

1914
Marzo.

SERVICIO DE PUBLICACIONES AGRÍCOLAS
Estas «Hojas» se remiten gratis á quien las pide.

Año VIII.
Número 6.



MINISTERIO
DE FOMENTO

Hojas divulgadoras

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA, MINAS Y MONTES

Máquinas elevadoras de agua para riego,

por MIGUEL MILANO, Ingeniero de Caminos.

Cuando sólo se dispone de agua situada á nivel inferior al de las tierras que se trata de regar, es preciso elevarla para obtener los beneficios del riego.

Esto supone, naturalmente, un mayor gasto de implantación, encarece el riego, y puede llegar á hacerlo económicamente imposible; pero, bien estudiado el problema, se ve que esto ocurre menos veces de lo que generalmente se cree.

Es muy frecuente pensar *à priori* que el problema tiene muy difícil solución satisfactoria, sobre todo desde el punto de vista económico. Este prejuicio desfavorable es debido al número considerable de instalaciones de elevación de aguas para riegos que han costado cantidades desproporcionadas, ó, lo que es peor, que no llenan completamente su objeto.

Esto, sin embargo, no quiere decir que en la mayor parte de los casos sean antieconómicas tales instalaciones. Basta, para convencerse, examinar las causas que suelen determinar el mal éxito de algunas. No es raro, por ejemplo, que se proyecte una elevación de aguas sin que se conozcan perfectamente todos los datos fundamentales. Recientemente, un agricultor de la provincia de Málaga encargó á una Casa instaladora el estudio de una elevación de aguas para regar una superficie de 8 á 10 hectáreas. El propietario daba por seguro que el pozo de donde había de elevarse el agua daría sobradamente toda la necesaria, mas la Casa instaladora le aconsejó que el primer gasto que debía hacer era el de aforar el volumen de agua que del pozo podía extraerse. Otra Casa menos escrupulosa habría hecho la instalación sin más trámite, y luego hubiera faltado el agua.

Otras veces, el propietario que ha visto los buenos resultados de alguna elevación de aguas quiere copiarla para su finca, y claro está que las disposiciones acertadas en unas circunstancias pueden no serlo en otras. No es raro que las instalaciones se hagan de más potencia elevatoria que la realmente necesaria, que tengan complicaciones inútiles, y, sobre todo, que la instalación no marche bien, por disposición defectuosa, mala calidad del material empleado ó vicio de montaje. Causas como las indicadas y otras análogas son las que principalmente motivan el mal éxito de algunas instalaciones de elevación de aguas para riegos, y se ve, por tanto, que, planteado bien el problema y resolviéndolo persona con conocimientos y práctica suficientes, no hay razón para temer malos resultados; por el contrario, esta clase de instalaciones son generalmente sencillas: su dificultad no es, generalmente, comparable á la que presentan la mayor parte de las instalaciones de desagüe de minas y algunas de agotamientos para cimentación. En las elevaciones de aguas para riegos basta, generalmente, el empleo de máquinas de baja ó mediana presión, y el volumen de agua es relativamente considerable, en relación con la altura.

Al pensar en la instalación de una elevación de aguas para riegos, deberían los propietarios agricultores confiar la dirección del asunto, no á un práctico ó aficionado, como ocurre muchas veces, ni siquiera á un Ingeniero cualquiera, sino á un Ingeniero con verdadera práctica, especializado en la resolución de problemas de este género. Sólo de este modo puede tenerse el máximo de garantía de éxito, porque sólo un Ingeniero especialista puede apreciar todas las circunstancias del caso y proyectar la instalación adaptándose á ellas, tan sencilla económica y perfecta como es posible. No es raro encontrar á lo largo de un curso de agua bastantes estaciones elevatorias, poco separadas entre sí, y varias de ellas de un mismo propietario, utilizando para cada una como motor un locomóvil de vapor de tipo anticuado, cuando el establecimiento de una Central eléctrica de potencia proporcionada, y de un transporte de energía á las mismas estaciones elevatorias, resolvería probablemente el problema de modo mucho más sencillo y económico.

El Ingeniero que proyecte una instalación de riegos, para darse cuenta exacta de todas las circunstancias locales y adaptar á ellas la instalación, ha de tener una larga práctica de instalaciones mecánicas en general, y especialmente de las del género de que se trata, además de conocimientos muy completos de los múltiples ramos de ingeniería que entran en estos problemas.

