

RUEDAS DE COSTADO DE DIVERSOS SISTEMAS. Cuando la caída disponible no es bastante alta para permitir el empleo de ruedas de cajones, se ha recurrido á ruedas de costado muy convenientes para caídas de 1 metro á 2^m,50. La caja debe ser de sillería, cuidadosamente ajustada, porque el juego entre ella y los bordes laterales ó exteriores de las paletas, no debe ser sino de 2 ó 3 milímetros. Esta parte de la construcción aumenta mucho los gastos de instalación de este género de rueda hidráulica, y le hace hasta imposible en la práctica, en países en que no se hallan hábiles canteros y materiales de buena calidad. Se puede, es verdad, construir la caja de mampostería ordinaria, revestida de una capa de cal hidráulica; pero este método de construcción exige obreros ejercitados en el trabajo y cuidados extremos en la construcción.

Cuando el nivel del agua en la entrada del canal es poco variable, y que la rueda debe girar siempre con una velocidad moderada en la circunferencia, comprendida entre 1 y 2 metros, y ordinariamente próxima á 1^m,30, se trae el agua sobre la rueda con ayuda de una compuerta de vertedera. El eje de la rueda está puesto á 0^m,50 próximamente sobre el nivel del agua superior, y las paletas están entonces dirigidas en el sentido del radio. Se unen ordinariamente con el fondo, á partir del tercio de su longitud, por un plano inclinado á 45° sobre su dirección: pequeños agujeros hechos en el fondo permiten salir al aire del cajón ó entrar, para no molestar el movimiento del agua. La separación de los cajones es de 0^m,30 á 0^m,40; la capacidad debe ser igual al triple, ó cuando ménos al doble del volumen de agua que recibe. El ancho de la rueda es igual al ancho de la compuerta. La compuerta debe bajarse á 0^m,20 ó á 0^m,25 bajo el nivel del agua. En la práctica se da á la rueda una velocidad en la circunferencia igual á 0,45 próximamente de la llegada del agua.

Las paletas deben introducirse en el agua inferior del canal cuando están en reposo, en una cantidad igual al espesor de la lámina flúida que las alimenta. Los muros verticales de la caja deben estar prolongados en una longitud de 4 á 5 metros, y el canal de desagüe se traza con una pendiente de 0^m,08 próximamente por metro. Este plano inclinado conserva al agua su velocidad de salida y la permite correr cuando el aparato funciona, para desembarazar la rueda. Esta disposición de la caja es preferible al resalto brusco que presenta habitualmente y aumenta de 5 á 6 por 100, y algunas veces más, el efecto útil de la rueda.

El efecto útil de las ruedas, de que se acaba de hablar, se eleva á 65 ó 70 por 100.

Cuando el nivel de toma de agua es variable, ó bien cuando la rueda debe marchar con frecuencia con una velocidad mayor que la que se podría darla en razón de la salida del líquido sobre una compuerta de vertedero, ó bien, en fin, cuando el río arrastra arenas que, viniendo á depositar debajo de la compuerta, pueden dificultar su movimiento, se introduce el agua en la rueda por una compuerta con carga sobre el vértice. Encima de la compuerta se dispone una reja de barras de hierro para detener las yerbas y cuerpos flotantes que podrían embarazar el movimiento del mecanismo. Las ruedas, así dispuestas, pueden tomar velocidades de 3 metros por 1" en la circunferencia; pero su efecto útil baja entonces á 40 por 100 próximamente. Las ruedas rápidas de compuertas, cargadas sobre el vértice, de que se acaba de hablar, dan mucho ménos efecto útil que las ruedas lentas de compuertas en vertedero, de que se ha hablado primero; pero son mucho más ligeras para una cantidad de agua determinada, y la economía de su construcción independientemente de las circunstancias que las hacen muchas veces necesarias, las hacen en general preferir para las faenas agrícolas.

La figura 16 representa una rueda de costado, colocada en un canalizo de madera: el agua sale por vertedero, aunque limitando el alto de la capa de agua, de suerte que obra por su choque y por su peso: esta altura se varía con una cremallera sujeta á la compuerta, movida por un piñón. La rueda es totalmente de madera.

La figura 17 representa una rueda de construcción mucho más sencilla, y por tanto más barata de montar, pero que no aprovecha el poder del agua tan bien, pues ésta sólo obra por su velocidad; ésta debe ser doble de la que tiene la circunferencia de la rueda: la altura de las paletas es cosa de 2½ á 3 veces el ascenso vertical de la compuerta, y la distancia de éstas, en una circunferencia que pasará por su centro, cosa de una vez dicho ascenso. Todo esto se hace con el fin de aprovechar lo mejor posible la fuerza del agua.

