

cuales producen alguna irregularidad en el movimiento, pero se compensa con la poca velocidad del aparato y su buena construcción.

El cálculo de una rueda de timpano se hará aumentando el ancho de la rueda hasta conseguir la cubicación del volumen necesario, teniendo en cuenta el que cabe dentro de cada hueco, que será el segundo en la posición de la figura, y el número de veces por minuto que vierte cada uno de éstos, el cuales muy fácil de calcular sabiendo el diámetro y la velocidad en la circunferencia. Dicho diámetro es igual al doble de la altura á que se eleva el agua, aumentada en el diámetro del tubo por donde vierte y en el doble de la cantidad que ha de hundirse la rueda en el depósito.

EJEMPLOS DE RUEDAS DE TIMPANOS. En las empresas que han tenido lugar en estos últimos años para intentar el establecimiento de arrozales en la Francia, han sido empleadas con éxito las ruedas de esta especie, movidas ya por manubrios, ya por saltos ó ya por máquinas de vapor.

En el departamento del Ródano y en Suiza, cerca de Ginebra, muchas ruedas semejantes funcionan desde hace mucho tiempo, para suministrar á diversas propiedades el agua que no podrian recibir por vía de simple derivación.

Se ha citado con elogio una empresa de riegos para más de 100 hectáreas, hecha por un propietario de los alrededores de Soissons, que pudiendo disponer de un salto de agua importante, ha hallado más ventajoso emplearlo en este que en cualquier otro uso. Esta empresa parece, por lo demas, haber producido buenos resultados, puesto que según las cuentas rendidas que han sido publicadas, se establece que para un gasto total que hace ascender el valor de las hectáreas de prados regables á unas 2.000 pesetas, queda, deducidos todos los gastos, el producto neto de unas 300 pesetas por hectárea, ó sea un 6 por 100, comprendiendo el valor real del suelo.

No daremos ejemplos de timpanos de paletas planas, que es un verdadero tambor, descrito ya por Vitrubio, sino de los de paletas curvas, formados por evolventes de círculo tangentes á la circunferencia exterior, é ideados á principios del siglo pasado, como el de la figura 36.

Hé aquí cómo se expresa el Sr. Balaguer á este propósito:

El Sr. Clavé construye timpanos de cuatro y de dos espiras ó tabiques curvos. Cada espira está compuesta de varias hojas de palastro de 3,2 á 3,4 milímetros de espesor, redobladas perfectamente, cerrando los costados ó platos circulares con iguales planchas sujetas por medio de fierros de escuadra. El cubo es de fundición, formando plato en un lado y estando abierto por el otro para la salida del agua, y está fijo sobre un árbol horizontal que recibe el movimiento por una gran rueda dentada, con la que engrana un piñon montado sobre el árbol motor.

El timpano de dos tabiques curvos presenta algunas otras modificaciones muy importantes. Consiste la primera en dar á cada una de las curvas que forman el sector una aproximación algo mayor en su extremo exterior, con objeto de presentar ménos abertura á la entrada del agua, por cuyo medio se evita que la cantidad absorbida de agua no pueda en ningún caso ser difícil de evacuar por el hueco del cubo. Con igual objeto, para facilitar la salida del agua, ha introducido el Sr. Clavé la segunda modificación que consiste en dar salida al agua por los dos extremos del cubo; al efecto, este cubo termina en cada extremo por cuatro brazos que dejan entre sí un espacio libre, y sobre el borde de estos brazos van los círculos ensanchados en forma de embudo, por los cuales sale el agua.

Hé aquí las dimensiones de un timpano de dos compartimientos que funciona en buenas condiciones:

| | |
|---|--------------|
| Rádío mayor..... | 3,50 metros. |
| Ancho inferior..... | 1,00 |
| Distancia menor del extremo de cada curva á la inmediata..... | 1,75 |
| Diámetro en las aberturas de salida del agua..... | 1,00 |
| Profundidad á que entra la rueda en el depósito..... | 1,00 |
| Altura á que se eleva el agua próximamente..... | 2,00 |
| Número de revoluciones de cada espiral..... | 2 |
| Metros cúbicos de agua que recibe cada espiral en una revolución..... | 2 |
| Número de revoluciones por minuto..... | 10 |
| Metros cúbicos de agua elevados por hora..... | 2.400 |

El timpano suele penetrar en vez de 1 metro, 1^m.2 á 1^m.3 dentro del agua del depósito, lo que aumenta considerablemente el volumen de agua elevada. Así, por ejemplo, según el Sr. Clavé, haciendo el timpano de 10 á 12 revoluciones por minuto, este volumen llegará á 3.333 metros cúbicos por hora, á la altura de 2 metros próximamente para una potencia media de 30 caballos de vapor, lo cual corresponde á un rendimiento de 0,82.

