

Técnicas constructivas e innovaciones mecánicas aplicadas a los molinos bajomedievales: Un estudio sobre su evolución en España (siglos XI al XV)

Alberto Moreno Vega

En el estudio de las técnicas constructivas hay que reflexionar sobre dos aspectos fundamentales y unidos entre sí: el conocimiento de los materiales, que dará las respuestas a las preguntas ¿por qué fueron empleados y cómo evolucionaron?, y sus aplicaciones en cada sociedad histórica, con la pregunta ¿para qué y cuándo fueron usados?

Del siglo XIII al XV fueron surgiendo innovaciones técnicas en el ámbito agrario y de las industrias: los molinos hidráulicos y de viento, la sustitución del antiguo arado romano por otros de nueva invención, etc. Tales mejoras permitieron un aumento de las cosechas y, por lo tanto, acrecentar la producción de alimentos. Como consecuencia, se produjo un fuerte crecimiento demográfico en toda Europa y las tierras de cultivo experimentaron un gran auge. Surgieron así nuevos pueblos en el campo, que se llamaron «villas nuevas», y aparecieron, por primera vez en la Edad Media, excedentes agrícolas que permitieron su comercialización. El siglo XIII se considera la centuria de máximo esplendor medieval, con una gran prosperidad socioeconómica. La industria textil se convirtió en un importante generador de riqueza y las rutas comerciales cobraron un extraordinario desarrollo. Tal proceso expansivo creó nuevos centros de intercambio para el avituallamiento de los mercaderes, lo que provocó un aumento de las artesanías, que se concentraron formando ciudades.

En la España bajomedieval, tras reconquistar los cristianos el valle del Ebro, las huertas valencianas y, por último, la cuenca del Guadalquivir, se dio un au-

mento paulatino de nuevas tierras dedicadas a cultivos agrícolas y ganadería. Estos territorios terminaron, habitualmente, bajo la jurisdicción de señoríos feudales que tenían reservado el monopolio de autorizar o no la construcción de industrias y obligar a sus vasallos a moler los granos o frutos en los molinos de su propiedad. La economía de la sociedad medieval, monopolizada por señoríos, era predominantemente agrícola y ganadera, donde los cultivos de cereal fueron fundamentales para la subsistencia de la población. Las grandes necesidades de producir alimentos, moliendo cereales, elaborando pan, extrayendo aceite de oliva, etc., junto a las de fabricar materiales de obra, provocaron una construcción masiva de talleres artesanos e industrias (molinos hidráulicos harineros, batanes, tahonas, lagares, almazaras, batanes, panaderías, hornos de cal o ladrillo, ferrerías y fraguas, etc.).

A partir del siglo XI, se introdujo en toda Europa la sustitución progresiva de la madera y el tapial por la piedra y la mampostería, respectivamente. Con estos materiales comenzaron a edificarse molinos hidráulicos y de tiro animal, destinados principalmente a elaborar alimentos y transportar el agua hacia las ciudades o los campos de riego. Debido a ello, se desarrolló en la España bajomedieval una legislación abundante sobre cómo se debían construir los molinos, destacando la dictada por el Fuero de Cuenca. Del siglo XIII al XV, cuando surgieron los molinos de viento y de mareas, el uso de la piedra local aumentó, pero regularizada y ordenada según hiladas

unidas con argamasa. Otros nuevos materiales, como las tejas curvas y baldosas de arcilla cocida o los ladrillos, fueron también aplicados, junto al adobe, la madera, el barro y la cal, en la construcción de molinos medievales, para cubrir suelos, levantar muros y formar tejados. Esto fue posible al proliferar los grandes hornos para cocción de piezas cerámicas. A veces, los molinos debían cimentarse sobre los mismos lechos fluviales, como las aceñas de Olivares en Zamora, para lo cual había que construir estructuras pétreas de grandes dimensiones.

De otro lado, los molinos hidráulicos bajomedievales fueron aplicando, de forma paulatina, innovaciones tecnológicas para mejorar su rendimiento mecánico, al sustituir, primero, las ruedas de paletas planas por los rodeznos de álaves e introducir, posteriormente, los engranajes angulares, lo que permitió construir grandes aceñas. Es también durante la Edad Media cuando la energía hidráulica se diversifica, comenzándose a emplear en otros usos industriales, como los batanes para enfieltar los paños o las factorías destinadas a fabricar papel. Por último, junto a los pocos restos preservados actualmente de construcciones completas, existen aún abundantes vestigios aislados de molinos medievales, como bóvedas, azudas, muros, muelas, etc.

