

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.

CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS E INDUSTRIAS ANEJAS

CELEBRADO EN ZARAGOZA LOS DÍAS 2 AL 6 DE OCTUBRE DE 1913

PONENCIAS PRESENTADAS

NOTA

SOBRE LA EXPLOTACIÓN TÉCNICA DEL CANAL DE URGEL

por

DON CARLOS CARDENAL, *Ingeniero de caminos, canales y puertos.*

Consideraciones generales.

La explotación técnica de un canal de riego puede dividirse en dos partes: conservación y policía de las obras, y distribución de las aguas.

La conservación y policía comprende: 1.º, conservación propiamente dicha y reparaciones corrientes de obras de tierra y de fábrica, conservación, cortas y replantación de arbolado; 2.º, limpias; 3.º, vigilancia de cauces para evitar los abusos y extralimitaciones del público.

La distribución de las aguas, cuando se trata de un canal de alguna importancia, comprende: 1.º, primer reparto de la dotación total entre los cauces de primer orden, derivados directamente del principal y las diversas secciones de éste; 2.º, segundo reparto entre los módulos existentes en cada uno de aquellos cauces y secciones; 3.º, distribución, entre las tierras regables, de las aguas suministradas por el módulo correspondiente.

Siguiendo, pues, el orden expresado, me propongo consignar en la presente nota datos y observaciones, no tanto porque crea que puedan ellos ser de gran utilidad, cuanto por complacer á mi querido amigo y compañero D. Severino Bello, que, engañado sin duda por su buena amistad, ha creído ver en mí aptitudes y conocimientos que estoy muy lejos de poseer.

Datos relativos al canal de Urgel.

El canal de Urgel fué construído en los años 1853 á 1862, con una sección en sus 75 primeros kilómetros de 6,68 metros (24 pies castellanos) en la solera, 3,34 metros (12 pies) de altura y taludes de 1 por 1, suficiente según la fórmula de Eytewens

adoptada por el autor del proyecto el Ingeniero de caminos D. Pedro de Andrés y Puigdollers para dar paso al caudal de 33.000 litros por segundo con la pendiente adoptada de 1 por 3.000 y altura de agua de 2,80 metros escasos, que representa un exceso ó sobrante de malecón como garantía de la obra de 54 á 60 centímetros. El ancho de la banqueta de terraplén en la coronación es de 1,114 metros (4 pies castellanos), y el talud exterior del malecón de 1 y medio por 1; desde el kilómetro 75 hasta el 145 en que termina el canal, tiene éste 4 secciones diferentes en relación con el menor caudal de agua que por ellos ha de circular á medida que se va repartiendo en su camino.

Existen, además, 82,50 kilómetros de acequia principal con sección de 2,60 metros de solera y 2,557 metros de altura y otros 20 de menor sección.

Canal y cauces derivados están construídos de tierra, sin revestimiento alguno, salvo en los túneles y enlace con las obras de fábrica.

En los 15 primeros kilómetros, aquél se desarrolla á media ladera por la izquierda del Segre, cruzando en una longitud de unos dos kilómetros una formación de arenisca alternando con capas arcillosas veteadas de yeso; en otros dos trayectos, y agun abajo, se abrió en margas yesosas y yeso en masa.

La conservación de dichos trayectos ha ofrecido gravísimas dificultades y resultado costosísimo para la Sociedad.

Principales dificultades con que se ha tropezado en la conservación del canal.

En la primera zona, por las condiciones de la formación y favoreciendo el buzamiento de los bancos hacia el río, se iniciaron desde el principio notables corrimientos de la zona ocupada por el canal, que trataron de evitarse por medio de galerías de avenamiento paralelas al cauce; algo se consiguió con ello, pero no ha desaparecido completamente el peligro, habiéndose reproducido el movimiento en algunas ocasiones, y, principalmente, cuando se ha aumentado el caudal; como remedio se está ejecutando un desplazamiento del cauce para dejar todo él en desmon-

te y poder aplicar, con mayor garantía de éxito, un revestimiento de hormigón que, evitando la filtración entre las capas del terreno, haga desaparecer la verdadera y única causa del corrimiento.