Hay también ruedas de paletas curvas, ó á la Poncelet. Este sistema de ruedas puede aún aplicarse á caídas de 2 metros; pero conviene, sobre todo, para caídas de 0,80 á 1 metro, y puede entonces dar 65 por 100 de efecto útil. Estas ruedas, poco empleadas en agricultura, porque son poco conocidas, convendrían perfectamente en un gran número de casos, y merecen fijar la atención de los cultivadores. Su construcción, para pequeñas fuerzas, no es complicada, se puede hacerlas enteramente de chapa ó aún enteramente de madera; pero en general lo mejor es construirlas de madera con paletas de chapa. Para que estas ruedas den el efecto útil que se puede esperar, el trazado de las paletas de la rueda y de la caja de fábrica deben hacerse siguiendo reglas geométricas muy sencillas, pero que no indicaremos aquí con los detalles necesarios. Como ejemplos de ruedas á la Poncelet, citaremos dos motores de este género, establecidos por M. Schabaver, con caídas muy pequeñas, y que sin embargo dan buenos resultados. El primero está establecido con un salto de 0^m,22, dando un gasto de 200 á 300 litros de agua por 1". La rueda tiene 2 metros de diámetro y 1,60 de ancho. Esta rueda, que representa ménos de un semi-caballo en aguas bajas, pertenece á la categoría de los pequeños motores hidráulicos, cuya utilidad hemos indicado al principio de este capítulo. La segunda rueda á la Poncelet, construida por M. Schabaver, es con un salto de 0^m,25; la rueda tiene 3^m,20 de diámetro y 4 metros de ancho, y hace marchar una sierra de lámina que da 120 y 140 golpes por minuto.

Las diferentes ruedas de costado que se acaban de describir dan apenas en la práctica 0,7 de efecto útil; se pierde, pues, un tercio lo ménos, y algunas veces más, del trabajo del salto por efecto de los choques y torbellinos que el agua sufre al atravesar el aparato. M. Sagebien ha construido una rueda de costado, de movimiento muy lento, dispuesta de manera que se disminuye cuanto es posible este inconveniente. Este género de rueda produce un efecto útil que llega y pasa alguna vez de 90 por 100. Las paletas son muy anchas, y entran en una gran parte de su altura en el canal de caída del agua. No están dirigidas según el radio; su plano es tangente á un cilindro concéntrico á la rueda, de un metro de diámetro. Se relevan á 0^m,15 próximamente de su extremidad, según la dirección de los planos diametrales. La rueda Sagebien posee una compuerta vertical motriz, y otra circular que sirve para disminuir, en cierta medida, el espesor de la toma de agua.

Si la rueda tiene 8 metros de diámetro, las paletas tienen 1^m,95 de ancho; son en número de 64 separadas á 0^m,373 próximamente: la caída, si es de un metro, la velocidad de la circunferencia es de 0^m,63 á 0^m,84 por 1", de suerte que la rueda da vuelta y media ó dos vueltas por minuto. Las paletas reciben y abandonan el agua sin que se produzca ningún movimiento tumultuoso, y cuando se va á accionar una rueda Sagebien, se da un cuenta, sin dificultad, del efecto útil tan considerable de este motor perfeccionado.

Las ruedas de este sistema convienen á saltos poco elevados de 0^m,50 á 1^m,50 y á grandes volúmenes de agua, pero piden rios bastante regulares, y el efecto útil no alcanza la cifra que hemos citado sino para una velocidad bien determinada de la rueda. Estas condiciones se presentan con rareza. Por otra parte, la lentitud de rotacion de estas ruedas necesita transmisiones bastante complicadas cuando se las aplica á trilladoras ú otras máquinas de rotacion rápida.

La sencillez de su construccion las llama á prestar grandes servicios en la agricultura, sobre todo donde se tiene necesidad de un efecto útil considerable para economizar agua de una caída poco elevada, difícilmente aplicable á los otros motores: debíamos, pues, mencionarlas aquí de una manera especial para estas aplicaciones particulares.