LA SUSTITUCIÓN DE LA MADERA POR LA PIEDRA DURANTE LA BAJA EDAD MEDIA

El paso «natural» del mampuesto a la sillería, o desde las cubiertas de madera hacia las técnicas abovedadas, encierra tras de sí la cuestión sobre las autorías de su arquitectura, el *modus operandi* de los gremios y la organización de los talleres artesanales. Un momento crucial en la historia de las técnicas constructivas bajomedievales, bajo tipologías de arquitectura rural, fue la sustitución de la madera por la piedra como material de obra. Las cabañas de madera fueron así reemplazadas por casas pétreas de dos pisos, edificadas con mampuestos que formaban hileras más o menos horizontales, a veces irregulares, mediante la utilización de cuñas. Pero, ¿cómo se produjo este cambio de materiales y de técnicas constructivas? Los edificios de madera fueron fácil presa de los incendios y actos vandálicos, pudiendo ser ésta la causa principal más probable de dicho cambio constructivo.

Bajo este contexto surgió, a partir del siglo XI, un estilo arquitectónico nuevo: el románico, que fundamentado en la piedra hizo frente a las débiles edificaciones de siglos anteriores. Al adoptar las nuevas estructuras de arquitectura románica, incidieron antiguas técnicas clásicas, donde junto a los nuevos materiales cerámicos y pétreos, también se restablecieron ciertos elementos constructivos de raigambre grecorromana: pilares, columnas adosadas, arco de medio punto y abovedados. Las nuevas instalaciones defensivas erigidas bajo dicho estilo arquitectónico, motivaron la importación de maestros extranjeros para reconstruir murallas, torres, etc. (Glick 1992, 21).

MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN LOS MOLINOS BAJOMEDIEVALES

La elección de los materiales quedó limitada, generalmente, por su disponibilidad en las inmediaciones donde se realizaba la instalación del molino, la facilidad para poder trabajarlos y por condicionamientos de tipo económico. Hubo un predominio evidente de la madera, piedra, ripio, adobe, ladrillo, paja y tejas cerámicas, pero sin aparecer de forma excluyente. La madera de distintas especies leñosas, como la encina, el olmo, roble o alcornoque, debido a su versatilidad y por ser las más duras y resistentes al agua, fue un material muy aplicado en casi todas las instalaciones industriales, con maquinaria de ruedas hidráulicas, husillos, ejes, etc. (Álvarez 1989, 667). Las primeras construcciones molineras de la Edad Media, hechas de paja y madera, evolucionaron, a veces de forma obligada, hacia otras de teja cerámica y piedra (figura 1).

A partir del siglo XIII, las referencias a hornos cerámicos y las reglamentaciones municipales (Fuero de Zorita, siglo XII) para la medida, calidad y precio de las tejas y ladrillos, demuestran que la fabricación ya se había desarrollado en las grandes ciudades castellano-leonesas. El uso de la piedra predominó, sobre todo, en los molinos de mayores dimensiones, aunque las construcciones más modestas la incorporaron como un elemento para reforzar paredes, abrir puertas, etc. Las vigas de madera procedentes de los bosques cercanos, rara vez superaban los cinco metros de longitud. La cal fue un producto básico para las construcciones bajomedievales, al ser utilizada como aglutinante de los diferentes materiales pétreos



Figura 1
Dibujo esquemático sobre un molino hidráulico medieval de rodezno (Díaz 1998)

y cerámicos usados en las obras de fábrica. Su aplicación estuvo cuidadosamente regulada, y así lo indican varios documentos históricos al establecer diferentes proporciones para la cal según se mezclase con piedra o tierra. De igual modo, cuando se deseaba incrementar la consistencia de un cimiento o de un muro, señalan el agregar más proporción de cal.



Figura 2
Carro transportando materiales de construcción (Cantigas de Sta. María de Alfonso X el Sabio, siglo XIII)

Otro factor a tener en cuenta, fue la distancia con respecto a la cantera donde se obtenía el material pétreo. El coste del acarreo (figura 2) podía encarecer desproporcionadamente cualquier actividad arquitectónica, hasta el punto de hacerla impracticable. Por ello, en todos los casos estudiados puede observarse cómo la litología de la fábrica denota siempre un origen local, es decir, que se trabajaba con los materiales más cercanos al solar donde se desarrollaba la obra. Los muros perimetrales eran habitualmente de mampostería, en muchos casos también se utilizaba el sillarejo y, a veces, la sillería. Los vanos y los esquinales, en la mayor parte de las torres, eran los elementos que recibían un tratamiento más cuidado, normalmente con remates de sillería.

