

	Pesetas
Fuego: 3k. x 10h. = 30k., á 40 pesetas la tonelada.....	1,20
Maquinista: 1/8 del diario á 4 pesetas.....	0,50
Grasa, aceite, trapos, luz.....	0,25
	1,95

A este gasto es necesario añadir el interés y amortización del capital de adquisición. Supongamos que la máquina, puesta á funcionar, costará 1.050 pesetas por fuerza de caballo: el interés anual sería, á 5 por 100 de 52,50 pesetas. La amortización y el entretenimiento mayor puede evaluarse en 20 por 100 lo más: sean 210 pesetas: sean con el interés 262 pesetas por año. Esta cifra debe dividirse por el número de días de trabajo efectivo para tener el gasto de este género por día. Haciendo este cálculo para diferentes números de días de trabajo anual y añadiéndole el precio de los gastos diarios calculados precedentemente, se forma la tabla siguiente:

	NÚMERO de días de trabajo por año.						
	50	100	150	200	250	300	350
	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.
Fuego, maquinistas y grasas, como se ha dicho antes.....	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95
Interés, amortización y mayor entretenimiento.....	5,25	2,62	1,75	1,35	1,05	0,87	0,75
Gasto total por día y por caballo.....	7,20	4,57	3,70	3,26	3,00	2,82	2,70

Si el combustible costará 55 pesetas la tonelada, como puede suceder cuando los transportes son considerables, si la máquina no fuera sino de dos caballos y quemara 5 kilogramos por hora y por fuerza de caballo, repitiendo el cálculo precedente, se vería que el precio del jornal del caballo vapor podría elevarse á 40<sup>pes.</sup>,25 si se trabajara sólo 50 días al año.

Hemos insistido sobre estos detalles tan sencillos para hacer comprender cómo varía el precio del jornal, y permitir á cada uno establecer su cuenta con los elementos de su localidad antes de hacer la compra de una máquina de vapor. Como cifra media aproximada, cuando está puesta en las condiciones ordinarias, se puede admitir, que un jornal de caballo vapor en las alquerías viene á ser de 3 á 5 pesetas.

El precio del jornal de 1.000 kilográmetros dado por una máquina de vapor puede, pues, variar de 0<sup>pes.</sup>,0010 á 0<sup>pes.</sup>,0038, y elevarse en condiciones ordinarias á cerca de 0<sup>pes.</sup>,0015 lo más. Es bien sabido, lo repetimos de nuevo, que no pretendemos de ningún modo dar estas cifras como absolutas; hemos querido señalar solamente cómo se debe hacer el cálculo para que cada uno introduzca en él los elementos apropiados á su localidad.

Más adelante tendremos que volver á hablar sobre las máquinas empleadas en el cultivo por vapor; pero lo que precede basta, en cuanto al presente, para responder á las cuestiones que ocurren en la práctica de las alquerías para empleo de máquinas de vapor.

## CAPITULO VI

### Motores hidráulicos empleados en agricultura.

**OBJETO DEL CAPÍTULO.** Es muy de desear se propague cada vez más el uso de los motores mecánicos á los trabajos agrícolas y se multipliquen en nuestros campos, como se han multiplicado de sesenta años á esta parte en la industria manufacturera. La explotación rural más modesta debería tener su motor mecánico, su pequeño esclavo de hierro, siempre pronto, sin murmuración y sin fatiga, á ayudar al obrero rural en el cumplimiento de su tarea, á evitarle los trabajos más rudos y á dejarle así tiempo necesario para los trabajos que exigen más cuidado y reflexión. Cuán léjos estamos de este deseo en España, no hay que decirlo, pues ni siquiera aprovecha la industria la mayoría de los saltos de agua situados en ciertos parajes.

Los motores inanimados empleados hasta el presente en agricultura están basados sobre el empleo de la fuerza del vapor, del agua ó del viento.

Las máquinas eléctricas, las de gas, de aceites esenciales, ó bien de acción solar, están aún muy léjos de la práctica para el campo, y no las mencionamos aquí. Otro tanto sucede con las máquinas de aire caliente, aunque estén llamadas á prestar grandes servicios á la agricultura, cuando hayan llegado á ser más ligeras y capaces de funcionar sin agua.