En la zona de las margas yesosas y yeso no hubo medio de mantener el primitivo cauce en la ladera, habiendo sido preciso variar el trazado abandonando aquélla para meterse en túnel revestido; en otro trayecto de unos 700 metros de naturaleza análoga, junto al cruce del río Cenill, en que el canal se hallaba abierto por completo en desmonte; después de ensayar inútilmente dos variantes de trazado y el revestimiento con hormigón, hubo que acudir al medio de construir de fábrica el cajero, insistiendo sobre una galería de lo mismo, provista de su correspondiente desagüe, con lo cual no sólo queda aislada en lo posible el canal del terreno natural, cuyo contacto con el agua era preciso evitar en absoluto, sino que se acusaría en el acto cualquier filtración que se presentara, facilitando con ello el acudir á tiempo á su reparación antes de que lo hubiera para que se produjeran degradaciones de importancia.

Esta importante obra, cuyo coste ascendió á 417.079,17 pesetas, quedó terminada en el año 1906, habiendo dado un resultado excelente, sin que haya vuelto á presentarse en aquel punto filtración alguna.

Otra de las obras de tierra que ha exigido un especialísimo cuidado es el terraplén construido para salvar una hondonada de la Sierra de Almenara, que separa el valle del río Sió del llano de Urgel, terraplén de unos 25 metros de cota máxima y de unos 500 metros de longitud, en el que cualquier pequeño desbordamiento habría de constituir un verdadero desastre, como lo constituyó el que, á mano airada, se produjo en el año 1873 durante la guerra carlista. Gracias á una incesante vigilancia para atender y reparar en sus comienzos todas las pequeñas filtraciones que se presentaban, sólo ha habido que lamentar el referido accidente, fuera por completo de las contingencias de una explotación normal.

En la actualidad, teniendo en cuenta el perfecto asiento que, después de tan dilatado período, han hecho las tierras, se está procediendo á revestir con cemento armado el cajero del terraplén, con lo que se va consiguiendo la desaparición completa de las pequeñas filtraciones y se aleja cada vez más el peligro de accidente.

Fuera de los trayectos que quedan mencionados, en que la conservación de las obras de tierra ha debido convertirse en verdaderas é importantes obras de reparación, en el resto de los cauces se ha limitado y se limita aquélla al recrecimiento de banquetas, sin que, por lo que se refiere á las de fábrica y túneles, haya que consignar nada digno de especial observación, así como tampoco por lo que atañe á la conservación y explotación del arbolado.

Cuidados especiales que exige la conservación de un canal de tierra y aplicación al de Urgel.

FILTRACIONES.—En cambio existen dos trabajos especialmente inherentes á la manera de ser y funcionar de los canales que constituyen la parte más delicada y costosa de su conservación ordinaria, como son la reparación de filtraciones, inevitables en obras de tierra, por mucho cuidado que al construirlas se ponga y el mantenimiento de la sección primitiva de los cauces que tienden á modificar, de una parte las socavaciones y arrastres producidos por la corriente, y de otra el depósito de las gravas, arena y légamo que las aguas transportan.

Las filtraciones ofrecen dos peligros: el de la pérdida de agua,

y el mucho más temible, según la naturaleza del terreno en que se presenten, de producir en él, ya sea resbalamientos más ó menos extensos, ya simas ó galerías, si se trata de cauces en desmonte, ya arrastres de tierra, si ocurren en terraplén, con la inevitable consecuencia en unos y otros casos de verdaderos desbordamientos y destrucción de la obra, no cortando la causa en su origen; ejemplo de estos casos extremos es lo dicho antes como ocurrido en la primera sección del canal.

Claro es que el peligro de las filtraciones va disminuyendo con la edad de la obra, pues son muchas las que se cortan definitivamente por la acción combinada de una conservación bien entendida y de las aguas mismas, que contribuyen directamente al asiento de las tierras é indirectamente con los depósitos que dejan á la completa obturación de las vías producidas; otras, sin desaparecer por completo, pierden toda su importancia, quedando convertidas en pequeñas fuentes de régimen constante, que no ofrecen peligro alguno para la obra, ni representan pérdida apreciable de agua.

No obstante lo dicho, no puede nunca prescindirse de una exquisita vigilancia extremada, sobre todo en los terraplenes de importancia y en los desmontes abiertos en terreno peligroso; así del canal de Urgel, á pesar de los muchos años que cuenta, puede decirse que todos los años deben quitarse las aguas tres ó cuatro veces, por término medio, para la reparación de filtraciones, reproducidas unas y otras nuevas, pero siempre, por lo general, en los mismos trayectos.

