

este caso una pérdida de fuerza viva, tanto más considerable cuanto mayor sea el cambio de velocidad y el peso del cuerpo elevado.

Así, por ejemplo, el malacate de poceros exige que se paren las caballerías no bien se eleva el cubo lleno y que inviertan su marcha para subir el que se halla en el fondo del pozo. En mayor ó menor escala sucede esto con todos los aparatos de elevación hasta aquí descritos si bien los inconvenientes no son muy grandes, porque las velocidades de ascension suelen ser pequeñas y los motores animados tienen ya la costumbre de alterar con facilidad su cambio de marcha, ó su modo de obrar. En la cubeta holandesa puede haber continuidad en el manubrio y biela que mueven el extremo del balancin, pero siempre hay las intermitencias de éste y de la caja en que se eleva el agua.

Los aparatos en cuya descripción vamos á entrar pronto son preferibles á los anteriores bajo el aspecto de la continuidad, si bien habrá que apreciar además, en cada caso particular, las condiciones especiales del mismo, para elegir el artefacto más conveniente.

Atendiendo á la misma consideración fundamental conviene que todas las máquinas elevadoras de agua tengan la condición precisa de abandonar ésta con la menor velocidad posible, pues la energía de un líquido al llegar al depósito ó alberca es perfectamente inútil y se gasta así la del motor en pura pérdida. Conviene también que el agua entre en la máquina con la menor velocidad posible.

Si el líquido ha de discurrir por tubos será preciso evitar en lo posible los estrechamientos y los cambios bruscos de dirección, pues en ambos casos hay una perturbación en la velocidad que consume inútilmente una parte de la energía, lo cual es más perjudicial aún atendiendo á la falta de elasticidad del agua. Se procurará, por tanto, que la sección de los tubos sea casi uniforme, y de no ser esto posible, que se estrechen poco á poco, así como de que al bifurcarse un tubo formen las ramas un ángulo agudo y al tener que doblar una cañería forme un ángulo obtuso, ó un trayecto curvo hasta empalmar con la nueva dirección.

Los cambios bruscos de sección se evitarán también en compuertas y canalizos cuando se trate de aprovechar la fuerza motriz del agua.

Todas las precauciones indicadas producirán, no solamente un aprovechamiento mejor de la energía, sino que también evitarán choques y sacudidas de la masa líquida, que estropean los aparatos y los rompen con frecuencia.

RUEDAS DE PALETAS. Como máquinas elevadoras de aguas y que funcionan de una manera continua, sin cambiar de velocidad, si bien á veces el chorro del agua no es perfectamente continuo, podemos citar las ruedas de paletas.

Supongamos una rueda de paletas como la indicada en la figura 16 del tratado primero, mantenida como aquella entre dos paredes laterales, con las que casi ajustan las paletas, así como con el fondo curvo del canalizo. Si la compuerta que hay en la derecha de la figura no existiera y la rueda estuviera animada de un movimiento en sentido contrario de que le daba el agua al caer, movimiento tomado de un motor cualquiera, se comprende bien que empujaría el agua y la elevaría hasta la parte superior. La figura 34 indica perfectamente una rueda funcionando: la transmisión del movimiento se hace por medio del piñón que engrana con una rueda de la corona.

Para que el efecto sea lo mayor posible, conviene que haya en la parte inferior una capa líquida mayor que la indicada en la segunda: conviene asimismo inclinar un poco las paletas, de suerte que la que ahora está horizontal en la derecha, estuviera inclinada desde

la rueda hasta su parte más separada, quedando ésta última más baja que la primera; con esto se consigue que al llegar á la altura donde debe verse el agua se facilite la salida de ésta, y no quede una parte de líquido en el ángulo de la paleta con la rueda, la cual se elevará más allá de la altura del resto en pura pérdida.

Estas máquinas no deben emplearse más que para alturas de 3 á 4 metros, y deben marchar muy despacio, de suerte que la velocidad de la circunferencia no pase de un metro por segundo. Lo primero es con objeto de evitar ruedas de gran diámetro y que las pérdidas por el huelgo de las paletas con las paredes y fondo son tanto más sensibles cuanto mayor es el desnivel; débese lo segundo al deseo de evitar que el líquido esté animado de gran velocidad al abandonar la rueda, la cual sería perdida, y de disminuir los choques de las paletas con el líquido inferior. El coeficiente de una rueda de esta clase bien construida puede llegar á 0,75, es decir, que aprovecha las tres cuartas partes de la fuerza motriz.