La técnica constructiva de los molinos bajomedievales, responde habitualmente a los parámetros de una sencilla labor artesanal en piedra y madera. El trabajo en equipo de maestros albañiles (figura 3), canteros, herreros, carpinteros «de lo prieto», etc., en función de los diversos cometidos: levantar obras de fábrica, diseñar estructuras de madera (cubierta, maquinaria...), etc., y los materiales utilizados (ladrillos, tejas, cal,



Figura 3
Maestros constructores midiendo un muro medieval de piedra mediante cuerdas (Biblia de Alba 1430)

arena, piedra, hierro y madera). Generalmente, los materiales usados fueron deleznable y de poca consistencia que debían ser cambiados con frecuencia, sobre todo la madera, cuyas estructuras podían pudrirse fácilmente al estar bajo ambientes acuosos o húmedos. Debido a ello, las ordenanzas de los carpinteros de la ciudad de Murcia, por ejemplo, regularon en 1394 los meses para cortar la madera: «desde septiembre a diciembre, con el fin de que dicho material estuviese bien seco». Respecto a las técnicas de cimentación, durante la Edad Media se aplicó siempre la piedra, tanto en las grandes edificaciones como para las viviendas más humildes. En el periodo bajomedieval se utilizaron muy a menudo los cimientos de sillarejos irregulares de piedra caliza con mortero de cal y unas dimensiones inferiores a los 50 cm de longitud horizontal y 30 cm de altura. Sí hubo una gran variedad en cuanto a la sillería de cimentación: disposiciones, materiales, etc. Asimismo, los cimientos árabe-andalusíes, que combinaron sillares de gran tamaño dispuestos a tizón con rellenos de cantos rodados, arenisca, etc., fueron muy distintos a los empleados en las obras cristianas, exentas de rellenos.

Los molineros fortificados de la frontera cristiano-andalusí

Las torres y murallas deben ser consideradas como una parte más dentro de un sistema construido, compuesto por varios edificios que funcionaban unitariamente. Así, torres, molinos, iglesias o mezquitas, herrerías, puentes, etc., a partir del nexo común que suponen el territorio y las vías de transporte, constituyeron durante la Baja Edad Media un todo uno, motivado por los frecuentes cambios de frontera entre al-Andalus y los reinos cristianos de la Península Ibérica. Debido a ello, ciertos molinos aparecen asociados a una torre almenada con una supuesta función defensiva o de refugio para los propios molineros u otros pobladores cercanos, que normalmente se unieron a otras edificaciones adicionales de menor altura. Como ejemplos, pueden citarse algunos molinos hidráulicos ubicados en Alcalá de Guadaíra (Sevilla): El Algarrobo (figuras 4), de las Aceñas y de Realaje, o la hacienda Torre de Doña María (figura 5) y la de Quintos, ambas almazaras pertenecientes al municipio sevillano de Dos Hermanas. La litología de la cuenca del Guadalquivir, hizo que se utilizara



Figura 4
Molino El Algarrobo, en Alcalá de Guadaíra, Sevilla (Archivo BIC provincia de Sevilla 2011)



Figura 5
Hacienda Torre de Doña María en Dos Hermanas, provincia de Sevilla (Gabriel Gamiz 2010)

el mismo material para la edificación de dichos molinos fortificados: el adobe, la piedra y el tapial, que, junto a los ripios-contrafuertes de algunos ejemplares, aluden a una posible influencia mudéjar sobre los mismos.

En tiempos de al-Andalus, fueron comunes los materiales constructivos fabricados mediante procesos físico-químicos, a partir de otros naturales (arcilla) o ya elaborados (cal), empleados para levantar muros de ladrillo, tapial o mampostería. Con respecto a la piedra, lo habitual es que procedieran del mismo terreno en donde se ubicaba la edificación o de sus proximidades. Las areniscas calcáreas fueron

muy utilizadas en construcciones de cierta importancia, por tratarse de una piedra resistente, ligera y fácil de labrar y transportar sobre carretas. Los molinos árabe-andalusíes, que luego fueron reutilizados por los cristianos tras la Reconquista, operaron, pues, con los materiales pétreos existentes en cada zona geográfica y de acuerdo a sus posibilidades de utilización. Muchos molinos actuaron también como edificaciones militares en las zonas de frontera cristiano-andalusí, los cuales usaron técnicas constructivas de tipo mixto, donde se unificaron los elementos pétreos (zócalos, almenas...) y los materiales cerámicos (adobe, ladrillo...), formando aparejos de sillares, muros de mampostería o tapial, etc. (Malpica 1998).