La dificultad del servicio no está tanto en la reparación, que se reduce á tapar las grietas, una vez descubiertas, con bolas de arcilla amasada y tepes, rellenando la hoquedad, si sus dimensiones lo exigen, con enea ú otras materias similares, como en darse cuenta de la aparición de las filtraciones, que á veces se señalan á grandes distancias del cauce, y encontrar en éste el verdadero punto en que la pérdida se produce; sólo una larga práctica y una firme voluntad de aprovecharla pueden formar al personal, de cuyo celo y aptitud depende única y forzosamente la seguridad de la obra.

La facilidad y relativa economía con que hoy se obtienen revestimientos de hormigón hidráulico ó de cemento armado pueden ser un poderoso alivio contra el peligro de las filtraciones en aquellos trayectos con tendencia á producirlas, debiéndose emplear el primer sistema sobre terreno natural resistente, en que el agua se escapa por grietas ó por los lechos de estratificación, y el cemento armado en terraplenes y terreno natural más ó menos compresible ó deformable por la acción de las aguas.

En terraplén será siempre aventurado construir el revestimiento sin que las tierras hayan hecho completo asiento después de algunos años de explotación, aun á costa del mayor cuidado y gasto que exige su conservación, teniendo en cuenta que es muy difícil, por no decir imposible, que un revestimiento, aun siendo armado, deje de agrietarse al ceder las tierras sobre que insista, y que una vez iniciado el asiento de éstas y el agrietamiento de aquél, será siempre más difícil y de mayor coste conseguir una reparación eficaz, que ir defendiendo el cauce sin revestir contra la acción de las aguas hasta que se halle en condiciones de admitir el revestimiento.

EROSIÓN Y SOCAVACIONES EN LOS TALUDES.—La conservación de los taludes en los puntos atacados por la corriente sólo puede conseguirse por medio de revestimientos totales ó parciales, según sea uniforme ó variable la constitución de la superficie atacada. En el primer caso, tiene buena y eficaz aplicación el revestimiento de hormigón ó cemento armado, y en el segundo, pueden resultar más prácticos y económicos revestimientos parciales de piedra en seco.

A propósito de este trabajo de conservación se ha podido comprobar en el canal de Urgel que, contra lo que á primera vista parece que debiera ocurrir, la sección de equilibrio, por decirlo así, del cauce principal no corresponde al trapecio con taludes del 1 por 1, sino que la tendencia de la corriente es á aumentar la inclinación de éstos hasta el 0,75 por 1 aproximadamente, aumentándose la intensidad de la erosión desde la superficie del agua al pie del talud, á pesar de decrecer, como es sabido, la velocidad desde aquélla al fondo, fenómeno que puede explicarse por el aumento de presión con la profundidad, ya que evidentemente velocidad y presión son los dos factores que, á igual naturaleza de terreno, han de influir en el trabajo de la corriente.

Como consecuencia de la referida observación se adopta en el canal de Urgel el talud de 0,75 por 1 para la sección de los trayectos que van revistiéndose.

LIMPIAS.—La segunda causa de modificación de la sección inicial de los cauces, ó sea el depósito en ellos de las materias que el agua lleva en suspensión, tiene una grandísima importancia en el canal de Urgel por la enorme proporción de arrastres del río Segre y por su escaso caudal en los estiajes, que obliga á desviarlos completamente por el canal, en el que han de penetrar y depositarse, por consiguiente, todos sus arrastres durante dos ó tres meses al menos cada año.

Para atenuar la importancia de tales depósitos se construyó desde un principio un gran vertedero al nivel de solera á unos 300 metros de la toma y otros varios de menor importancia repartidos en los primeros kilómetros; pero sobre que dichas obras han debido siempre estar inactivas durante los estiajes, no ha bastado nunca su acción á evitar la producción de depósitos, ni ha estado su eficacia en proporción con el volumen de agua que por los mismos se perdía.

Con ánimo de poner algún remedio á tales inconvenientes, se construyó en el año 1904 un boquete de descarga en el hectómetro 4 del canal, abierto á 2 metros por bajo de solera y precedido de una zanja transversal al cauce de 2 metros de anchura con fuerte pendiente hacia la salida, obra que, á vueltas de algunas variantes aconsejadas por la experiencia, ha dado excelente resultado, pudiéndose asegurar que no pasa agua abajo de ella, mientras puede funcionar, volumen alguno de materias arrastradas, y si únicamente la arena fina, ó el légamo en suspensión, que exigen para depositarse velocidades casi nulas de las aguas.