Hé aquí las dimensiones de una rueda de esta clase que ha funcionado mucho tiempo en las cercanías de París para elevar el agua del Sena.

Diámetro exterior de la rueda.....	10,672 metros.
Idem interior.....	9,024 »
Longitud de las paletas.....	1,216 »
Altura de las mismas.....	0,900 »
Id. id. medida según el radio.....	0,824 »
Número de paletas.....	36, »

Esta rueda eleva unos 2.500 metros cúbicos por hora á 4 metros de altura, y está movida por una potente máquina de vapor, la cual obra por el intermedio de una rueda dentada que engrana con otra situada en el interior de una de las coronas á las cuales se adaptan las paletas, con lo cual se favorece la resistencia del eje de la rueda.

El radio de ésta debe ser algo mayor que la altura á que se eleva el agua. La separación de las paletas en la circunferencia exterior, debe ser cosa de 0^m,3 á 0^m,4 para las de dimensiones regulares, y su altura igual á la de la capa de agua que hay en la parte inferior del canalizo. Partiendo de estos datos, y fijada la velocidad de la circunferencia de la rueda en 0^m,8 por ejemplo, se calculará fácilmente el ancho de la rueda. Conviene contar, como pérdida de agua por el huelgo de la rueda con paredes y fondos y por los huecos que quedan sin llenar entre paleta y paleta, con la décima parte del agua elevada.

Un ejemplo aclarará esto. Supongamos que se desean elevar 100 litros por segundo á dos metros de altura, de los cuales solo 90 serán los que realmente llegarán á la parte superior; el trabajo mecánico será 200 kilográmetros por segundo y tomando por coeficiente 0,70 habrá que dividir dicho trabajo por dicho coeficiente, lo que da unos 286 kilográmetros, que son casi cuatro cabllos de vapor, fuerza real que tendrá la máquina motriz. Supongamos que la velocidad es 0^m,8 en la circunferencia exterior, que las paletas distan entre sí 0^m,3 y que la altura del agua en la capa inferior, ó sea la de las paletas, es 0^m,35; la sección de la capa de agua es $0,35 \times 0,30 = 0,105$ metros cuadrados. El diámetro de la rueda lo fijo en 5,20 metros, con lo cual su radio es 2,60, mayor que 2,35, que es el desnivel aumentado en el espesor de la capa de agua. Para calcular el ancho de la rueda habría que dividir el volumen elevado por la velocidad de la circunferencia y por la altura de las paletas, lo cual daría, expresando los 100 litros por 0,1 metros cúbicos.

$$\frac{0,1}{0,8 \times 0,35} = 0^m,36$$

RUEDAS DE CAJONES. Pueden emplearse también para elevar el agua las ruedas de cajones, como se ve en la figura 15 del Tratado primero, aunque invirtiendo el orden de su movimiento. La altura de esta rueda, ó sea su diámetro exterior, debe ser igual al desnivel que se trata de vencer, asentado en el espesor de la capa de agua inferior y en cierta altura necesaria por la capa superior, para que viertan los cajones en un depósito análogo al de las norias. Este depósito deberá ajustar contra la circunferencia de la rueda si es exterior, para que no haya pérdidas del agua elevada, y esta dificultad es la que hace ménos ventajosa esta rueda con respecto á la de paletas. El alto de los cajones será igual al espesor de la capa de agua inferior.

Puede emplearse esta rueda cuando se trata de alturas algo considerables. En ella también conviene que la velocidad de la circunferencia sea pequeña, para evitar pérdidas de fuerza viva. Con el vertedero puesto como antes hemos indicado, hay el inconveniente de que el agua tiene que elevarse inútilmente desde el nivel de éste á la parte superior de la rueda. Por todo esto, y á pesar de algunas disposiciones ingeniosas para verter el agua, no se ha generalizado el empleo de esta rueda como máquina elevadora: luego la describiremos, cuando la disposición de su armazón permite poner el depósito en un interior.

