe-*

- sores. Madrid, 1788. Ed. facsímil del C.O.A.M. Madrid, 1995, pp. 43 y 117.
15. Turriano, J. (pseuo): *Op. cit.*, vol. 2, pp. 514 y 520. Sobre su aplicación náutica, ver la definición del *Vocabulario de términos oscuros y dificultosos* del catálogo de la exposición *Felipe II. Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y arquitectura en la época de Felipe II*, *Op. cit.*, pp. 416 y 425.
16. Ver figuras 4, 3 y 2 respectivamente en Pérez Martín, J.L.; Ignacio Vicens, G. de; Flórez de la Colina, M.A.: «Maquinaria y medios auxiliares para la construcción durante la Edad Media: Análisis de la iconografía», *Op. cit.*, p. 389.
17. Rejón de Silva, D.A.: *Op. cit.*, p. 160.
18. Turriano, J. (pseuo): *Op. cit.*, vol. 2, pp. 514-516.
19. Bechman, R.: *Op. cit.*, p. 244.