También, aprovechando la forzosa reconstrucción de la presa destruida en el año 1907 por una imponente avenida del río, se ha modificado la toma estableciendo en ella un canal y compuertas de descarga, de que antes se carecía, para disminuir en lo posible la entrada de arrastres en el cauce del canal.

Desgraciadamente, todas estas obras, que resolverían por completo el problema si siempre se contase con aguas sobrantes, han de permanecer inactivas durante el largo período de estiaje antes expresado, y sólo pueden considerarse como paliativos.

Por otra parte, el gran volumen de arena finísima que con las aguas entra en el canal y las tierras que á ella se unen durante las avenidas, se mantienen en suspensión en todo su trayecto, produciendo grandes y molestísimos depósitos en todos aquellos puntos de la extensa red de cauces principales y de distribución en que, por cualquier motivo, experimentan las aguas descenso brusco de velocidad: como son, entre otros, la entrada en las acequias principales y salida de los módulos.

Todo ello da lugar á importantes trabajos de limpieas anuales que á la Sociedad, á cuyo cargo se hallan las del canal y acequias principales y las de las acequias madres de los módulos en la longitud de 100 metros, cuestan cada año de 20 á 30.000 pese-

tas, y en las que el Sindicato, encargado de las restantes de la red de distribución y desagüe generales, invierte más de 60.000, á pesar de hacer un trabajo deficientísimo, causa de no pocos conflictos en el riego.

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA. — El Canal de Urgel se explota sobre la base de un convenio con los regantes, por el que se obligó la Sociedad á entregar por sus módulos durante el período de 1.º de Septiembre á 31 de Mayo 3.100 metros cúbicos de agua por hectárea adherida, á cambio de la obligación de los regantes á pagar como prestación de riego el noveno en frutos de toda clase de cosechas. Sin perjuicio de lo dicho la Sociedad viene, además, obligada á conducir y repartir proporcionalmente todo el mayor volumen de agua que sea posible durante el expresado período y durante los meses de Junio, Julio y Agosto.

Adoptado el módulo milanés para la medición del agua y partiendo de lo que queda dicho, la técnica de la distribución no puede ser más sencilla:

1.º Repartir proporcionalmente á la superficie regable por cada acequia principal y por cada sección del canal, directamente, el volumen por segundo de que pueda disponer en éste, y disponer las tomas de las referidas acequias para la admisión del caudal que á cada una corresponda.

2.º Calcular el volumen de agua por segundo que corresponde por hectárea y fijar la abertura de los módulos de manera que el gasto de los mismos corresponda al del número de hectáreas servidas por cada uno de ellos.

En la práctica, sin embargo, tal como previene el Reglamento de riegos, la Sociedad modifica la regla general que queda expuesta, con arreglo á los avisos que respecto á la distribución del agua entre los módulos le pasa el Sindicato, teniendo en cuenta las necesidades y conveniencias circunstanciales del riego.

Una vez el agua fuera del módulo queda de lleno su policía y distribución á merced de los regantes y bajo la dirección, por tanto, del Sindicato.

Éste, por medio del personal de vigilancia, avisa oportunamente á cada propietario el momento en que debe regar y cuidar de que la operación se realice con el orden debido; pero desgraciadamente, vicios de organización por una parte, falta de fuerza moral y material por otra, y, sobre todo, las dificultades que en todos los regadíos se originan por la falta de cultura social y sobre de egoísmo de la masa, hacen completamente ilusoria dicha intervención, principalmente en aquellos casos en que de un mismo módulo deben regar tierras de distintos distritos municipales. Algo se remedian la falta de orden y abusos cuando es posible separar las aguas por Municipios, dentro de los cuales suele conseguirse el acuerdo entre regantes y la equitativa distribución del agua; por lo cual la Sociedad viene, desde hace mucho tiempo, atendiendo las peticiones realizables que en tal sentido se le hacen y subdividiendo racionalmente las dotaciones de los primitivos módulos mediante el establecimiento de nuevos orificios.