La mayoría de los muros eran levantados mediante una base de mampostería, hasta unos 50 cm de altura y usando piedras irregulares, pedernales y/o calizas de tamaño medio trabadas o no con argamasa de cal o mezcla de barro, que tendían a componer hiladas horizontales. Los espacios vacíos que se formaban entre los elementos pétreos de mayor tamaño se rellenaban con ripios o guijarros. Lo más habitual fue disponer los mampuestos en hiladas regulares más o menos horizontales, rypiando cuando fuese necesario para guardar el equilibrio del muro. A continuación, sobre dicho zócalo, se disponía el tapial de tierra pisoneada, con mortero de cal-arena o barro, en el interior de un cajón desmontable de madera (encofrado), junto a una pequeña porción de material cerámico, escorias y, mayormente, grava (cantos rodados), que actuaban como aglutinantes. Los paramentos podían ir careados o enlucidos con una mezcla casi dura de arena y cal, a la que, a veces, añadían yeso y otras arcillas. Este revestimiento tenía dos finalidades: embellecer la construcción y protegerla, impermeabilizándola y aislándola de los procesos erosivos naturales ocasionados por el viento, la lluvia y el Sol. Por lo general, estas capas de adorno y resguardo han desaparecido de los molinos medievales, conservándose sólo partes desnudas de los muros primitivos.

El Molino del Cubo en Torredonjimeno (Jaén) fue un edificio harinero fortificado (figura 6), compuesto por un solo empiedro para realizar la molienda, lo cual estaba relacionado directamente con las características hídricas del arroyo que lo abastecía. Es el molino de mayor envergadura y el mejor preservado de los edificadas por las Órdenes Militares en el sur peninsular. Fue construido por la Orden de Calatra-

va, junto al arroyo Cubo, en el primer tercio del siglo XV. Se trata de un edificio sólido, debido a su carácter defensivo, cuyos muros fueron levantados con sillarejos. Presenta una planta-base rectangular sobre la que se alzan dos plantas, cuyo piso inferior y superior albergaban, respectivamente, un par de muelas y una gran sala para el almacenamiento de cereales y harinas. La puerta de acceso al molino está definida por un arco de medio punto, sobre la cual puede observarse una losa con caracteres góticos.

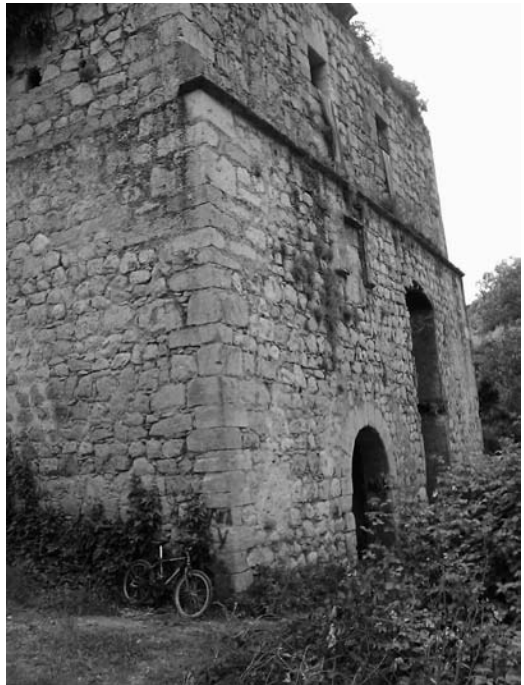


Figura 6
Molino del Cubo en Torredonjimeno, Jaén (Juan E. Ortega 2010)

De las aceñas árabe-andalusíes a la molinería cristiana de arquitectura románico-gótica

Tras la toma de Sevilla (1248) por las tropas de Fernando III el Santo, los documentos históricos llaman molinos a las aceñas árabes de las tierras recién cristianizadas, pero éstas no fueron erradicadas en al-

Andalus tras la Reconquista, sino reestructuradas a molinos de rodezno. Sin embargo, sí continuaron aquellas aceñas ubicadas en ríos caudalosos, como lo es el río Guadalquivir a su paso por las provincias de Córdoba y Sevilla.

Las edificaciones de aceñas formaron, a veces, molineros alineados transversalmente respecto a la corriente hídrica, compuestos por cuerpos independientes o cubos, cada uno de los cuales quedaba cimentado totalmente sobre lecho fluvial. Para ello, aplicaron estructuras de cimentación formadas por bloques pétreos de grandes dimensiones, encima de los cuales levantaban los muros de carga correspondientes a los cubos, contruidos en piedra de sillería revocada. Por su parte superior, los cubos quedaban cerrados mediante bóvedas de cañón realizadas en piedra con mortero de arena y cal, sobre las que descansaba el suelo y la maquinaria del molino. Estos molinos tenían que ser capaces de soportar los empujes hidráulicos, para lo cual se arquearon los muros a contracorriente o aguas arriba de los cubos, formando remates apuntados parecidos a los tajamares de los puentes, facilitando así el tránsito de agua con la mínima tensión (N/m^2) sobre la estructura sub-fluvial de la obra. Generalmente, los distintos cubos quedaban intercomunicados entre sí mediante arcos rebajados hechos de piedra, que apoyaban sobre las fábricas de los muros laterales, configurando un verdadero puente cuyas pilas eran los cubos de las propias aceñas.