La fuerza del viento, en razón á la irregularidad de su acción, se emplea rara vez en agricultura, sino es para desecaciones y para algunas elevaciones de agua; por lo tanto, el estudio de los molinos de viento se puede dejar para el tratado consagrado á las desecaciones y á los riegos.

La fuerza de las corrientes de agua, recibida con ayuda de ruedas hidráulicas ú otros aparatos de esta especie, es el motor más económico, el más regular y el más fácil de manejar que existe. Es el motor agrícola por excelencia, y no se podría recomendar bastante su uso cuantas veces sea posible. Se verá en el capítulo siguiente, consagrado al estudio de las transmisiones de fuerzas, que la potencia de una rueda hidráulica puede utilizarse á bastantes grandes distancias de la caída que la da origen: el uso de los motores hidráulicos no está, pues, exclusivamente reservado para localidades privilegiadas donde se encuentran las corrientes de agua.

Las máquinas hidráulicas más usadas, trasforman directamente el movimiento del agua en un movimiento de rotación del árbol motor.

En cierto número de máquinas que utilizan grandes saltos, la presión del agua comunica á un émbolo un movimiento alternativo que se trasformá, por los medios ordinarios, en movimiento de rotación. No se hacen aplicaciones en las granjas de estas máquinas, por lo que no nos ocuparemos de ellas. Tampoco hablaremos de las de acción directa, destinadas á elevar las aguas de riego, ni de las hidráulicas de compresión de aire.



El establecimiento de las pequeñas ruedas hidráulicas de la fuerza de dos ó tres hombres ó la de un caballo es tan fácil y tan poco costoso, que sorprende no encontrarlas en todas las granjas próximas á una corriente de agua. Se las aplicaria con ventaja á hacer manteca, majar cáñamo, cortar heno, paja y raíces para los animales, á mover la piedra de afilar, serrar maderas, y á otra porcion de usos domésticos. Un gran motor exige mecanismos complicados y continuos cuidados, pero todo el mundo puede servirse de una pequeña rueda como la de que hablamos, que trasmite su fuerza con ayuda de poleas de garganta y cuerdas sin fin del grueso de las de un torno ordinario. Los constructores de máquinas agrícolas no se han ocupado bastante, hasta ahora, de estos aparatos.

Sería considerable su venta apénas fueran conocidos. Se podría establecer, de chapa y fundicion, pequeñas turbinas muy económicas, á las que se conduciria el agua por pequeñas canales de madera, ó bien, segun la necesidad, con algunos tubos de metal. Estas pequeñas ruedas serian igualmente fáciles de establecer de madera en todas las granjas, y bastaria, de seguro, que algunos propietarios las hiciesen construir para que su ejemplo se siguiese en el momento.

El establecimiento de los grandes motores hidráulicos empleados por la industria, constituye uno de los ramos más importantes de la ciencia de construccion de máquinas: no trataremos de profundizar un punto tan complicado; hablaremos solamente aquí de los motores sencillos y de pequeña dimension, empleados en agricultura. Así como lo hemos hecho para las máquinas de vapor, trataremos más bien de hacer comprender las condiciones del establecimiento y empleo de los motores hidráulicos, que no de hacer conocer su detalle y los principios de su construccion, los cuales no pueden confiarse sino á mecánicos especiales, cuando se quiere aspirar á cierto grado de perfeccion.

**FUERZA DE UNA CAIDA DE AGUA.** Conviene recordar primero que la fuerza de una caída de agua, como se dice en general, ó su trabajo mecánico en kilográmetros por segundo, para ser más exacto, es igual al volumen del agua que da por segundo, expresado en litros, multiplicado por la altura de la caída en metros. La altura de la caída es fácil de obtener por una medida directa, ó por una nivelacion que haga conocer la distancia vertical que separa la superficie del agua desde el punto más alto al más bajo. En cuanto al gasto de agua, no se puede obtener sino por el aforo del curso de agua, operacion que se describirá con detalles en el tratado de riegos.

