

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Máquinas elevadoras de agua para riegos

POR

DON MIGUEL MILANO

Ingeniero de caminos, canales y puertos (1).

Cuando para regar un terreno no se dispone de agua á altura suficiente para llevarla hasta aquél por la acción de la gravedad y si sólo de agua 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 aumento de coste en la implantación del riego que encarece éste y puede llegar á hacerlo económicamente imposible, aunque bien estudiado el problema ocurre esto menos veces de las que generalmente se cree.

Cuando este problema se presenta á un agricultor ó á la entidad propietaria ó explotadora de unos terrenos que se trata de regar, es muy frecuente que *a priori* se estime muy difícil obtener una solución satisfactoria, sobre todo desde el punto de vista económico. Esto es natural en vista del número relativamente importante de instalaciones de elevación de aguas para riegos que han costado cantidades desproporcionadas, ó lo que es peor, que no llenan completamente el objeto para que se establecieron.

Esto, sin embargo, no quiere decir que en la mayor parte de los casos las instalaciones de elevación de aguas para riegos sean antieconómicas, basta para convencerse de ello examinar las causas que generalmente motivan el mal éxito de algunas de esas instalaciones. 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, Abogado de profesión y persona de cultura nada común, encargó á una casa instaladora el estudio de una elevación de aguas para establecer el riego en terrenos de su propiedad, que suman una superficie de 8 á 10 hectáreas. El agua debía elevarse de un pozo en cantidad suficiente para el riego. El propietario daba por seguro que el pozo podía suministrar sobradamente la cantidad de agua necesaria, mas la casa instaladora le aconsejó que el primer gasto que debía hacer era para aforar el volumen de agua que del pozo podía extraerse. Si ese propietario, en lugar de dirigirse á esa casa lo hubiera hecho á otra menos escrupulosa, es muy posible que la instalación se hubiera

hecho y que 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 de 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, planteando 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 bombas de baja ó media 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 ó 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 cada una como motor una 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.

Así se ha visto con frecuencia ejemplos de instalaciones de concepción defectuosas hecha por Ingenieros muy distinguidos, pero 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 resolución de aprovechar ese salto para obtener la fuerza motriz necesaria, siendo así que hay muchos casos que, aun estando al

(1) Ponencia presentada al Congreso nacional de Riegos é industrias anexas celebrado en Zaragoza.

lado un salto de agua, es todavía conveniente el empleo de un motor térmico, por ejemplo, de un buen motor Diesel. Si por ejemplo el salto á que aludimos es de escaso caudal y de gran altura, la turbina apenas cuesta nada, es de sencillísima instalación y hasta tal vez podría accionar por acoplamiento directo la bomba, es decir, la instalación será sencilla y económica, mas si por el contrario el salto es de pequeñísima altura y gran caudal, la turbina será muy grande, exigirá tal vez costosas obras hidráulicas para su instalación, y pudiera ser que el interés y amortización que ésta exigiera, fuera mayor que el exigido por una instalación de un motor térmico, más el gasto de combustible.

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. Citaremos algunos ejemplos de coste de instalaciones en condiciones medias y desfavorables.

Para establecer el riego de un terreno de próximamente 12 hectáreas que requería elevar el agua á una altura manométrica de 10 metros, se estableció una pequeña estación elevatoria compuesta en esencia de un transformador trifásico y un grupo de motor-bomba con sus accesorios, que era capaz de elevar 10 litros por segundo á la altura indicada, absorbiendo 3 HP. El valor de todas las máquinas, fué de 1.400 pesetas, es decir, poco más de 115 pesetas por hectárea.

Recientemente se ha inaugurado una elevación de aguas del Duero en que la estación elevatoria comprende una turbina de tipo Francis de 100 HP., accionando una bomba centrífuga de media presión que eleva 200 litros de agua por segundo á 21,5 metros de altura manométrica; en esta instalación, que podría bastar para el riego de 300 hectáreas, han costado todas las máquinas, incluso montaje, próximamente, 33.000 pesetas, es decir, próximamente, 110 pesetas por hectárea.

Una instalación para riegos con aguas del Tajo de dos fincas distantes entre sí unos 10 kilómetros, situadas en las inmediaciones de Villamanrique, 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 á coste de máquinas se refiere, ascendieron á próximamente 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 relativamente largo transporte de energía; á 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.