Es lógico pensar que la sustitución de los molinos de álamos o rodezno por las aceñas, en tierras ibéricas meridionales, fue una consecuencia más de los procesos de repoblación cristiana. Durante todo el siglo XV, se produjo una gran expansión hacia el sur peninsular de las técnicas hidráulicas correspondientes a los molinos de rodezno, esto es, en las modalidades de cubo, canal y, por último, de regolfo. Asimismo, fueron erigidas también aceñas cristianas de nueva planta, siendo claros ejemplos los molineros ubicados en el río Duero a su paso por las provincias de Valladolid y Zamora, como las aceñas de Olivares (figura 7), con un claro estilo románico, al igual que los puentes cercanos a ellas.

Las fuentes de información medievales traslucen poco acerca de la estructura y el diseño arquitectónico de los molinos hidráulicos en la España cristiana, que sólo indican algunas referencias relativas a los materiales usados para su construcción y la maquinaria instalada. Solían ser edificios poco sólidos, remo-



Figura 7
Aceñas de Olivares en Zamora (Tamorlan 2012)

zados cada cierto tiempo, que tomaban el aspecto de casas tradicionales, con tejado a un agua o a dos, cuya estructura de cubierta la formaban troncos de madera (encina o pino), sobre la cual se disponía una capa de cañas, paja y barro, más teja cerámica como material de cobertura exterior. El edificio se levantaba sobre cimientos de mampostería pétreo, de la que arrancaban los pilares y/o muros de carga, con una sola puerta de acceso principal y un estrecho vano a modo de saetera. El interior de la casa molinera, se componía de dos pisos, uno inferior, llamado cubo, donde se alojaba el mecanismo, formado por engranajes, ruedas hidráulicas, ejes, etc., para el suministro energético al molino, cuya cubierta solía ser de arcos apuntados o de medio punto, más otro piso superior que formaba una gran sala rectangular en la cual se realizaba la molturación de los cereales, el abatanado de paños, etc.

Los molinos bajomedievales de cubo en Fregenal de la Sierra (Badajoz) fueron edificados usando materiales típicos de dicha zona geográfica. Los muros están hechos en mampostería de piedra basta con cal procedente de los hornos locales. Las jambas y dinteles de los vanos están resueltos con refuerzos de piedra o capialzados de ladrillo cerámico. Las cubiertas fueron construidas a un agua, usando una estructura de madera y teja cerámica como material de cobertura. Su distribución interior obedece a las necesidades propias de la molinería: sala de molienda más almacén. (López 2011).

Un caso singular es el molino subterráneo de La Mina (figura 8) en Alcalá de Guadaíra (Sevilla). La construcción original, que data del siglo XV, se dispone bajo dos espacios arquitectónicos distintos: uno

abovedado y otro excavado en la misma roca natural. Su empiedro, formado sólo por un par de muelas, era movido mediante la fuerza hidráulica procedente de una galería de agua subterránea, de las muchas que recorrían el subsuelo de Alcalá, cuyo recurso hídrico fue incluso transportado a Sevilla, mediante los Caños de Carmona, para su consumo humano.



Figura 8
Molino de la Mina en Alcalá de Guadaíra, según grabado anónimo romántico de la primera quincuena del siglo XIX

Legislación bajomedieval sobre la construcción de molinos

En el Medievo, la legislación sobre construcción de molinos fue abundante, siendo quizá la más completa la del Fuero de Cuenca (siglos XII-XIII). Este documento especifica, por ejemplo, el ancho mínimo del camino de acceso al molino y el modo de construir los caces o canales para tomar el agua. Establece, además, que se debían colocar señales para detectar las inundaciones provocadas por otros molineros y señala sanciones para los que causasen daños. De otro lado, este mismo Fuero, que ostentaba en la práctica el monopolio sobre los materiales de construcción, ordenó expropiar molinos a favor del Concejo para evitar que propietarios particulares pudiesen alterar su buen funcionamiento (González 2008, 116).

Aunque los molinos eran construcciones orientadas a la elaboración industrial de alimentos y otros productos demandados por la sociedad, fueron además un símbolo del poder señorial y eclesiástico, por lo que muchos formaban parte de los monopolios nobi-

liarios, abades, etc. Debido a ello, cada zona geográfica tuvo una normativa específica para «regularizar» la instalación y el funcionamiento de los mismos. Un caso de frecuentes litigios lo constituyó la reparación de los molinos que pertenecían a varios propietarios, lo que generalmente provocaba disputas entre sus dueños. Respecto a ello, el Fuero de Soria (siglo XIII) legisló a favor de quienes preferían reconstruir un molino, invalidando los derechos de los propietarios que no deseaban repararlo.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MOLINERÍA DEL MEDIEVO

Las máquinas medievales trabajaban gracias a cuatro ingenios de madera diferentes: la rueda hidráulica, el tornillo, la leva y la biela. Ninguno de los citados fue un artefacto de origen medieval, pero su empleo, por las noticias que se disponen, fue generalizado durante aquel periodo histórico (Azurmendi 2001, 42). Fueron instrumentos mecánicos que a día de hoy son reconocidos como sencillos, y hasta evidentes, pero para la sociedad medieval supusieron la primera revolución energética (García 2008, 314), debido a sustituir la potencia humana por un mecanismo, a veces auxiliado por la fuerza de tiro animal (noria de sangre). La instalación de tales artefactos, todos ellos aplicados a la molinería, estuvo a cargo de los maestros de molinos, una especie de ingenieros prácticos agrupados en los gremios de los maestros constructores.