La fuerza de las caídas de agua está ordinariamente expresada en caballos de vapor de 75 kilográmetros por 1". Basta, para obtener el número de caballos de vapor que da la caída considerada, dividir por 75 el trabajo expresado en kilográmetros, es decir, el producto del gasto por la altura de la caída.

Como hemos tenido ocasion de decir al hablar de los malacates, todo aparato motor absorbe una parte del trabajo mecánico que recibe, y no da en trabajo útil, sino una parte del trabajo motor que le mueve.

Las ruedas hidráulicas no escapan de esta regla. Las más perfeccionadas dan en trabajo útil las 0,90 á lo más del trabajo de la caída que les anima; los buenos aparatos ordinarios dan 0,70 próximamente de efecto útil, y se encuentran muchas veces en nuestros campos molinos mal contruidos, que apenas utilizan la mitad, el tercio, y algunas veces ménos, de la fuerza de la caída de agua. Cuando se tiene calculado el trabajo de una caída de agua, es necesario no despreciar y tener cuenta de esta reduccion inevitable para evaluar el trabajo de que se podrá verdaderamente disponer sobre el árbol motor.

**OBRA PARA LA INSTALACION DE LAS RUEDAS HIDRÁULICAS.** El establecimiento de un motor hidráulico necesita la construccion de cierto número de obras accesorias en tierra ó en mampostería, que debemos mencionar. Casi todos los sistemas de ruedas hidráulicas exigen el establecimiento de un canal de conduccion de aguas llamado caz, de uno de salida, y de otro de derivacion. El ancho del canal de llegada y de salida debe ser igual á 11 ó 13 veces el ancho de la abertura de las compuertas, para que el agua circule lentamente con pendiente superficial muy ligera, á fin de utilizar sobre la rueda misma la altura total de la caída. La entrada del canal de llegada, llamado saetin, debe estar dotada de una compuerta de guardia, destinada á prevenir la entrada de altas aguas y á cerrar completamente el canal en casos de reparaciones.

Si el rio suele acarrear hielos ó cuerpos flotantes voluminosos, es necesario establecer encima de las obras una estacada de madera bastante fuerte para protegerlas enteramente. En fin, es prudente dejar en las encajaduras de todas las compuertas ranuras en que se puedan encajar viguetas, para establecer rápidamente una empalizada tupida en caso de reparaciones importantes.

Las compuertas del fondo, los vertederos de superficie y las demas obras puestas á la cabeza del canal de derivacion para prevenir la aglomeracion exagerada de aguas en la parte superior de las máquinas, son análogas á las que se emplean en los riegos. Las describirémos en otro tratado con todos los detalles necesarios.

Cuando el gasto permanente de un rio es inferior al gasto del motor que se quiere emplear, se establece encima de la rueda un largo canal ó estanque, formando depósito. El agua se reúne en este depósito en los períodos de detencion del motor, y al emprender el trabajo, se puede, en más ó ménos tiempo, obtener un gasto suficiente; es lo que se llama marchar á represadas. Conociendo el gasto constante que alimenta el depósito y el gasto de la rueda hidráulica, se calcula fácilmente las dimensiones del depósito, para que el nivel del agua que encierra varíe á lo más, entre el principio y fin de la represada, de 0<sup>m</sup>,30 á 0<sup>m</sup>,40 para las ruedas de paletas por encima, y para las de cajones guarnecidas de compuertas, con carga sobre el vértice. Para ruedas de paletas por debajo, las variaciones del nivel del depósito deben ser mantenidas entre límites tales, que la velocidad del agua á la salida de la compuerta matriz varíe lo más en un sexto de su valor medio. Para las turbinas, las variaciones de velocidad debida á la carga puede, sin gran inconveniente, elevarse hasta el tercio de su valor medio. El trabajo á represadas es muy molesto para las fábricas que están aguas abajo, y no debiera permitirse sino en caso de no perjudicar á un tercero.

Las ruedas hidráulicas pequeñas están con frecuencia establecidas al aire libre, en el exterior de los edificios que encierran las máquinas que mueven. Conviene cerrarlas con un cobertizo de mampostería. Esta precaucion tiene por objeto preservar á la rueda de la accion del sol, y en climas muy frios, impedir al rededor de la corona de la rueda la formacion de masas de hielo, que podrian deteriorar el aparato.