Por lo demás haremos aquí una observación, que es común al caso de rueda de paletas y en general al de toda otra rueda elevadora de agua, siempre que esté movida por una rueda hidráulica. Dicha observación es que la rueda elevadora debe situarse en la parte alta del canalizo destinado á la rueda motriz, haciendo en él, si es preciso, un cuenco especial para establecer la máquina elevadora; de esta suerte no es preciso subir el agua, sino desde dicho canal superior. La trasmisión del movimiento, que siempre consume una parte de la fuerza, se efectúa por una correa, una cadena sin fin ó por engranajes.

No debe ponerse nunca la rueda elevadora al nivel de la motriz, sino cuando esta última aprovecha la fuerza de la corriente de un río sin salto alguno construido expresamente: entonces, para mayor economía, pueden ir juntas sobre un mismo eje la rueda elevadora y la motriz, que en tal caso es siempre de paletas planas.

Hemos insistido en estos casos, porque si bien no es de rigor que la rueda elevadora sea movida por una hidráulica, conviene hacerlo así en muchos casos para mayor economía y por tener á mano la fuerza motriz. Lo más económico de todo es precisamente el uso de estas ruedas, que aprovechan la velocidad del río sin obra alguna de fábrica y especialmente empleando las llamadas colgadas. (Véase tratado primero, pág. 150.)

Si empleamos una que no se encuentre en este último caso, habrá que tener en cuenta lo que dijimos al principio de este capítulo para su cálculo; así, para el ejemplo del párrafo anterior dispondremos una de 5 caballos para tener en la rueda elevadora 4 efectivos.

La figura 35 representa una rueda de cajones, económica y práctica. El agua asciende desde un depósito *A* y el líquido se coloca en la posición que muestra perfectamente el dibujo, vertiéndose parte en *B*, de donde pasa luego por un canalizo *D*, y parte en *C*, de donde pasa por otro canalizo *E*. Los brazos de madera *F* sostienen el armazón. Por lo cual dichos cajones *B* y *C* van cada uno por ambos lados de la rueda penetrando algo dentro de ésta, pues los brazos *F* sólo están en su centro. El líquido penetra por unos agujeros

que hay en la corona exterior, mientras que sale el aire de los cajones por otros agujeros que hay en la corona interior, por los cuales se vierte luego el líquido en *C* y en *B*. La disposición de estos dos depósitos á diversas alturas permite aprovechar en la posible la altura máxima de elevación del agua.

RUEDAS DE CANGILONES. Se llama así una rueda ordinaria que lleva en su circunferencia una ó dos filas de cacharros ó cajas que se llenan de agua al llegar á la parte inferior y se vierten cuando están próximas á la superior de la rueda, los cangilones ó arcajones van sujetos á ésta con cuerdas ú otro medio toscos. Pueden ir en una rueda especial movida por un mecanismo cualquiera, ó bien, es lo más común, en una rueda colgada de paletas, generalmente de gran diámetro. La disposición de los cangilones tiene cierta analogía con los de una noria, pero en la cual no hubiera más que la rueda principal de ésta.

Los cangilones fijos que se vacían por un agujero dan ménos efecto útil que los tubos que giran en un arco de círculo y conservan una posición perfectamente vertical hasta el momento mismo en que deben vaciarse. Mejor disposición todavía es la que ha sido establecida en Soissons, para dedicar al riego una parte de las aguas del río Vesle. La rueda establecida en una propiedad particular lleva en su circunferencia un gran número de compartimentos ó cajas destinadas á contener el agua que se ha de elevar. Estas cajas se llenan en el nivel inferior, por el exterior de la rueda y se vacían en los canales repartidores, por aberturas practicadas en el interior, cuando llegan á una altura conveniente. Con este objeto, los brazos que rodean el contorno de la rueda no ocupan todo el ancho de ésta, lo que permite á las cajas penetrar en su interior para recibir el agua, sin entorpecer el movimiento. Una rueda hidráulica movida por el salto de agua hace andar la rueda elevadora.

Estas ruedas dan un efecto útil bastante notable, y pueden construirse de un modo muy toscos y económico, como veremos pronto en el ejemplo de las de Palma del Río.

Se han hecho también con esmero empleando cangilones de metal. Conviene que la velocidad de la rueda no sea grande, por lo que ya detallamos anteriormente. Puede admitirse como coeficiente para estas ruedas 0,65. Dada la capacidad de cada cangilon y la velocidad de la rueda, así como el volumen de agua que hay que elevar, se calcula fácilmente el número de cangilones: es preferible poner dos ó más coronas á junta demasiado los cangilones y á hacerlos demasiado grandes.