La expansión socio-económica bajomedieval hizo que, del siglo XII al XV, numerosos molinos de agua y de viento se instalaran en las zonas agrícolas y urbanas más prósperas, para la molturación de cereales o frutos, pero también destinados a realizar diversas operaciones industriales: fabricar papel, abatanar paños, obtener pólvora, fundir metales...

Las referencias históricas medievales a los molinos de viento son muy posteriores a las de molinos hidráulicos. El molino de viento medieval estaba formado básicamente por tres partes: el edificio, en la mayoría de los casos cilíndrico y de mampostería, la maquinaria de molienda y de transmisión (engranajes de madera) que se ubicaban en su interior, justo debajo de la cubierta, y el sistema externo de aspas y ejes, cuya función era captar la fuerza eólica natural y, mediante su movimiento circular, hacerla transmitir a todo el conjunto mecánico, realizando así el co-

metido industrial para el que fue diseñado el molino. (Moreno y López 2012).

En España, el origen de los molinos de viento, como máquinas capaces de producir energía mecánica, tuvo lugar del siglo XI al XII, por medio de la civilización árabe-andalusí, llegando hasta la mitad sur de la Península Ibérica y dando lugar a una tipología claramente distinguible de artefacto eólico mediterráneo. Este primer prototipo de molino de viento medieval, con su característico rotor a vela, se utilizó para moler cereales y bombear agua en toda la extensión de al-Andalus. La torre solía ser cilíndrica, con gruesos muros de mampostería ordinaria y mortero, casi siempre revocados y encalados, que podían proporcionarle alturas de hasta ocho metros.

Las aceñas medievales fueron construcciones fluviales que se caracterizaron por presentar una rueda de gran tamaño y vertical, parcialmente sumergida en el río, que transfería su movimiento, mediante un eje horizontal, a otra rueda dentada vertical. Esta última, denominada «catalina», engranaba sus dientes angularmente con una pieza cilíndrica, llamada «linterna», la cual quedaba ensamblada con un eje vertical que transformaba el giro de la rueda en un movimiento rotacional de las piedras o muelas volanderas (figura 9).

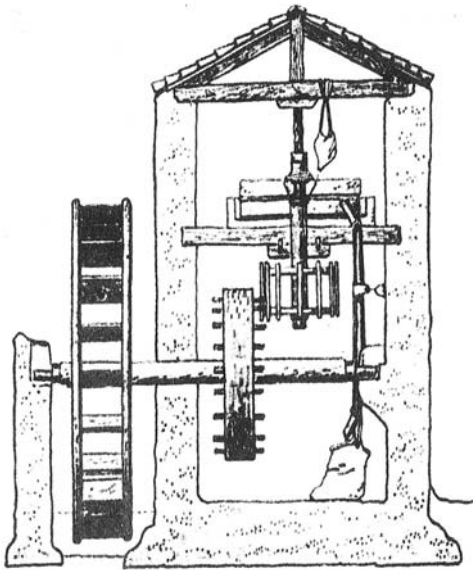


Figura 9
Esquema de la maquinaria interior en un molino de rueda hidráulica vertical (aceña) (dibujo anónimo s/f)

A diferencia de las aceñas, los molinos de canal se construían fuera de la corriente hidráulica, pero muy cercanos al cauce fluvial. El agua se reconducía desde una represa, por medio de un canal inclinado, hasta la dependencia inferior del molino donde se ubicaba el rodezno. Allí, controlado por una compuerta, el chorro salía en caída libre a la presión atmosférica y caía sobre la rueda horizontal, haciéndola girar y moviendo la muela por medio de un eje (figura 10). Finalmente, una vez girado el rodezno, el agua salía del molino, por medio de otro canal, para volver al cauce de origen.