El Sr. Clavé monta estas ruedas enteramente de hierro, fundición ó palastro, á razón de 1 peseta el kilogramo.

ROSCA DE ARQUÍMEDES. La rosca ó tornillo para elevar el agua, aparato debido al gran matemático griego, tiene cierta analogía en su principio paradójico con la rueda del timpano. Supongamos un cilindro inclinado que gira al rededor de dos muñones y que lleva arrollado en su superficie en forma de hélice, ó sea como los filetes de un tornillo, ó bien la barandilla de una escalera de caracol, un tubo, de plomo por ejemplo. Supongamos además que dicho tubo, abierto por sus dos extremidades, está sumergido por la inferior á quien se arrolla, en un depósito de agua. Si la inclinación de la hélice, ó sea de la curva formada por el eje del tubo es pequeña; en otros términos, si se arrolla de modo que el paso del tubo por una misma generatriz del cilindro, sea á poca distancia, sucederá que el agua que penetra en dicho tubo al bajar por efecto de la gravedad, cuando se dan vueltas al cilindro, sube por dicho tubo y concluye por verse por el extremo superior.

Así se hacía antes el aparato y el tubo se arrollaba sobre los listones de un tambor; en su origen quizá se formaba el tubo con huesos ó con canutos de barro cocido.

Hoy consiste en una superficie helizoidal, parecida á la bóveda de una escalera de caracol de nuestras catedrales, como indica la figura 37, en la que se ha quitado parte del tambor que cubre el interior, para que se vea éste.

La parte principal del aparato es la curva; muéstrase el muñon donde gira ésta, tomando el agua de abajo, y encima se ve el manubrio, al cual se aplica la fuerza motriz; hay un depósito superior adonde llega el agua. El tornillo tiene dos filetes equidistantes en la figura. No conviene que el agua tape por completo la parte inferior del aparato; con objeto de que salga cómodamente el aire. En Holanda suele suprimirse la cubierta general y entonces se deja sólo la mitad inferior de ésta, pero fija, de sección semi-circular; es ménos pesado, pero no tan bueno como el anterior; la rosca se mueve con más velocidad en este caso, y la canal está fija. Las superficies pueden ser de hierro ó de pedazos de roble, bien ensamblados y calafateados.

Se usan como máquinas de agotamiento en la desecación de charcas francesas y belgas.

á ejemplo de lo que ha tenido lugar en la mayor parte de los polders de Holanda. Estos tornillos, de 5^m,75 de longitud y 2 metros de diámetro son casi los de mayores dimensiones, empleados para elevar el agua, sea para agotamientos, sea para otros usos, para los que se necesita tener el agua á grande altura.

No solamente en los grandes tornillos de Arquímedes, sino en todos, debe mirarse como una disposición esencial el que tenga sus puntos de apoyo completamente independientes del pivote inferior, que no debe soportar sino el peso de la hélice interior y del agua que levanta.

Esta máquina, conocida en la antigüedad, fué inventada por el célebre geómetra de Siracusa, nombre que lleva, el cual murió doscientos doce años ántes de nuestra era. Parece que le habia empleado principalmente para desecar, en el valle del Nilo, grandes extensiones de pantanos. Hace más de dos mil años que se sirve la humanidad de esta excelente máquina y desde entonces no ha cesado de prestar grandes servicios, por la sencillez de su construcción, la facilidad de su maniobra y las pocas reparaciones que exige.

CONDICIONES DE LA ROSCA DE ARQUÍMEDES. Las reglas usuales de su construcción son:

- 1.º Que la relación de la longitud del tornillo al diámetro interior sea próximamente de 7 á 1.
- 2.º Que el diámetro del núcleo cilíndrico esté entre el tercio y el cuarto del de el tornillo.
- 3.º Que haya el menor juego posible entre la vuelta del tornillo y la pared interior.
- 4.º Que el ángulo descrito por la superficie helicoidal en el desarrollo interior del tornillo con la directriz de esta superficie cilíndrica esté comprendido entre 65 y 70°.
- 5.º Que, en estas condiciones, el tornillo esté inclinado respecto al horizonte en un ángulo de unos 45°.
- 6.º Que el nivel del agua en la alberca no descienda nunca, si es posible, de una cierta altura, que parece ser sensiblemente igual á 1,33 del radio del tornillo.
- 7.º Que la velocidad de rotación esté regulada, en cada caso, según el grado que corresponde al máximo de rendimiento.