En esta industria, como en la mayor parte de las de nuestro país, gran número de instalaciones son defectuosas, y no puede, por tanto, esperarse de ellas brillantes resultados;

pero esto no quiere decir que éstos no se hubieran conseguido de estar esas instalaciones bien ejecutadas.

En la mayor parte de los casos, aun cuando las circunstancias locales no sean muy favorables, cuando se estudia bien el problema, suele encontrarse una solución que puede considerarse como satisfactoria.

Para regar un terreno de unas 12 hectáreas que requería elevar el agua á 10 metros de altura, se estableció una pequeña estación, compuesta, en esencia, de un transformador trifásico y un grupo motor-bomba con sus accesorios; la potencia correspondiente era de tres caballos, y el valor de todas las máquinas subió á 1.400 pesetas, es decir, poco más de 115 pesetas por hectárea.

Recientemente se ha inaugurado junto al Duero una estación que consta de una turbina Francis de 100 caballos y una bomba centrífuga de media presión, que eleva 200 litros de agua por segundo á 21,5 metros de altura manométrica. Las máquinas, incluso el montaje, han costado 33.000 pesetas, próximamente, y como bastan para regar 100 hectáreas, resulta cada una á 110 pesetas.

En las inmediaciones de Villamanrique, y para regar con aguas del Tajo dos fincas distantes entre sí unos 10 kilómetros, siendo la superficie total regable de unas 750 hectáreas, para lo que se elevan 425 litros por segundo y requiere una fuerza en el árbol de las bombas de próximamente 180 caballos, se hizo una instalación, hace ya algunos años, que se componía esencialmente de una estación generatriz, aprovechando el salto de un antiguo molino situado en la finca de aguas arriba. Una turbina hidráulica Francis, doble, accionaba la bomba que suministraba el agua para el riego de la finca superior, y además un alternador trifásico, con el cual se hacía el transporte de energía hasta la finca de aguas abajo, en que se instaló un grupo de motor-bomba para el riego de la misma. Esta instalación se aprovechó además para distribución de energía eléctrica; pero los gastos imputables al establecimiento del riego, por lo que al coste de máquinas se refiere, ascendieron próximamente á 112.000 pesetas, ó sea cerca de 150 pesetas por hectárea.

Los casos citados pueden considerarse como en circunstancias desfavorables: el primero, por su pequeñez; el segundo, por la altura, relativamente importante, de elevación, y el tercero, por las malas condiciones del salto que se utilizaba para el motor, que sólo tenía una altura de 2 metros, y exigía un transporte de energía relativamente largo. A pesar de ello, se ve que el interés y amortización del capital empleado en máquinas no constituye un obstáculo económico para la implantación del riego.

Así se ha visto con frecuencia ejemplos de instalaciones de concepción defectuosa, hechas por Ingenieros muy distin-

guidos, pero á los cuales les faltaba ser especialistas en el ramo. Por ejemplo: se da con frecuencia el caso de haber un salto de agua próximo al lugar de la elevación, y se adopta, desde luego, la solución de aprovechar ese salto para obtener la fuerza motriz necesaria, siendo así que hay casos en que podría instalarse una turbina que moviera la bomba (y á veces hasta por acoplamiento directo), y casos hay también en que sería preferible un buen motor térmico, porque las obras hidráulicas necesarias para el aprovechamiento del salto serían tan costosas, que el interés y la amortización de su coste importaría más que los de la instalación del motor térmico, más el gasto de combustible.

Se ve, por lo expuesto, que hay que desechar la idea, desgraciadamente muy extendida, de que las instalaciones de elevación de aguas para riegos son en muchos casos económicamente imposibles; por el contrario, en la mayoría de ellos, y aun en circunstancias desfavorables como las que quedan anotadas, si el problema se plantea y desarrolla por persona verdaderamente competente, se encontrará casi siempre una solución aceptable.

Entrando en el examen de los medios de elevar el agua, se observa que una instalación de este género comprende material que puede clasificarse en tres grupos: máquinas elevatorias, motor y tuberías y accesorios.