RUEDAS COLGADAS. Los ribereños de los rios emplean muchas veces ruedas colgadas, sostenidas sobre barcos que suben ó bajan con el nivel del rio. El diámetro de estas ruedas no pasa de 4 á 5 metros; su longitud varía de 2 á 5 metros. Las paletas tienen del $\frac{1}{4}$ al $\frac{1}{2}$ del radio de la rueda: su separacion, medida sobre la circunferencia exterior, es igual á su altura. Las paletas, á su paso por el plano vertical, entran en el agua de 0^m,05 á 0^m,20 sobre su borde interior; unas coronas exteriores ó simples rebordes clavados sobre los extremos de las paletas aumentan el rendimiento de estas ruedas. La velocidad de la circunferencia, descrita por el centro de gravedad de la superficie de la paleta, está regulada próximamente á los 0,40 de la velocidad de la corriente. En estas condiciones, el trabajo mecánico producido por segundo es casi igual á la superficie de la paleta multiplicada por 20 veces el cubo de la velocidad de la corriente.

M. Colladon, sabio ingeniero ginebrino, ha construido ruedas flotantes llamadas á prestar á los ribereños de grandes corrientes de agua servicios mucho mayores que los que les podrian proporcionar las antiguas ruedas colgadas sobre barcos. La rueda de M. Colladon se compone de un cilindro de chapa delgada claveteada, á cuya superficie están fijas paletas igualmente de chapa. Este aparato flota en la superficie del agua y se eleva ó baja con las variaciones del nivel, como lo hacen los barcos. Los muñones del eje de la rueda descansan sobre las extremidades de dos brazos movibles en su otro extremo, al rededor de un eje horizontal fijo. La distancia entre el eje de la rueda y este eje horizontal, siendo invariable é igual á la longitud de los brazos de suspension, la comunicacion del movimiento de la rueda al árbol horizontal fijo puede hacerse siempre por engranajes, cualquiera que sea la posicion del nivel del agua sobre la que flota la rueda. La trasmision del eje fijo á la máquina de la ribera, se hace en seguida sin dificultad por los medios ordinarios. Una cabria, colocada sobre un entablado que rodea la rueda, permite levantarla sobre el agua cuando se quiere detener el movimiento ó separarla.

RUEDAS DE EJE VERTICAL. Este género de ruedas se emplea desde tiempo inmemorial en el establecimiento de molinos muy sencillos, cuya piedra giratoria está colocada en la extremidad superior del árbol de la rueda, y recibe así la velocidad conveniente, sin órganos de trasmision. Todas las provincias de España tienen aceñas y rodetes ó rodeznos de esta especie. Las ruedas de eje vertical más sencillas están formadas de un árbol de madera, terminado por un muñon de hierro, que gira sobre un quicio abierto en una piedra fija en el suelo, y mantenido en su parte superior por un collar fijo. Cerca de la extremidad inferior del árbol, á algunos decímetros sobre el fondo del canal de escape, se implanta en el árbol, perpendicularmente á su direccion, es decir, en un plano horizontal, y segun los radios de un círculo, 15 á 18 paletas de madera, de 0^m,75 á 1 metro de largo, cortadas gro-

seramente en forma de cucharas. La concavidad de estas cucharas se dirige casi perpendicularmente á la llegada del agua, que sale con violencia de un canal ligeramente inclinado, tambien de madera, que comunica con el depósito colocado encima. Estas ruedas, de construccion muy grosera, funcionan con saltos de 3^m,50 á 5^m,50; en general, su velocidad en la circunferencia varía de 0,6 á 0,8 de la debida á la altura de la carga de agua, y dan ordinariamente de vuelta y media á dos y media por segundo. El agua sale con gran velocidad por un saetin, y choca con las cucharas, segun se ve en la figura 18.

Hay tambien ruedas de eje vertical llamadas de cuba, formadas de una corona de paletas curvas, cuya direccion general es inclinada sobre la vertical. Estas paletas están reunidas en su extremidad por una corona cilíndrica de madera, é implantadas sobre un ancho cubo, limitando interiormente el espacio comprendido entre las paletas. Algunas veces, para pequeñas ruedas, las paletas y las coronas están talladas en un gran disco de madera de un solo pedazo.

Estas ruedas están colocadas á algunos decímetros sobre el fondo de una cuba cilíndrica de mampostería. El agua llena la parte superior de la cuba, atraviesa la rueda que pone en movimiento, y se escapa por el canal que se abre en el fondo de la cuba. El diámetro de las ruedas de cuba de que hablamos es de 0^m,80 á 1 metro; funcionan en las condiciones del salto y velocidad análogas á las de las ruedas de cucharas. El efecto útil de las ruedas de que se acaba de hablar no pasa de 20 por 100; pero la sencillez de su construccion, su marcha, en extremo excelente, las hace sean adoptadas en países montañosos, donde el agua es abundante y fáciles de crear las caídas elevadas. Estas ruedas groseras pueden aplicarse á las más pequeñas operaciones; se las emplea muchas veces para machacar el lino, y hay en el Mediodia de Francia herreros que establecen pequeñas ruedas para mover sus piedras de afilar. Estos pequeños motores convendrian perfectamente para hacer marchar los corta-pajas, batidores de manteca, etc., en las granjas que poseen una pequeña corriente de agua con un pequeño estanque de retencion, si el arroyo no da un gasto continuo suficiente.