En estas condiciones, un tornillo de Arquímedes bien establecido, con un cilindro de tablas de roble, los círculos y las directrices de hierro galvanizado, y un engranaje de fundición, produce cómodamente de 0,74 á 0,76 de la fuerza gastada.

Para los pequeños tornillos de 2^m,50 á 3 metros de longitud, el motor es poco considerable; tres hombres obrando á un tiempo sobre un manubrio pueden elevar unos 40 litros por segundo, á una altura de cerca de 2 metros sobre el nivel inferior.

En los tornillos de grandes dimensiones, sobre todo de 4^m,50 de longitud por 0^m,60 de diámetro, cuya construcción cuesta unas 800 pesetas, se emplea con preferencia un malacate de un caballo; tres bestias de fuerza regular, trabajando por relevos de cuatro horas, pueden producir en junto un trabajo continuo, que se acerca al de un caballo dinámico, evaluado, teóricamente, en 75 kilográmetros por segundo. De esta manera, aplicando el coeficiente arriba indicado de 0,75 del efecto útil, el rendimiento efectivo de la máquina de que se trata debería ser de $75 \text{ kgm.} \times 0,75 = 56 \text{ kgm.}, 25$ por segundo, lo que corresponde á la elevación á 4^m. de cerca de 200 metros cúbicos de agua por hora, ó sea 4.800 metros cúbicos por diez á la misma altura de 4^m., ó bien de 2.400 metros cúbicos á una altura doble.

Esta evaluación, indicada por el cálculo, excede en muy poco al producto efectivo que se puede obtener del tornillo de Arquímedes, cuando las condiciones ya indicadas, así como las que se refieren á la aplicación del motor, han sido bien observadas.

En muchas localidades, especialmente en muchas llanuras ocupadas por praderas no regadas y poco productivas, sería provechoso utilizar un volumen semejante de agua obtenido de este modo. Para estar en condiciones equivalentes, pero más usuales, vale más suponer un volumen de agua de 1.600 metros cúbicos elevado á 2 metros sobre el nivel del pozo, con el trabajo continuo de 2 caballos trabajando separadamente durante ocho horas; en total diez y seis horas sobre veinticuatro.

Según el límite de 2^m,50 á 2^m,60 de altura que pueden alcanzar fácilmente los tornillos de Arquímedes de medianas dimensiones, existe con esta máquina una latitud bastante grande para llegar á la región superior del perímetro regable, y en el caso en que se tratara de alcanzar á doble altura, dos pisos de tornillos puestos en movimiento de la misma manera, pueden aún dar un producto neto bastante ventajoso para este uso.

Las aplicaciones del tornillo de Arquímedes son muy frecuentes para los agotamientos, como en Holanda, movidos por molinos de viento, y sobre todo para las cimentaciones de obras en los ríos, tales como las pilas de puentes, muros de muelles, etc. Esta máquina ha sido también muy empleada en las salinas del Mediodía y del Oeste de Francia, en donde su uso se remonta á una época muy antigua.

Respecto á su empleo para riegos, no conocemos más que muy pocos ejemplos: existen, sin embargo, algunos en los riegos del Norte de Alemania, y están destinados á extender el beneficio del riego en los puntos más elevados de los perímetros servidos por derivaciones, en los terrenos que no pueden recibir ningún cultivo más productivo que el de praderas regadas.

NORIAS ORDINARIAS Y EGIPCIA. La noria consiste en dos cábricas, una superior y otra inferior al nivel del agua que se ha de elevar; sobre estas cábricas reposa una cadena sin fin, sobre la que han sido colocados *arcaduces* ó pequeñas cajas de metal, de barro ó de madera, según los usos locales. La cábrica superior está provista de asperezas que forman con la cadena una especie de engranaje, de suerte que si se pone en movimiento en el sentido conveniente, todo el sistema se mueve á la vez y los cangilones llenos á su paso por el líquido, llegan sucesivamente á la parte superior, donde un mecanismo de los más sencillos los inclina, haciéndoles verter su contenido, á la altura conveniente, en una cubeta, depósito ó reguera de donde el agua se dirige naturalmente al lugar de su empleo.