Las máquinas elevatorias, aun dejando á un lado las accionadas por motor de sangre, únicamente aprovechables para riegos de pequenísimas importancias, son en tan gran número y de tipos tan diversos, que es difícil una clasificación; sin embargo, en la práctica corriente, y para riegos desde algunas hectáreas hasta grandes zonas regables, no se emplea corrientemente más que bombas, y muy pocos de los otros mecanismos que para el caso se han propuesto, tales como los pulsómetros, arietes, tornillos de Arquímedes, etc.

No puede negarse la posibilidad de que se presenten casos en que convenga instalar algunos de estos mecanismos que hemos clasificado en el segundo grupo, pero, en general, son únicamente las bombas las que encuentran empleo corriente.

Si, por ejemplo, en el lugar de la elevación se tiene ya para otros fines una instalación de vapor y se dispone de éste, podría tal vez ser conveniente el empleo de un pulsómetro; si se dispone de un salto de agua y la relación entre la altura y volumen del salto y de la elevación son apropiadas, podría convenir el empleo de un ariete, mas todos estos casos son poco frecuentes, y generalmente mecanismos como los indicados son sólo utilizables para elevaciones de poca importancia.

Las bombas pueden ser *de pistón, rotatorias y centrífugas*.

Las bombas de pistón, en sus muchas variedades, están constituidas, en esencia, por un cuerpo cilíndrico, dentro del cual

se mueve un émbolo que, mediante juego de válvulas apropiadas, aspira el agua, la impulsa ó la aspira y la impulsa.

El empleo de las bombas de pistón, por su dificultad de instalación, su complicación relativa y por prestarse mal á la elevación de aguas con arenas en suspensión, se ha ido restringiendo cada día más, y aparte de casos especiales, como, por ejemplo, elevaciones de muy pequeño caudal á alturas muy considerables, hoy se prefieren las bombas de movimiento rotatorio.

Las bombas rotatorias se emplean sólo para pequeños gastos, y son una adaptación de la bomba de pistón al movimiento rotatorio, teniendo escasa aplicación para riegos que no sean de muy pequeña importancia.

Las bombas centrífugas de baja y media presión constan, en esencia, de un árbol que gira en dos cojinetes, y atraviesan por prensaestopas la cámara ó cuerpo de bomba dentro de la cual lleva dicho árbol la rueda de álabes, que aspira é impulsa el agua. No tienen válvulas ni hay más rozamiento ni ajustes que los de los dos cojinetes.

De esta sencillez, que supone economía de coste y de entretenimiento; de su flexibilidad, que permite elevar el agua á alturas muy diferentes sólo variando la velocidad; de la facilidad de elevar con ellas grandes volúmenes y de ser fácilmente accionada por motores eléctricos, hidráulicos ó térmicos, depende su gran aceptación y el enorme desarrollo de las instalaciones de bombas centrífugas.

Hace veinte años, la bomba centrífuga era considerada en el arte de ingeniero como cantidad casi despreciable, pero desde entonces ha sido tan cuidadosamente estudiada, que hoy es la más empleada, y hay instalaciones que sin ellas no hubieran podido ejecutarse, obteniendo los brillantes resultados que se han obtenido, como, por ejemplo, las grandes instalaciones hechas en Egipto de elevación de aguas para riegos. Sólo una Casa ha establecido, desde el año 92 al 907, siete instalaciones de elevación de aguas del Nilo, que elevan en doce horas, próximamente, 1 millón de metros cúbicos de agua, absorbiendo una fuerza de 7.000 caballos; estas instalaciones hubieran sido imposible, ó poco menos, con bombas de pistón, dada la considerable cantidad de limo que llevan las aguas del Nilo.

Las bombas centrífugas de alta presión ó bombas turbinas difieren principalmente de las bombas centrífugas de baja presión en la adición de un sistema de álabes directrices; así, se ha llegado á elevar el agua á más de 100 metros de altura con una sola rueda de álabes, obteniendo un alto rendimiento, y como, además, pueden acoplarse varias cámaras, una al lado de otra, con las ruedas de álabes correspondientes, caladas sobre el mismo árbol, puede ya, con las bombas centrífugas de alta presión, llegarse á las mayores alturas de elevación.

En general, la característica de las elevaciones de aguas para riegos es el volumen relativamente considerable, altura de elevación que rara vez pasa de 30 metros y aguas limosas en muchos casos, de lo que se deduce, con lo ya expuesto, que, en general, la bomba centrífuga es la máquina elevatoria más apropiada para las elevaciones de aguas para riegos.