TURBINAS. Se designan generalmente bajo este nombre, desde hace algunos años, ruedas de eje vertical y de una construccion particular. Las turbinas reciben comunmente el agua sobre todas sus paletas á la vez, lo que les permite consumir volúmenes considerables de líquido, con dimensiones mucho más pequeñas que las de una rueda hidráulica ordinaria del mismo gasto de agua. Las turbinas pueden girar con mucha velocidad, y conducir, por consiguiente, las trilladoras y otras máquinas análogas con transmisiones poco complicadas. En fin, la velocidad de una turbina puede separarse notablemente, en más ó en ménos, de su velocidad normal, sin que su efecto útil disminuya mucho. Esta cualidad las hace preciosas para muchas aplicaciones, y en particular para las instalaciones mecánicas de las granjas. Las turbinas tienen, en fin, la magnífica propiedad de utilizar los saltos más grandes, lo que no podria hacerse con ningun otro sistema de ruedas hidráulicas. En países montañosos, donde es fácil traer con poco gasto agua de una altura grande, las turbinas permiten establecer, con los menores hilos de agua, excelentes motores para los trabajos de las granjas.

Los mecánicos se han ocupado con el mejor resultado del establecimiento de las turbinas. Un gran número de talleres ejecutan con notable perfeccion este género de motores, cuyo uso es muy general en la industria. Desgraciadamente, las turbinas son aún raras en las granjas, aún en los países más adelantados, sea que los agricultores no conocen las

tante sus especiales ventajas, sea que la obligacion de comprar turbinas á un mecánico de las ciudades haga preferir las ruedas de madera construidas en las aldeas por carpinteros ordinarios. Las turbinas hechas de metal son de muy larga duracion; su colocacion es fácil, y cuando se calculan bien todos los elementos del gasto, se reconoce que en muchas circunstancias son más económicas que las ruedas de madera; su empleo, por otra parte, es indispensable, como ya se ha dicho, para utilizar grandes saltos. Las turbinas merecen, pues, bajo todos puntos de vista, fijar la atencion de los labradores más de lo que lo han hecho hasta hoy.

Las turbinas propiamente dichas se pueden dividir en dos clases principales. Las unas vierten el agua por debajo; las otras lateralmente. La de Fontaine, cuyo tipo es tan conocido, pertenece á la primera clase; la de Fourneyron á la segunda.

Las turbinas presentan dos partes esenciales: una corona fija, formada por la reunion de las paletas directrices del agua, y una corona móvil al rededor del árbol vertical, que contiene las paletas motrices, y que constituye la rueda propiamente dicha. En las grandes turbinas perfeccionadas hay compuertas muy ingeniosas, cuya disposicion varia con los constructores y con el objeto á que se las destina; vienen á añadirse al aparato, que completa una serie de órganos más ó ménos complicados, pero indispensables al funcionamiento perfecto de los grandes motores. Las turbinas agrícolas de pequeña fuerza deben estar desprovistas de estas complicaciones costosas, y presentar solamente los órganos indispensables que hemos indicado al principio.

El trazado geométrico de las paletas directrices y de las motrices de las turbinas está indicado para cada caso particular en las obras relativas á los motores hidráulicos. No reproduciremos aquí los dibujos de estos trazados, que exigirían numerosas figuras en gran escala; solamente indicaremos las condiciones principales que deben llenar las turbinas bien construidas.

En las turbinas que vierten el agua por su circunferencia exterior, el líquido sale horizontalmente durante su paso por el aparato. Las paletas directrices conducen el agua y la dirigen al centro de las paletas de la corona móvil. Las formas de las paletas en seccion horizontal están determinadas de manera que el agua entre, en cuanto sea posible, sin choque, y salga con la menor velocidad posible; condiciones indispensables, como se sabe, para obtener un efecto útil considerable: se consigue, en principio, dirigiendo el primer elemento interior y el último exterior de la paleta motriz, segun las diagonales de los paralelógramos construidos con la velocidad del agua por una parte, y la velocidad de la rueda en el punto considerado por otra parte. Las directrices deben ser numerosas y bastante aproximadas, y presentar formas ensanchadas en su parte superior para evitar, en cuanto sea posible, las pérdidas de las cargas debidas á la contraccion del líquido.