Hay siempre un pozo revestido de mampostería de unos 9 metros de profundidad, sobre el que va la noria con cangilones de zinc, conteniendo cada uno 4 litros, ó de barro. La cadena que los soporta se arrolla, arriba y abajo, sobre dos pequeños tambores poligonales que tienen la forma de una linterna de cinco facetas: el tambor inferior suele suprimirse.

El tambor superior está sostenido por un armazón ligero, de donde parten igualmente la reguera que recibe el derrame de cada cangilon á medida que llegan al punto más elevado de su revolución.

La resistencia que se ha de vencer, además de los rozamientos, consiste en levantar, desde el depósito inferior hasta el nivel de derrame, el peso representado por la mitad próximamente de los cangilones llenos de agua, atendido á que este peso no está contrabalanceado por nada, puesto que la segunda mitad de la cadena baja siempre vacía.

Si la cábrica ó torno superior tuviese su superficie unida, habría un deslizamiento continuo, que anularía todo el efecto de la máquina.

Sin embargo, no debe creerse que para obviar este inconveniente, debe recurrirse á un

verdadero engranaje. Por el contrario, la menor presión, dada á la cabria, viniendo á unirse al rozamiento de la cadena, determina muy fácilmente la ascension de los arcaduces. Así, pues, una seccion poligonal, ó algunas acanaladuras en la superficie cilindrica, son de una disposicion mejor que los dientes ó puntas implantadas en esta superficie; porque á la larga sus encajes acaban por aflojarse, y es muy difícil entonces asegurarlos.

Es una buena disposicion adoptar para el tambor la forma de una verdadera linterna de engranaje, con facetas fijas, de hierro ó de madera; entonces el rozamiento que se establece entre estas caras y la cadena de cangilones se efectúa en excelentes condiciones y sin deslizamientos, la ascension regular de los mismos.

Las aplicaciones de la noria, como máquina para elevar agua para riegos, son extremadamente frecuentes en las comarcas meridionales, sobre todo para el cultivo de las huertas.

El motor más conveniente es un caballo, un mulo y áun un burro, enganchado á un manubrio que trasmite el movimiento al tambor por medio de un engranaje cónico. Por lo demás, en España como en las comarcas de análogo clima, es una cosa tan popular el empleo de esta máquina, que sería superfluo hablar de ella con más detalles.

Se cree que la noria es de invencion árabe, porque, en efecto, se la vé usada desde tiempo inmemorial en todas las comarcas conquistadas ó poseidas por este pueblo, desde el siglo VII al X, que ejercian la agricultura y sobre todo los riegos con mucha inteligencia.

Simples herreros de aldea establecen sin trabajo esta clase de máquinas. En Egipto están muy estendidas; los aldeanos las fabrican por sí mismos y las llaman *sakyehs*; consisten sencillamente en un torno en el que se arrolla una cuerda provista de cacharros de barro. El torno se mueve con un manubrio al cual están uncidos bueyes.

Se puede calcular de la manera siguiente el trabajo obtenido por un *sakyek* de los más sencillos.

Dos bueyes están uncidos á la extremidad de una palanca de 2^m,90 de longitud, por medio de la cual hacen girar un árbol vertical que lleva un erizo horizontal de 1^m,45 de radio. Las puntas de este erizo, en número de 36, engranan en una rueda dentada, vertical, de 0,80 de radio, armada de 36 puntas con 0^m,20 de longitud. El árbol giratorio de la rueda dentada tiene 2^m,70 de longitud y lleva en la otra extremidad una rueda de 1^m,20 de radio, al rededor de la que se mueve, por efecto de la rotacion, una escala de cuerda que lleva 18 cacharros de barro, cilindricos, colocados á 0^m,50 de distancia unos de otros. Estos cacharros suben el agua al punto más alto de la rueda, á 3^m,20 sobre el nivel del rio, y la vierten en una artesa, desde la cual va por un pequeño canal sobre las tierras que se han de regar, plantadas de arroz, añil, etc. La línea que siguen los bueyes tiene 18^m,8 de circunferencia y dan 150 vueltas por hora. Dos bueyes andando continuamente, trabajan durante tres horas, al cabo de las cuales son reemplazados por otros dos bueyes que trabajan igualmente tres horas. Cuatro bueyes, relevándose de este modo, trabajan cada uno seis horas al día, lo que produce 1.800 vueltas de manubrio. Teniendo el erizo horizontal 36 puntas y la pequeña rueda vertical 36, ésta hace una vuelta y $\frac{2}{3}$ á cada vuelta del erizo, ó 2.800 vueltas mientras que éste hace 1.800. Siendo el diámetro de la rueda que lleva los cacharros de 2^m,40, su circunferencia será 7^m,54, en tanto que la de la escala de los cacharros es de 9 metros; el número de sus vueltas está en razon inversa de las circunferencias. La escala de cacharros da, pues, 2.346 vueltas mientras que la rueda da 2.800. Los ca-