En cuanto al motor para accionar las máquinas elevadoras propiamente dichas, parece natural recurrir á las fuerzas naturales, cuando es posible.

La acción del viento es tan insegura, y se obtiene tan escasa fuerza, aun con aparatos de gran tamaño, que la aplicación de los molinos de viento, muy extendida en la América del Norte, es muy limitada en nuestro país, donde sólo se emplea para riegos de poca importancia.

Los saltos de agua son de frecuente aprovechamiento; cuando están próximos al emplazamiento de la máquina elevadora, ésta puede ser accionada por el motor hidráulico mediante una sencilla transmisión mecánica.

Cuando no se dispone de salto de agua, ó cuando está bastante alejado, es preciso recurrir á los motores eléctricos ó á los térmicos.

Las ventajas de los motores eléctricos son de todas conocidas; su sencillez, facilidad de manejo, pequeño coste de adquisición y de entretenimiento, su facilidad para accionar, por acoplamiento directo, las bombas centrífugas, hacen que se prefieran á cualquier otro, cuando se dispone de corriente eléctrica ó puede producirse ésta en condiciones económicas.

Cuando no puede disponerse de corriente eléctrica ni de un salto muy próximo, hay que pensar en el empleo de un motor térmico. Estos son de tipos muy variados, pero en la práctica corriente sólo cabe examinar los motores de vapor, los de explosión y los de combustión interna.

Los motores de vapor son universalmente conocidos, ya sean de movimiento alternativo, ó sea de cilindros, ya sean de movimiento rotatorio ó turbinas de vapor; éstos últimos sólo tienen aplicación conveniente para grandes fuerzas, que se cuenten por varios miles de caballos, y, por tanto, es difícil que convengan para instalaciones de elevación de aguas para riegos.

Las máquinas de vapor de movimiento alternativo han llegado á tan alto grado de perfeccionamiento que todavía sostienen brillantemente la competencia con todos los motores térmicos modernos; tienen sobre todos, ó casi todos, una enorme ventaja, la seguridad del servicio, y esto sólo les da la preferencia en muchas ocasiones.

Entre los motores de explosión cabe emplear los motores de gas, ya sea de alumbrado ó gas pobre y los motores de gasolina, petróleo, etc. Estos últimos, de combustible líquido, pueden en algunas ocasiones ser convenientes para pequeñas

fuerzas hasta ocho ó diez caballos, pero su combustible es carísimo en España, resultando imposible, económicamente, su empleo, aun para máquinas de media potencia.

Señalaremos, sin embargo, que en algunos casos de instalaciones provisionales puede convenir el empleo de locomóviles de gasolina ó de petróleo.

Los motores de gas convienen generalmente para fuerza de 10 á 100 caballos, pero su funcionamiento no es regular más que siendo un motor muy bien construído, muy bien montado y manejado por excelente maquinista.

El Ingeniero alemán Rodolfo Diesel inventó, hace cosa de veinte años, unos motores de combustión interna que, sucesivamente perfeccionados, obtuvieron un gran éxito en la Exposición de Milán de 1906. Desde entonces, y con una rapidez que no ha conseguido ninguna otra máquina motriz, se han extendido por el mundo entero. Los motores Diesel sólo convienen á partir de 20 caballos, y en España está algo restringido su empleo, por la dificultad de aprovisionamiento de combustible, que es casi imposible importar, por la inseguridad de los derechos de Aduanas que deben aplicársele.

El autor de este estudio presentado como ponencia al primer Congreso de Riegos, de la que viene á ser un resumen este trabajo, hizo constar que el combustible líquido empleado en los motores Diesel cuesta, por término medio, en Europa, á 50 pesetas la tonelada, y en algunos sitios á 30. En Barcelona y Bilbao resulta á unas 120.

Para instalaciones en que sea preciso emplear motor térmico, la elección de tipo tiene que depender de las circunstancias locales, no pudiendo afirmarse, en general, la conveniencia de los de una clase sobre los de otra.

En la redacción de un proyecto se ha de calcular con amplitud todos los elementos de la instalación, muy especialmente las pérdidas de carga, la velocidad de la bomba, y, sobre todo, la fuerza del motor, que en todo caso debe ser, por lo menos, 10 por 100 superior á la que dé el cálculo como necesaria para tener en cuenta resistencias momentáneas adicionales.