Se ve, por lo expuesto, que hay que desear 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 pequeñísima importancia, 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.

Limitaremos, por tanto, el examen detenido de la máquina elevatoria al de las bombas, que son también de gran variedad de tipos, que clasificaremos en los tres grupos siguientes:

Bombas de pistón.

Bombas rotatorias.

Bombas centrífugas.

Las bombas de pistón, en sus muchas variedades, están constituidas en esencia, como es sabido, 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 movimiento alternativo del pistón supone, en general, transmisiones desde el motor que complican y encarecen la instalación y disminuyen su rendimiento, excepto en los casos en que es posible emplear una bomba de pistón de acción directa de vapor, pero esto supone ó disponer ya de una instalación de calderas en el lugar de empleo ó que allí sea posible obtener vapor á precio muy reducido.

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 pueden clasificarse con relación á la altura de elevación como de baja, media y alta presión ó bombas turbinas.

La bomba centrífuga de baja y media presión consta en esencia de un árbol que gira en dos cojinetes, atraviesa 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 tiene válvulas ni hay más rozamientos ni ajustes que los de los de 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 del 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 un 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 de 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 elevatorias propiamente dichas, parece natural recurrir en primer término al empleo de las fuerzas naturales cuando es posible. Prácticamente se aprovecha la fuerza del viento ó un salto de agua.

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

Los saltos de agua es sabido que son de frecuente aprovechamiento en todas partes y se utilizan para riegos, accionando el motor hidráulico la máquina elevatoria por una transmisión mecánica ó eléctrica. Como motores hidráulicos hoy puede decirse que prácticamente apenas se emplean más que las turbinas de los tipos Francis y Pelton.

Cuando no se dispone de un salto de agua ó aun cuando se disponga, está bastante alejado para exigir la transmisión eléctrica, es preciso adoptar para accionar las máquinas elevatorias ya sean motores eléctricos ó motores térmicos.

Las ventajas de los motores eléctricos son de todos 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 otra cuando se dispone de corriente eléctrica ó puede producirse ésta en condiciones económicas.

Especialmente los motores eléctricos trifásicos acoplados directamente á una bomba centrífuga, constituyen el grupo elevatorio más sencillo, económico, fácil de instalar y de manejar que puede emplearse.

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; estos 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; además sus perfeccionamientos han ido elevando constantemente el rendimiento, primero con la condensación, después con el empleo del vapor recalentado y últimamente creando el tipo de máquinas de flujo continuo, última palabra hoy de esta rama de la mecánica. Las grandes instalaciones de elevación de aguas del Nilo antes indicadas, han sido ejecutadas todas con máquinas de vapor de movimiento alternativo.

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, especialmente si es difícil el transporte del carbón.

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 construido, muy bien montado y manejado por excelente maquinista.

Desde hace relativamente pocos años, aparecieron en el mercado unos motores de combustión interna de tan excelentes condiciones, que se han extendido por el mundo entero con una rapidez que no ha conseguido ninguna otra máquina motriz, con la sola excepción de muy pocas de las naciones más atrasadas que han opuesto á su implantación derechos de aduanas prohibitivos. Estos motores tomaron el nombre de su inventor, el Ingeniero alemán Rodolfo Diesel, cuyas primeras patentes datan de hace unos veinte años, pero sus motores no fueron lanzados verdaderamente hasta la Exposición de Milán el 1906, que fueron la

admiración de cuantos se interesaban por instalaciones de fuerza motriz.

Estos motores son de extrema sencillez, no necesitan caldera ni gasógeno; sus accesorios se reducen á unos depósitos del combustible y á unas botellas de aire comprimido; son de marcha sumamente regular y segura, arrancan simplemente con abrir una válvula; no tienen aparato alguno de encendido de mezcla de combustible y han sido ideados para quemar un combustible que hasta ahora no tenía apenas valor, resultando, por tanto, la fuerza con ellos sumamente barata. Consumen combustible líquido que, en algunos puntos de Europa, se vende á 30 francos la tonelada, y por término medio á 50, y consumen, próximamente, 200 gramos por caballo-hora. Los motores Diesel se construyen en muchos países y por gran número de constructores, y ya hay algunos instalados en España, de fuerza desde 20 hasta 600 caballos.