Pasemos ya al examen de las ruedas de esta clase empleadas generalmente en España, toscas de suerte que puede hacerlas cualquier carpintero de aldea, pero de muy buen resultado práctico. Tomaremos el ejemplo de las ruedas usadas en Palma del Río, sobre cuya administración de aguas en común hablaremos más adelante: en dicha localidad funcionan desde hace muchísimos años ruedas de esta especie; hace una decena de éstos habia 24 ruedas en activo servicio. Palma del Río está situada en la confluencia de los ríos Genil y Guadalquivir y pertenece á la provincia de Córdoba.

EJEMPLO DE RUEDAS DE CANGILONES.—Cada rueda tiene 9^m,10 de diámetro. Todos sus brazos están colocados en un sólo plano vertical; tienen $\frac{0,12}{0,12}$ de escuadría. Están unidos entre sí del lado de la circunferencia exterior por tres coronas dobles de $\frac{0,10}{0,03}$ formando muesca. En el interior de estas coronas hay dos grandes tableros macizos de 0^m,04 de espesor, y que presentan las dimensiones del cuadrado inscrito en la más pequeña de las tres coronas, sirven para unir y contrapear las extremidades inferiores de los brazos. Cuatro solamente de estos brazos penetran en el árbol de la rueda, pieza de encina de 0^m,40 de diámetro y

de 2^m,40 de longitud. Las demás piezas son de pino del país. Todas están sujetas por simples clavijas.

Cada brazo lleva á su extremidad, sobre las coronas, una paleta de 1^m,20 de longitud y 0^m,40 de ancha.

Las paletas están perforadas con cuatro agujeros de 7 á 8 centímetros de diámetro (dos de cada lado del brazo que lleva la paleta). Trenzas hechas con ramas flexibles están introducidas en cada agujero, de manera que forman nuevas coronas. Los cangilones ó arcaduces de barro están unidos á cada par de coronas de trenzas. Vierten su agua en un pilon de madera, como en las norias ordinarias.

Los soportes y coginetes de la rueda son de una gran sencillez. Consisten solamente en dos casquetes coronando las estacas y ligeramente inclinados aguas arriba. El árbol de la rueda lleva en su circunferencia dos hendiduras, correspondiendo cada una á uno de los dos casquetes, y por medio de los cuales el árbol se encaja en éstos. Un saliente de madera fijo sobre éstos, impide al árbol caer hácia arriba, siguiendo la pendiente de los casquetes y el árbol gira así, rozando contra los salientes y los casquetes.

Segun el aforo de un canal hecho de fábrica, colocado inmediatamente á continuación del pilon, la rueda suministra 17 litros por segundo elevados á una altura de 6^m,80.

Esta rueda lleva 96 cangilones, que se vacían una vez en cada vuelta de la rueda; esta vuelta duraba 27 segundos. Siendo el gasto por segundo de 17 litros, el de la vuelta de la rueda debía ser de $27 \times 17 = 459$ litros, y la capacidad útil de cada cangilon era entonces de $\frac{459}{26} = 4,78$ litros.

El establecimiento de esta rueda y su forma de construcción se pierden en la noche de los tiempos, y el número de cangilones que la rueda debe tener está regulado por la tradición. Algunas no tienen derecho más que á una sola fila de cangilones; están entonces mal equilibradas, se vacían á un lado y duran ménos tiempo que las demás. Las ruedas de dos filas de cangilones, bien equilibradas, como la que acabamos de describir, duran de 18 á 20 años, mediante pequeños gastos de conservación. Cuestan 1.500 á 1.800 pesetas de primer establecimiento. Pero ésta no es más que una pequeña parte de los gastos de esta instalación. La principal consiste en la construcción de presas de escollera, que además del gasto primero exigen un entretenimiento muy oneroso, á consecuencia de los numerosos desperfectos que las hacen sufrir las avenidas.

Añadiremos para terminar la descripción de estas obras que hay colocada una compuerta á la cabeza del canalizo, la cual se baja en el momento de las crecidas. La rueda, reservada detrás de esta compuerta, se halla en una agua relativamente tranquila, y no sufre generalmente el paso de las crecidas.