Si en toda instalación bien ejecutada deben cuidarse los detalles y seguir las reglas de buena construcción y las precauciones que señala la hidráulica práctica para el establecimiento de tuberías de conducción de agua á presión, con más razón deberán exigirse estos cuidados y precauciones cuando se trate de elevaciones de agua en que forzosamente el régimen es irregular, aun empleando bombas centrifugas.

Una instalación de elevación de aguas bien establecida, con todos los accesorios necesarios, es de la mayor sencillez, porque lo es el útil, y, por ser sencilla, es de fácil manejo, relativamente á su importancia, y de larga duración, y puede confiarse plenamente en su eficacia.

JUNTA CONSULTIVA AGRONÓMICA

Estado comparativo de la producción de UVA y MOSTO en el último quinquenio.

REGIONES	1909		1910		1911		1912		1913	
	Producción total de uva.	Producción total de mosto.	Producción total de uva.	Producción total de mosto.	Producción total de uva.	Producción total de mosto.	Producción total de uva.	Producción total de mosto.	Producción total de uva.	Producción total de mosto.
(1)	Qs. métricos.	Hectolitros.	Qs. métricos.	Hectolitros.	Qs. métricos.	Hectolitros.	Qs. métricos.	Hectolitros.	Qs. métricos.	Hectolitros.
1.ª	2.919.553	1.368.612	1.764.896	778.502	4.609.200	2.370.134	4.289.349	2.294.162	3.334.718	1.756.314
2.ª	3.388.890	1.908.425	2.617.331	1.451.918	4.207.571	2.464.415	3.427.736	1.926.130	3.974.296	2.275.454
3.ª	2.391.938	1.373.416	1.486.639	905.350	2.443.785	1.525.987	1.677.189	1.039.000	1.421.815	838.589
4.ª	1.457.020	885.705	1.551.469	922.284	1.651.878	1.012.097	1.258.774	764.208	1.480.098	916.401
5.ª	1.211.805	760.476	965.695	619.635	997.278	645.051	944.880	602.949	968.905	622.937
6.ª	1.181.711	703.435	1.969.375	1.192.050	1.546.051	913.113	1.609.327	974.596	1.637.017	961.273
7.ª	246.836	147.051	208.667	122.134	371.880	226.741	371.172	220.968	299.487	163.193
8.ª	6.672.345	4.238.185	4.327.220	2.743.070	3.823.434	2.362.757	7.731.801	5.060.380	9.276.051	6.161.065
9.ª	5.013.447	2.535.016	3.584.673	1.837.520	4.358.608	2.243.794	4.014.513	2.433.451	4.101.050	2.189.324
10.ª	1.254.213	190.425	1.207.836	160.158	1.530.624	203.149	1.324.458	211.720	1.140.980	184.953
11.ª	896.267	465.718	769.628	402.606	1.240.227	679.635	1.500.138	817.099	1.600.046	864.758
12.ª	192.988	113.888	198.624	119.851	118.791	70.688	139.378	89.324	215.671	136.811
13.ª	56.893	25.855	62.425	28.355	64.037	29.490	66.466	31.063	72.445	35.201
	26.883.906	14.716.207	20.714.478	11.283.433	26.963.364	14.747.051	28.355.181	16.465.050	29.523.579	17.105.203

(1) La 1.ª Región comprende las provincias de Madrid, Toledo, Guadalajara y Cuenca; la 2.ª, Ciudad Real, Albacete, Cáceres y Badajoz; la 3.ª, Valladolid, Burgos, Segovia, Avila y Sorja; la 4.ª, Zaragoza, Huesca, Teruel y Logroño; la 5.ª, Santander, León, Palencia, Zamora y Salamanca; la 6.ª, Coruña, Lugo, Orense, Pontevedra y Oviedo; la 7.ª, Navarra, Alava, Vizcaya y Guipúzcoa; la 8.ª, Barcelona, Tarragona, Lérida y Gerona; la 9.ª, Valencia, Alicante, Castellón y Murcia; la 10.ª, Granada, Jaén, Málaga y Almería; la 11.ª, Sevilla, Cádiz, Córdoba y Huelva; la 12.ª, Baleares, y la 13.ª, Canarias.