**CONDICIONES GENERALES DE ESTABLECIMIENTO DE LOS MOTORES HIDRÁULICOS.** No reproducirémos aquí las fórmulas generales relativas al establecimiento de los motores hidráulicos, que se hallan desarrolladas en muchas obras que han llegado á ser clásicas. Bastará recordar que el efecto útil de un motor hidráulico, es el mayor posible cuando entra el agua sin choque y sale sin velocidad. Ningun motor realiza estas condiciones de una manera absoluta; pero los buenos constructores tratan de aproximarse cuanto permite el sistema de rueda que las condiciones especiales del problema les conduzcan á adoptar.



Los motores hidráulicos aplicables á las necesidades ordinarias de las explotaciones agrícolas, de que debemos ocuparnos exclusivamente, son, como las máquinas de vapor estudiadas en el capítulo precedente, de una fuerza poco considerable, comprendida lo más ordinariamente entre 4 y 6 caballos, y pasando rara vez de 10. Estos motores deben ser de una construcción poco complicada y muy sólida. Cualquiera que sea la potencia de la caída motriz de que se dispone, se debe siempre evitar la pérdida del agua, empleando motores que den un efecto útil que satisfaga, á fin de aprovecharse de la posibilidad de utilizar ulteriormente una parte mayor de la fuerza disponible. Los motores que satisfacen á estas condiciones se dividen en muchas clases, que vamos á indicar sucesivamente.

**RUEDAS DE CAJONES.** Las ruedas de cajones, muy generalizadas, están generalmente mal construidas y colocadas en condiciones diferentes de las que permitirían realizar el efecto útil más considerable. Las ruedas de cajones se componen de dos coronas circulares, reunidas por un fondo cilíndrico, y entre las que están dispuestas separaciones de tablas fijas, constituyendo los depósitos ó cajones. El agua entra en los cajones en el vértice de la rueda, ó en un punto próximo al vértice. Las grandes ruedas de cajones son generalmente de metal; pero las pequeñas son enteramente de madera. Los brazos de la rueda en general, están fijos sobre rodajas de fundición, disposición poco costosa que aumenta la duración y la solidez del árbol, evitando taladrarlo con las cajas indispensables cuando la rueda es enteramente de madera.

El diámetro de la rueda es igual á la caída total disminuida en una altura generatriz capaz de dar al agua una velocidad doble de la que debe tener la rueda en su circunferencia, y de una cantidad de algunos milímetros para el juego de la rueda. La figura 13.ª muestra una de estas ruedas en perspectiva: el movimiento se trasmite por el engranaje al piñón superior, y de éste al árbol motor principal.

El efecto útil de las ruedas de cajones disminuye rápidamente cuando están metidas en agua en su parte inferior; además, la velocidad de la circunferencia para un buen funcionamiento depende de la velocidad de llegada del agua. El nivel del líquido en el canal de encima no debe sufrir sino pequeñas alteraciones. Las ruedas de cajones no convienen, pues, sino en circunstancias en que el nivel del agua del punto superior é inferior del canal son poco variables.

La separación de los cajones es ordinariamente de 0<sup>m</sup>,25 á 0<sup>m</sup>,40.

Quando se conoce el diámetro de la rueda, que está determinado por la caída disponible, se fija la separación de manera que esté contenido un número exacto de veces en la circunferencia y se obtiene así el número de cajones que hay que construir.

El agua, después de haber llenado cada cajón, desciende con una velocidad igual á la de la circunferencia de la rueda y debe verterse lo más bajo posible, para producir todo el trabajo mecánico debido á su caída. Es necesario, pues, que el agua no llene enteramente los cajones para que el momento de verter el agua llegue lo más tarde posible. La experiencia enseña que, en las ruedas que giran con una velocidad moderada, es decir, inferior á 2 metros próximamente por 1" en la circunferencia, el agua no debe llenar los cajones sino hasta mitad próximamente. Se puede, pues, por un dibujo en gran escala, ó por el cálculo, determinar la capacidad necesaria de cada cajón, y por consiguiente su longitud, que es igual á la separación de las dos coronas de la rueda, que se llama el ancho de la rueda. La velocidad de la circunferencia de la rueda debe ser igual teóricamente á la mitad de la de llegada del agua, velocidad que se deduce de la altura de la caída, por una