RUEDA DE TÍMPANO. Se llama así una rueda vertical que gira sobre un árbol hueco, destinada á elevar el agua á la altura de este árbol. Se construye de diferentes sistemas, pero el único que puede citarse como usual para elevar las aguas de riego, consiste en el establecimiento de un sistema de separaciones repartidas en las caras ó *tímpanos* de la rueda, y dirigidas de la circunferencia al centro, de manera que por efecto de la inmersión y del movimiento de rotación se introduce el agua sucesivamente en un tubo, al rededor del que gira la rueda, desde donde se derrama entonces en la dirección en que se quiere utilizar.

En la fig. 36 se ve la elevación lateral de una rueda de este sistema, que puede servirse

á sí misma de receptor, es decir, sacar el agua de la corriente que la hace moverse, no pudiendo, en todo caso, elevar el agua sino á una altura limitada inferior á su radio. Para ello bastaría que la corriente fuera de derecha á izquierda y con gran ímpetu: esto no es lo común y hay un motor especial, sea una rueda hidráulica ú otro.

En las antiguas máquinas de este género, estas separaciones eran muy numerosas. Resultaban de aquí casos de frecuentes reparaciones, y un éxito por lo general desventajoso del trabajo útil. Hoy se ha simplificado la construcción, reemplazando los *tímpanos* de madera por otros metálicos, dispuestos de manera que la alimentación del conducto central esté sostenida con regularidad.

Generalmente son entonces cuatro los tubos encorvados que vierten el agua en otro tubo horizontal fijo, al rededor del cual se efectúa, por medio de dos collares, el movimiento de rotación. En este caso, también, el receptor y la máquina elevadora están reunidos sobre la misma rueda. Debe tenerse cuidado de regular la velocidad de la rueda para que haya la menor pérdida posible de fuerza.

El objeto á que debe tender la construcción de una rueda de tímpano, es que exista una concordancia tan completa como sea posible entre la alimentación por las bocas de extracción y el gasto del tubo que sirven de eje á la rueda. La velocidad de la rueda debe estar igualmente en ciertas condiciones, determinadas por el cálculo, con la cantidad de agua á gastar para obtener el máximo de efecto.

La rueda de tímpano, construida en buenas condiciones, con las dimensiones usuales de 2 á 4 metros de diámetro, puede dar, en agua ascendida, de 0,75 á 0,78 de la fuerza gastada. Este rendimiento tan ventajoso proviene, sobre todo, de que la máquina en cuestión es de un mecanismo sencillo y de que su trabajo es casi continuo.

Por la disposición misma de esta máquina se ve que no sería conveniente para elevar el agua á grande altura, puesto que sería preciso entonces darle dimensiones inadmisibles. Pero da cómodamente, con un esfuerzo moderado, en el límite á que puede llegar, un gasto considerable.

La citada figura muestra perfectamente las divisiones interiores de la rueda, cuyas curvas son de una construcción geométrica bastante difícil, y tienen la propiedad de que el agua, al entrar por la parte inferior ó al caer por efecto de la gravedad, va subiendo en sentido vertical, gracias al movimiento propio de la rueda indicado por la flecha. Cuatro son los compartimentos interiores de la misma, en los que entra el agua por la parte correspondiente á la circunferencia exterior, la cual va abierta. En el orden en que están colocados, el primero es el que se está llenando; el segundo es el que está ya lleno y pronto á elevar el agua; el tercero es el que la ha elevado y continúa elevándola; el cuarto y último es el que está derramando una parte de su líquido por el tubo que rodea al eje y continuará derramándolo hasta que salga por completo, tomando luego la posición que ahora tiene el que se llena. Se ve el engranaje motor en la parte superior.

La velocidad de la circunferencia no debe pasar nunca de 1 metro, por las razones indicadas en las otras ruedas.

Se construyen también ruedas de tímpano cuyas paredes interiores son planas, situadas entre dos tambores, y en sentido de los radios. Queda así dividido el interior en 8 ó más huecos, que se llenan de agua al sumergirse y la elevan vertiéndola por un tubo que rodea al eje, como en el caso anterior. En éste, y aun en el de la figura, aunque en mucha menor escala, hay esfuerzos laterales, porque el agua no carga exactamente bajo el eje, los