Estos motores sólo convienen á partir de 20 caballos de fuerza, 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 aduana que debe aplicársele. Dicho combustible se produce ya en varios puntos de España, y aumenta sin cesar esta clase de destilerías en Barcelona, en Bilbao, etc., y puede obtenerse este combustible á próximamente 120 pesetas la tonelada.

Para instalaciones de elevación de aguas para riegos 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 de elevación de aguas para riegos, en que la primera condición ha de ser la seguridad del servicio, requiere 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 que se presentan frecuentemente.

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 centrífugas.

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

Resumimos lo expuesto, proponiendo al Congreso las conclusiones siguientes:

1.^a El empleo de máquinas para elevar agua no encarece ni dificulta generalmente los riegos de modo que pueda considerarse un obstáculo para establecerlos, cuando las instalaciones están bien concebidas y ejecutadas, lo que exige la intervención de un Ingeniero con verdadera práctica.

2.^a La máquina elevatoria generalmente preferible para riegos es la bomba centrífuga.

3.^a El motor que generalmente conviene en esta clase de instalaciones, cuando se dispone de corriente, es el eléctrico acoplado, si es posible directamente á la bomba.

4.^a Las instalaciones de elevación de agua exigen para su seguro funcionamiento estar calculadas con amplitud las pérdi-

das de carga, velocidad de la bomba, etc., y, sobre todo, la fuerza del motor.

5.^a Todas las reglas y precauciones que señala la hidráulica práctica para la colocación de tuberías de conducción de agua á presión debe cumplirse exageradamente en las tuberías de impulsión de las elevaciones de agua, en razón de la irregularidad del régimen.

6.^a Las instalaciones de elevación de aguas bien hechas son, en general, fáciles de manejar, de seguro funcionamiento y de larga duración, dando por su eficacia completa satisfacción á sus propietarios.

Levantamiento de planos

POR MEDIO DE LA FOTOGRAFÍA ESTEREOSCÓPICA ⁽¹⁾

POR

JOSÉ MARÍA TORROJA

Ingeniero de caminos, canales y puertos, Doctor en Ciencias é Ingeniero geógrafo.

INTRODUCCIÓN

Cuando, aun no hace tres años, tuve ocasión de visitar por vez primera el magnífico Instituto Geográfico Militar de Viena, y de estudiar en él y manejar yo mismo el «estereoautógrafo» inventado pocos meses antes por el entonces Teniente del ejército austriaco, caballero Eduardo von Orel, pude experimentar, á la vez que la satisfacción de conocer un aparato que me interesaba muy especialmente, por las escasas noticias que de él habían hasta mí llegado, una impresión de verdadera sorpresa.

El caso no era para menos. Porque bastó que yo, sentado ante el aparato, observase por un estereoscopio un panorama inmenso de las montañas del Tirol, con efecto completo de relieve, y que por medio de dos manubrios hiciera deslizarse por sus laterales un triángulo que en el campo del aparato flotaba, para que en un papel colocado sobre el tablero que á éste acompaña, apareciera dibujada con un trazo continuo, ligeramente temblón por mi falta de práctica, una curva de nivel.

Hizo el Capitán deslizar suavemente una abrazadera sobre su guía, sujetándola luego en su nueva posición, repetí yo la operación de antes, y otra curva de nivel vino á completar la primera, ajustándose perfectamente á todas sus inflexiones, sin cortarla jamás.

Y tras estas dos, otra, y otra, y otras varias; y en breve rato tuve ante mi vista un precioso plano, que acusaba admirablemente las bruscas inflexiones del abrupto paisaje que en el estereoscopio se descubría. Y todo esto sin hacer una sola operación numérica, ni medir una sola distancia; bastaba sólo mirar y dirigir el índice con los manubrios que le hacían avanzar y retroceder, desviarse á uno ú otro lado.

Yo recordaba la abrumadora impresión de cansancio que se experimenta al encerrarse en su despacho, después de una temporada penosa de trabajos de campo, cuando se tiene sobre la mesa un montón de libretas taquimétricas—y esto después del nunca bien ponderado invento de Porro—y se piensa con esparto en otra temporada, aun más penosa, en que los días transcurren, primero, con las tablas taquimétricas en la mano, calcu-

(1) Del interesante libro publicado con este título por la «Junta para ampliación de estudios é investigaciones científicas» copiamos hoy la introducción y el comienzo de la tercera parte, en que se da cuenta de la aplicación práctica; en otro número publicaremos la parte relativa á la teoría.