Construido el canal con el exclusivo objeto de asegurar los riegos de invierno y primavera y con ellos las cosechas de cereales, viña y olivares, únicos cultivos que se conocían en la comarca antes de su construcción, sólo se previeron en el convenio con los regantes los expresados riegos y los de una limitada extensión, proporcional á la total cultivada por cada propietario, para el cultivo de forrajes y huertos, sobre la base de tres riegos en los nueve meses de Septiembre á Mayo para los primeros, nueve para los segundos y veintisiete para los huertos, suponiendo á cada riego una altura de agua de 7,75 centímetros, que se reduce á 5 centímetros para los huertos y estableciéndose en el Reglamento la proporción de dichos cultivos, á fin de que con

los 3.100 metros cúbicos comprometidos por hectárea, pudiesen darse en los referidos nueve meses el número de riegos mencionado.

Injustas quejas y enemiga del país contra el canal.

El mecanismo de la distribución teórica no puede, pues, ser más sencillo; pero como es fácil comprender, en la práctica dista mucho de procederse con la equidad y regularidad que á tal sencillez responderían, y esto en tanta mayor escala, cuanto más van mejorándose en el país los cultivos y extendiéndose los más productivos y exigentes de agua, á medida que el tiempo pasa y el país se olvida del verdadero objeto con que se construyó el canal y de que la existencia de éste, si ha bastado y basta para mejorar considerablemente las condiciones de la comarca, asegurando cosechas antes eventuales, lo que en un tiempo llenaba todas sus aspiraciones, no es suficiente para convertir la gran extensión que abarca en un regadío de primera clase, para lo cual habría que arbitrar medios de aumentar y regular el caudal del Segre ó renunciar al riego de una buena parte de aquellas tierras á cambio de mejorarlo en las elegidas, extremando la idea que ya presidió en el convenio. En el mismo caso se hallarán, seguramente, en su día, el de Aragón y Cataluña, el que hoy está sobre el tapete para riego del alto Aragón y todos los de análoga importancia, que por lo mismo que se construyen para llevar el beneficio del riego á extensísimas comarcas, no es posible que las conviertan en féculdas vegas en que se saque á la tierra todo el producto de un perfecto cultivo intensivo.

Ante la campaña que hoy se hace en el Urgel contra la Sociedad concesionaria y contra el Gobierno hasta por personas de reconocida ilustración, y que mañana se hará seguramente en las comarcas que rieguen esos otros canales, ocurrese hacer la siguiente pregunta, cuya contestación entraña la resolución de un problema interesante para la concesión de obras de riego.

Donde haya tierras buenas de secano y pueda disponerse de agua suficiente para asegurar como cosechas anuales las eventuales de cada cinco ó más años, pero no para intentar en ellas procedimientos progresivos de cultivo, ¿debe condenárselas á sequía perpetua en toda ó en su mayor parte, partiendo del principio de que no debe gastarse en obras de riego más que allí donde puede obtenerse éste tan abundante como aquellos procedimientos exigen? O en otra forma: ¿Debe considerarse como error agrícola el haber dotado al Urgel (como ejemplo) del riego limitado de que hoy disfruta y considerar preferible que perdurase en su angustiosa y miserable situación de hace cincuenta años á haber alcanzado la situación actual tan distinta de aquélla, con todo y no contar con agua suficiente para competir allí con las huertas de Valencia y Murcia?

Si se pregunta á los regantes de Urgel, quizás contesten que todo es preferible á su estado actual, olvidándose de lo que fué; pero á buen seguro que no se prestarán á sacrificar como secano una parte de sus tierras para que se cultiven otras intensivamente; si se pregunta en el alto Aragón, todos, seguramente, preferirán un riego limitado á la miseria segura que la situación actual representa.

Perdónese me esta digresión, quizás inoportuna, á la que me ha llevado el recuerdo de lo que en Urgel ocurre y se dice, la que doy por terminada, así como la reseña de lo que allí constituye la esencia de la explotación técnica del canal, pasando ahora á citar algunas cifras para dar idea de los elementos con que se realiza y de los gastos que ocasiona.

El personal fijo de la explotación se compone de 62 guardas,

con demarcación fija que varía desde uno á ocho kilómetros, según es la importancia y circunstancias de los cauces, con un término medio de cuatro kilómetros, á las órdenes de ocho guardas capataces, siendo su misión principal la de vigilar la demarcación y ejecutar los pequeños trabajos de conservación, monda, etcétera, etc., ya aislados, ya reunidos en cuadrilla, así como vigilar y dirigir las brigadas de peones auxiliares con que se realizan los más importantes exigidos por reparaciones, limpieas, etcétera, etc., existiendo un número de dichos peones con carácter permanente en los primeros kilómetros del canal y algún otro trayecto en que es indispensable mayor vigilancia y constante la necesidad de atender á pequeñas reparaciones.