Las turbinas que vierten el agua en la circunferencia exterior pueden trabajar sin estar metidas en el agua; pero ordinariamente se establecen para trabajar bajo agua, y su efecto útil varia bastante poco cuando la altura del agua sobre la corona viene á cambiar, circunstancia que hace á estas ruedas muy ventajosas cuando el nivel inferior está sujeto á variaciones notables.

En las turbinas de desagüe inferior, el agua se mueve cuasi verticalmente durante su paso por el aparato. Si se hace un corte en la máquina por una superficie cilíndrica concéntrica con el eje motor y pasando por el radio medio de las paletas, por ejemplo, se ve que las directrices y las paletas motrices presentan, en el sentido vertical, una disposicion aná-

loga á la que presentan, en el sentido horizontal, las paletas de las turbinas de que se viene hablando; es decir, que el agua entra en cuanto es posible sin choque y sale con una pequeña velocidad por la parte inferior. Los conductos formados por las paletas y las directrices no deben presentar ninguna compresion, y estar terminados por superficies ensanchadas y redondeadas para asegurar al agua la salida más fácil. Las paletas ocupan, en general en las turbinas, para las caídas ordinarias, una zona cuyo ancho varia de 8 á 10 por 100 del diámetro de la rueda; su superficie es helizoidal y formada por una recta horizontal, apoyándose sobre el eje de la rueda y sobre una directriz trazada geoméricamente: la separacion de las paletas, en las turbinas pequeñas, varia de 0^m,050 á 0^m,070. El espesor de la corona es casi doble de la separacion de las paletas. Las directrices son aproximadamente en número igual á la mitad de las paletas; su superficie es igualmente helizoidal: la directriz de esta superficie es una curva de muchos centros, cuyo elemento superior es casi vertical, y el inferior hace, con la horizontal, un ángulo comprendido entre 12° y 25°. Las turbinas de desagüe inferior están destinadas á marchar no sumergidas en agua, pero no cesan de funcionar cuando el agua se eleva sobre su nivel inferior, aunque su efecto útil disminuye, en este caso, de una manera notable. Las turbinas de desagüe inferior son, en general, de una instalacion más fácil que las turbinas de que hemos hablado primero, y son las que conviene adoptar generalmente en las granjas cuando no se temen crecidas frecuentes y considerables en el canal de desagüe.

Las turbinas destinadas á saltos que no exceden de 5 ó 6 metros, están ordinariamente colocadas en el fondo de un pozo circular de mampostería, comunicando por su parte superior con el canal de encima, y por su parte inferior con el canal de desagüe. Cuando la altura llega á ser muy considerable, la construccion de esta envolvente de mampostería sería muy costosa y aún imposible para los grandes saltos. Se coloca entonces la turbina en una caja ó envolvente de chapa ó fundicion, enteramente cerrada, excepto por su parte inferior ocupada por la turbina. El agua se dirige á esta capacidad cerrada por un tubo metálico suficientemente resistente, y obra sobre la rueda con una fuerza correspondiente á su presion total. El árbol de la turbina atraviesa la cubierta superior de la envolvente por una caja de estopas que se opone á la salida del agua al exterior.

El efecto útil de las turbinas puede elevarse á 80 por 100 y aún más de la potencia absoluta de la caída cuando el aparato funciona en las condiciones más favorables, pero en la práctica no se debe contar sino con un rendimiento ordinario de 65 por 100, que puede aún bajar mucho más cuando el aparato se halla en condiciones muy alejadas del régimen normal.

Tomamos como ejemplo de turbinas de una construccion sencilla, muy convenientes para las aplicaciones agrícolas, los aparatos de esta especie establecidos por Schabaver, que se ocupa de una manera especial de la construccion de las turbinas, aún de las de pequeña dimension, hasta de $\frac{1}{4}$ caballo, especialmente aplicables á la elevacion de las aguas de riego ó á otras necesidades agrícolas.

M. Schabaver garantiza para sus aparatos un efecto útil de 0,75 al freno; con caídas de más de un metro, pasa, dice, 0,84 de efecto útil, el agua gastada estando medida sobre los orificios del distribuidor, con el coeficiente 0,80, aplicado al gasto teórico. Con salto inferior á 1 metro se anega la turbina, y su efecto útil garantido, se reduce á 0,6. Cuando el gasto de agua es bastante regular y que el trabajo exigido es poco variable, se arregla la fuerza de la turbina abriendo más ó ménos la compuerta del canal alimentador, lo que evi-