Los molinos de cubo (figura 11) empleaban los mismos mecanismos que los de canal, pero acumulaban el agua en un depósito con forma de torre hasta su llenado, para luego ser vaciado de golpe sobre la rueda horizontal. Este sistema permite lograr la mis-

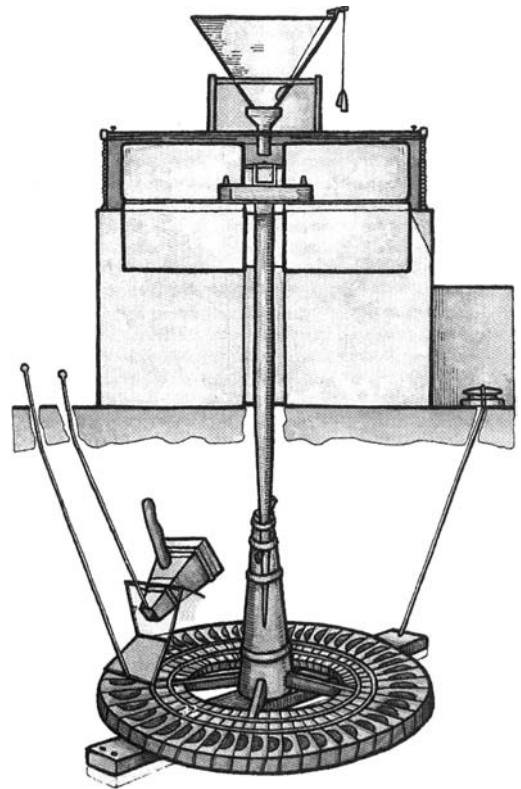


Figura 10
Esquema de la maquinaria interior en un molino hidráulico de rodezno (R. Córdoba de la Llave 2002)

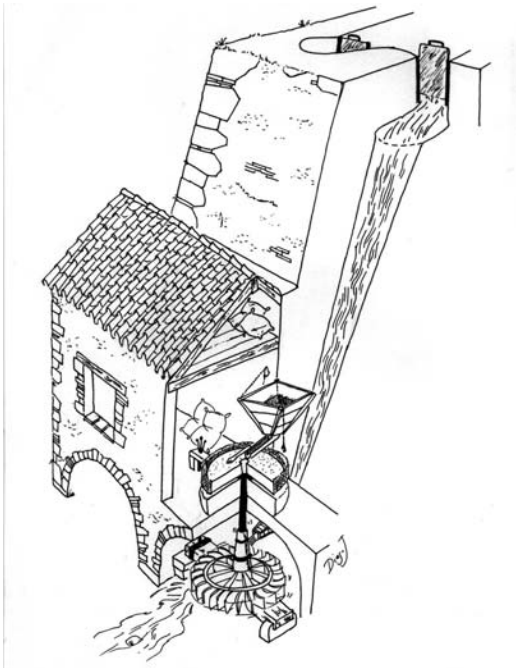


Figura 11
Molino harinero medieval de cubo (dibujo de Diego J. Sánchez Guerra 2010)

ma potencia que la generada por los molinos de canal, pero empleando menores caudales. Debido a ello, fueron apropiados para todas aquellas zonas con escasez de agua. Los cubos eran construidos bajo diversas formas geométricas: prismáticos, cilíndricos, etc., y presentaban un mayor grosor en la base para resistir la presión hidráulica.

La tecnología utilizada por los molinos destinados a elaborar aceite de oliva fue aplicada, con idéntica maquinaria, para otros fines agroalimentarios, tal y como sucedió en los ingenios azucareros implantados por los árabes a partir del siglo X y continuados durante la Edad Moderna. Por otro lado, las almazaras tuvieron variantes energéticas para el proceso destinado a la molturación de las aceitunas, es decir, que junto a los molederos de tracción animal coexistieron otros de accionamiento hidráulico e incluso mixtos, bien readaptados a tal fin o aprovechando el fundamento técnico de aceñas y molinos hidráulicos de rodezno ya existentes (López y Moreno 2013). Tal y como escribe D. Ignacio González Tascón

(1992), la conversión de las almazaras de sangre a hidráulicas pudo realizarse muy fácilmente acoplando a su artefacto molturador una rueda de agua vertical u horizontal, cuya modificación tecnológica-energética ya fue aplicada por los árabes en la España medieval de al-Andalus (figuras 12 y 13).

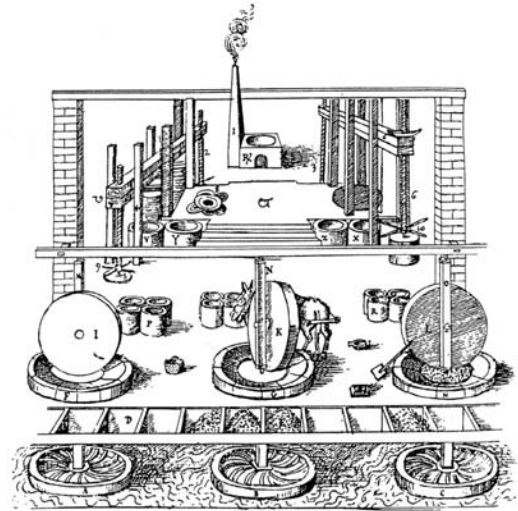


Figura 12
Almazara de accionamiento mixto hidráulico (rodezno) y animal (P. Lastanosa siglo XVII)