Auxilian á dichos guardas fijos, cuando pueden, tres brigadas de siete guardas volantes cada una, más especialmente afectos á la vigilancia de los módulos en épocas en que abunden los atropellos por los apremios del riego.

Por último, se cuenta con siete guardas telefonistas al cuidado de otras tantas estaciones y encargados de la conservación y policía de un pequeño trozo de cauce, y 21 guardas peatones, cuya misión consiste en recorrer diariamente su respectiva demarcación, vigilando especialmente los módulos que en ellas se encuentran y cuidando de establecer y mantener en éstos el régimen que la Jefatura de la explotación señala.

Para la dirección de este personal está dividida la comarca en cuatro secciones, y al frente de cada una se halla un Jefe á las órdenes directas del de la explotación, de quien dependen también tres auxiliares técnicos y el personal de escribientes, mozos, etc., etc. Hay que advertir que la más trabajosa y delicada ocupación de los Jefes de sección, en la que les ayuda el personal de guardas fijos, es la exigida por la forma especial de pago del canon en frutos, la cual exige minuciosos trabajos estadísticos de sembraduras, estima de cosechas, novenación, recolección, transporte y almacenamiento de frutos, organización de operaciones tan importantes como la trilla, etc., etc.

El presupuesto ordinario de explotación asciende, por término medio, en números redondos, á 300.000 pesetas, sin contar en él los gastos de personal de la Junta y Dirección en Barcelona que importan de 30 á 40.000 pesetas.

La distribución de aquella cantidad es aproximadamente la siguiente:

	Pesetas.
Personal superior y administrativo de la explotación.....	43.000
Gastos generales de material.....	35.000
Personal fijo de guardas.....	114.000
Conservación y pequeñas reparaciones.....	30.000
Limpías.....	25.000
Riegos. Estudios y vigilancia.....	13.000
Cosechas. Estadísticas, estimas, recolección, arbolado, etc., etc.....	34.000
Servicio de pensiones.....	6.000
TOTAL.....	300.000

El Sindicato está constituido por 10 grupos ó Sindicatos particulares, que á su vez nombran el Sindicato general, compuesto de cuatro Vocales y un Director.

A cargo de aquéllos corre la distribución de las aguas y vigilancia y policía de los riegos, por medio de 9 acequeros y 67 vigilantes, así como las limpieas de las acequias de distribución. El Sindicato general cuida directamente de las limpieas de los desagües generales.

El presupuesto de los referidos servicios es, aproximadamente, el siguiente:

<i>Sindicato general.</i>	<i>Pesetas.</i>	
Personal y gastos generales	18.600	} 31.400
Limpias	12.800	
<i>Sindicatos particulares.</i>		
Personal y gastos generales.....	73.700	} 125.700
Limpias	52.000	
TOTAL.....	157.100	

Agregando dicha cantidad á la que antes se ha indicado como importe de la explotación, á cargo de la Sociedad concesionaria, se obtiene en números redondos la cifra de 460.000 pesetas, que representa de 7 á 8 pesetas por hectárea adherida.

El Sindicato cubre su gasto mediante un canon pagado en metálico por los regantes, que varía de 1 á 1,50 pesetas por jornal, ó sea en equivalencia de 2,30 y 3,42 pesetas, próximamente, por hectárea regable.

Barcelona 18 de Septiembre de 1913.

NORMALIZACIÓN DE LAS CORRIENTES FLUVIALES,

PRINCIPALMENTE MEDIANTE EMBALSES,

Y LA INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE FUERZAS HIDRÁULICAS

POR

DON LUIS SANCHEZ CUERVO

Ingeniero de caminos, canales y puertos.

§ I.—Generalidades.

Desde época muy remota, cuando ni aun se soñaba con la existencia de otras fuentes utilizables de energía, fuera de la energía animal y la del viento, fué conocida y aprovechada la potencia hidráulica de las corrientes fluviales. Pero es preciso llegar á una época muy reciente, casi ayer, para que este aprovechamiento alcance importancia y proporciones tales que su influencia en el desarrollo del progreso humano viene á equipararse con la que han ejercido los ferrocarriles en el pasado siglo, y probablemente la ha de exceder.