fórmula muy sencilla. Pero en la práctica, según los experimentos del general Morin, la velocidad de la circunferencia de la rueda debe estar comprendida entre los 0,4 y los 0,6 de la de llegada del agua para las ruedas pequeñas, y puede variar entre los 0,30 y los 0,80 de esta velocidad para las ruedas cuyo diámetro exceda 3 á 4 metros. La velocidad de la circunferencia de las ruedas de cajones debe por otra parte estar comprendida entre 1 y 2 metros para las pequeñas y puede elevarse á 2<sup>m</sup>,50 para las grandes.

Quando se observan, en el establecimiento de una rueda de cajones, las relaciones de velocidad y las dimensiones de que se acaba de hablar, el efecto útil de este género de ruedas, es decir, la relación del trabajo recibido sobre el árbol al trabajo desarrollado por la caída, se eleva á 0,63, y aún á 0,70 en aparatos establecidos con cuidado. Pero se encuentran comunmente ruedas de cajones girando muy rápidamente, y cuyo efecto útil es mucho más pequeño que el que acabamos de indicar. Conviene señalar las causas que hacen decrecer así el efecto útil, para justificar las reglas que acabamos de dar, según la teoría comprobada por la experiencia.

En lo que precede, se ha supuesto la velocidad de la rueda bastante pequeña para que la superficie del agua en los cajones sea casi horizontal, de manera que el momento de verterse principia solamente cuando esta línea horizontal alcanza la cresta del cajón. Pero cuando la velocidad de la rueda en la circunferencia aumenta, la fuerza centrífuga interviene de una manera más y más considerable, y la superficie del líquido, en vez de ser plana y horizontal, afecta la forma de una superficie cilíndrica que se eleva del lado del fondo exterior del cajón. El desprendimiento del agua se produce, pues, tanto más pronto, cuanto mayor es la velocidad, es decir, que la cantidad de agua que sale de la rueda sin haber producido el efecto útil aumenta con esta velocidad. Así, por ejemplo, el efecto útil de una misma rueda girando con una velocidad de 2 metros por minuto en la circunferencia siendo 60 por 100, se reduce á 40 por 100 cuando la velocidad alcanza á 3<sup>m</sup>,4 y á 25 por 100 solamente cuando la velocidad se eleva á 4 metros. Este solo ejemplo muestra cómo el efecto útil disminuye rápidamente en las ruedas de cajones, cuando la velocidad es muy considerable. Se puede prevenir el que se vierta prematuramente una parte del agua de los cajones por la fuerza centrífuga, envolviendo la rueda por una especie de capa. La pérdida de agua se reduce entonces á la que tiene lugar entre la rueda y su envolvente, pero esta disposición aumenta los gastos de establecimiento. Conviene evitarla siempre, adoptando para las ruedas de cajones, la pequeña velocidad que responde á su mayor efecto útil.

En resumen, las ruedas de cajones bien construidas y mantenidas en los límites convenientes de velocidad, pueden dar 0,63 á 0,70 de efecto útil; tienen la ventaja de poder marchar con velocidades bastante variables, sin que el efecto útil disminuya mucho, lo que en general es bueno para las aplicaciones agrícolas. Su ejecución es fácil, porque no exigen mucha sillería. Se aplican, sobre todo, con ventaja, á las caídas de 2 metros á 5 de altura; pero exigen un río ó canal cuyo nivel varíe poco, así en el principio del caudal como en el término, circunstancia desgraciadamente bastante rara en ciertos países. Se puede, es verdad, construir ruedas de cajones que funcionen muy bien y reciban, sin embargo, agua de un canal de nivel superior variable, disponiendo la compuerta de admisión de manera que dé agua más ó menos lejos del vértice, según las necesidades; pero estas disposiciones quitan á este sistema de ruedas la sencillez y economía que le hace tan apreciado en las explotaciones rurales.