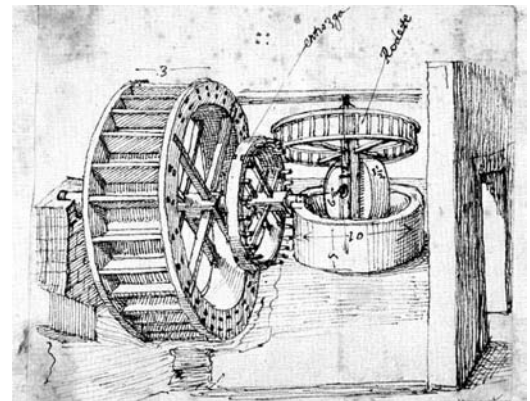


Fig. 13
Rueda de aceña para mover un moledero de aceitunas (P. Lastanosa siglo XVII)

CONCLUSIÓN

Las técnicas constructivas empleadas en los molinos del siglo XI al XV fueron fáciles de realizar por hombres no plenamente cualificados y sin aplicar grandes gastos para su edificación. La molinería bajomedieval, y especialmente la de raigambre árabe-andalusí, tuvo preferencia por las edificaciones con muros de tapial, zócalos de mampostería y estructuras de madera para la cubierta y la maquinaria, cuya técnica era económica, fácil y rápida de aplicar. La situación de inestabilidad político-militar que se dio en la cuenca del Guadalquivir a finales del siglo XII y durante todo el XIII, hizo que los edificios molinares unificaran la función industrial con la militar, dando lugar a fortificaciones que servían tanto para producir alimentos como de torres defensivas o vigías. Las industrias bajomedievales, en lo que se refiere a energía y utilización de materiales, fueron unos complejos de madera y piedra que utilizaron fundamentalmente la fuerza de tiro animal o la potencia hidráulica y eólica que ofrecían los recursos naturales para el movimiento de sus artefactos mecánicos.

LISTA DE REFERENCIAS

- Álvarez Llopis, M. Elisa. 1989. «El molino hidráulico en la sociedad hispano medieval, s. X-XIII». *El agua en zonas áridas: arqueología e historia*. Almería: Diputación de Almería.
- Azurmendi Pérez, Luis. 2001. «Energía, máquinas y territorio. Tecnología medieval». *Villas al mar. Ciudades medievales*, 36-47. Santander (Cantabria): Asociación Tajamar.
- Córdoba de la Llave, Ricardo. 2002. «Las técnicas preindustriales». *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, Vol. 2: Edad Media 2, 223-434. Valladolid: Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Turismo.
- Díaz García, Miguel Sabino. 1998. *La molinería tradicional en Las Encartaciones*. Bilbao: Juntas Generales de Bizkaia y Museo de Las Encartaciones.
- García Tapia, Nicolás. 2008. «Técnica y usos. El papel del agua en la sociedad castellana medieval». *Musulmanes y cristianos frente al agua en las ciudades medievales*, 307-330. Santander: PUBliCan y Universidad Castilla-La Mancha.
- Glick, Thomas F. 1992. *Tecnología, ciencia y cultura en la España medieval*. Madrid: Alianza Editorial.
- González Tascón, Ignacio. 1992. *Fábricas hidráulicas españolas*, 2ª edición. Madrid: MOPT.
- González Tascón, Ignacio. 2008. «La difusión medieval del molino hidráulico». *Ars Mechanicae. Ingeniería medieval en España*. Madrid: CEDEX y Fundación Juanelo Turriano.
- Lastanosa, P. J. de. Siglo XVII. *Los veintiún libros de los ingenios y las máquinas*, Tomo III, Libro XIII. BDH.
- López Gálvez, M. Yolanda y Alberto Moreno Vega. 2013. «Estudio histórico-técnico sobre las almazaras hidráulicas españolas del Medievo y la Edad Moderna». *XVI Simposium Científico-Técnico Expoliva*. Jaén: Fundación del Olivar.
- López Romero, María. 2011. «Conjunto de molinos de cubo en Fregenal de la Sierra». *VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Malpica Cuello, Antonio. 1998. «Las técnicas constructivas en al-Andalus. Un debate entre la Arqueología y la Arquitectura». *Técnicas Agrícolas, Industriales e Constructivas na Idade Media*, 277-336. Celanova (Orense): Andavira.
- Moreno Vega, Alberto y M. Yolanda López Gálvez. 2012. «Los molinos como impulsores de la industria medieval: ingenios para la obtención de alimentos». *8º Congreso Internacional de Molinología*. Tui (Pontevedra): ACEM.