La revolución se ha hecho gracias á la electricidad. La mercancía *trabajo hidráulico* tenía hasta hace pocos años—un cuarto de siglo ó poco más—un radio de transporte económico sumamente reducido. Nos parecía un colmo de las aspiraciones, y admirábamos la distribución de fuerza mediante agua en presión, que la ciudad de Ginebra estableció desde su salto del Ródano. Los aprovechamientos de la energía hidráulica debían hacerse *in situ*, limitando el campo de las aplicaciones (1). Hoy aquella mercancía tiene una movilidad y facilidad de transporte igual ó superior á la que á otras mercancías les prestan los caminos ordinarios y los caminos de hierro. Si aun á los que desde el principio de su desarrollo han venido siguiendo estas utilizaciones y transportes de energía se hubiera hablado, quince años ha, de las colosales proporciones que tan rápidamente habían de alcanzar, lo hubieran juzgado utópico. Hoy están en funcionamiento normal transportes eléctricos de energía hidráulica que, como el de

la Southern Power C.^o (Norte y Sur de Carolina, Estados Unidos), llevan 140.000 caballos que distribuyen hasta á distancias de 750 millas (1.200 kilómetros) de la fuente productora (1), es decir, una distancia semejante á la que supone atravesar nuestra Península siguiendo una de sus diagonales. Este desarrollo, que por lo rápido pudiera llamarse *explosivo*, prueba la fecundidad del sistema, que seguramente aun no ha alcanzado su grado de máximo desenvolvimiento. Gracias á la electricidad que sirve de enlace con los grandes centros de consumo, se han valorizado enormes fuentes de energía, antes de valor nulo ó despreciable por la imposibilidad de darlas empleo útil, y ello es causa de que, tanto la organización administrativa en lo que se relaciona con el estudio de las corrientes fluviales, como la legislación misma en lo que afecta á los aprovechamientos de energía, resulten anticuadas y difíciles de sostener, como más adelante intentaré probar.

Este valor considerable que las fuerzas hidráulicas han alcanzado, haciendo posibles múltiples industrias y el consiguiente desarrollo de la riqueza, ha determinado que se conceda atención creciente al estudio del régimen de los ríos bajo este aspecto especial, es decir, con miras á la obtención de energías constantes y económicas. Países naturalmente paupérrimos, como Noruega, que con una extensión igual á los dos tercios de la de España sólo cuenta con 2,3 millones de habitantes, está en camino de crear una colosal riqueza industrial mediante el aprovechamiento de sus energías hidráulicas. Es lógico que, lo mismo un Estado que un particular, al encontrarse con que lo que juzgaban de valor nulo lo tiene, y grande, en el mercado moderno, traten de hacer el recuento de sus disponibilidades, el cómputo exacto de lo que poseen en todo instante, y traten también en lo posible de mejorarlo.

Para formarnos idea de cómo el régimen de las corrientes fluviales puede influir en el valor ó precio de la energía, forzoso será que recordemos algo, aunque sea muy someramente, sobre los factores que en aquel régimen intervienen, allegando datos que fundamenten y justifiquen nuestras conclusiones.

§ II.—Distribución del agua de lluvia.

Origen de las corrientes fluviales son las precipitaciones atmosféricas, principalmente en forma de lluvia. De estas totales precipitaciones, al Ingeniero sólo interesa, para los efectos de aprovechamiento de energía, la parte que de ellas discurre superficialmente por el colector ó *thalweg* de la cuenca. Es difícilísimo, por no decir imposible, adoptar coeficientes que, aunque solo fuera de un modo aproximado, permitan fijar aquella proporción, no obstante lo cual, en muchas obras especialistas se indican cifras que exponen, si se adoptan, á graves errores. La simple enunciación de los factores que intervienen basta á hacerlo comprender, factores cuyo campo propio está, además, mal definido, invadiendo los unos el de los otros.

Aquellos factores pueden clasificarse como sigue (2):

- 1.º Cantidad total de precipitaciones en la cuenca sirviente.
- 2.º Régimen ó ley de distribución en el año de esta cantidad total.
- 3.º Condiciones físicas del terreno que recibe las precipitaciones.
- 4.º Condiciones de los estratos subyacentes.
- 5.º Temperatura atmosférica.
- 6.º Dirección y velocidad del viento.

(1) El célebre transporte de energía entre Lauffen y Francfort data sólo de 1891.

(1) *Engineering Magazine*, Abril 1913.

(2) W. Mead, *Water Power Engineering*, 1908.