charros tienen poco más ó ménos 0^m,16 de diámetro por 26 de profundidad; su capacidad es, pues, de 5 litros, lo que produce para los 18 potes 90 litros en cada revolucion y para las 2.346 vueltas 211 metros cúbicos de agua elevada en doce horas, por 2^m,20 de altura, ó un trabajo de 675.648 kilográmetros de agua elevada. Los cuatro bueyes, trabajando cada uno seis horas, handado durante este tiempo un trabajo total de 3.456.000 kilográmetros. El efecto útil producido por el *sakyek* no es más que el 0,20 del trabajo gastado. Se vé, pues, que este instrumento, por recomendable que sea por su sencillez, es más que el tercio de lo que se obtiene con una noria bien establecida.

NORIAS ESPAÑOLAS. El aparato en cuestion es tan conocido en nuestro país y tan generalmente usado, excepcion hecha del Norte del mismo, que no necesita descripcion alguna. Los arcaduces fijos á la maroma constituyen el *rosario*; la rueda ó tambor vertical en que éste se apoya se llama *rueda de agua*; no hay rueda en la parte inferior del pozo. Este suele tener á veces dos agujeros por donde pasan los dos ramales del rosario, quedando un macizo de tierra en medio para mayor economia; por debajo no sólo comunican los dos pozos, sino que suelen hacerse tambien galerías horizontales para alumbrar las aguas.

La rueda de agua consta de dos coronas unidas por unos palos que se llaman *aguadores*. En la llanta lateral de una de estas caras van los *puntos*, que son unos palos salientes destinados á tropezar ó engranar con otros palos verticales ó *huillos* de la rueda motriz, llamada *rueda de aire*, la cual es horizontal y se mueve con un árbol vertical que gira en un coginete fijo contra una viga bien sujeta sobre dos pilares de fábrica ó con tornapuntas; dicho eje lleva en la parte superior un brazo de palanca á cuyo extremo tira la caballería. El agua vierte en una *artesilla*, de donde pasa por un canalizo de tablas á la alberca. Suele colocarse un tabique de tablas por la parte de fuera de la rueda de agua para que el viento no saque el líquido de la artesilla al verterse en ésta; dicho tabique se llama *guardavientos*.

No hay carretero de pueblo en Castilla, Valencia, Extremadura y Andalucía que no sepa hacer, ó por lo ménos componer, una noria de esta especie. Sus elementos se encuentran en todas partes, lo mismo los arcaduces de barro, que la madera y que el esparto ó cáñamo para la maroma. En estos últimos años se han introducido algunas pequeñas modificaciones en estas norias, susceptibles tambien de ejecutarse en los pueblos y aldeas sin recurrir á las perfeccionadas, de que hablaremos luégo, pues estas últimas sólo pueden fabricarse en falleres bien montados.

Una de estas modificaciones es hacer el rosario con arcaduces metálicos montados en una cadena ancha de hierro, para evitar los frecuentes cambios de la maroma que suele podrirse, y las roturas de los arcaduces. Otra es hacer coginetes y muñones metálicos para disminuir los frotamientos, y otra ejecutar con algun esmero el engranaje de la rueda de agua con la de aire. Para esto, en vez de los palillos que lleva esta última, suele estar formada por una linterna, ó sea dichos palos bien labrados y paralelos, sujetos entre dos coronas; en este caso los *puntos* de la rueda de agua deben ser dientes cortados de suerte que no haya choque con los palos de la linterna, sino que al abandonar un diente uno de estos palos, haya otro ú otros dos en contacto con los palos siguientes y comience á establecerse el contacto entre otro diente y otro palo. Todo esto exige una construccion algo más esmerada y que las ruedas estén bien centradas y equilibradas.

Los arcaduces llevan siempre un agujerito en su fondo para que al meterse boca abajo en el agua del pozo salga el aire de los mismos, y el chorrito que se escapa por dichos agu-