

INVESTIGACION

Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS DE RIEGO PARA LA
VILLA DE CINTRUÉNIGO.

(Conclusion.)

La constitucion geológica del valle de Valverde da indicios seguros de abundantes manantiales. Sobre una formacion de arenisca compacta de estratificacion regular y ligeramente inclinada, descansa una capa de arcilla de espesores muy variables, hasta el punto de que se la vé desaparecer por completo en varios trozos, especialmente de la ladera, y sobre ella descansa la capa vegetal que constituye el fondo del valle, que en algunos puntos se halla reemplazada por los terrenos de acarreo ó depósitos producidos por las corrientes ó crecidas extraordinarias. La inmensa cantidad de agua que, segun hemos dicho, debe absorber esta capa superficial hasta su encuentro con la impermeable de arcilla ó los bancos de arenisca, ha de producir corrientes subterráneas de mayor ó menor intensidad, que además se revelan en muchos puntos por su constante humedad y la presencia de abundantes juncos y otras plantas acuáticas, y aun en otros asoman ó brotan naturalmente en la superficie, siquiera sea en pequeña cantidad. Uno de estos puntos es el que hemos elegido, no solo por estas circunstancias, sino por otras muchas favorables, por ejemplo, la de hallarse situado al pié de un escalon ó pendiente rápida del talweg, y por la estrechez del fondo del valle que permite, con gastos muy reducidos, abrir una zanja de exploracion en toda su anchura.

Veamos ahora si puede fijarse, siquiera sea de una manera hipotética y algun tanto aproximada, la intensidad de los manantiales que se descubren y la profundidad á que habrán de encontrarse.

No es posible establecer reglas generales para determinar la cantidad ó volumen de agua que puede producirse en la multitud de casos ó combinaciones de terrenos mas ó menos com-

pactos, mas ó menos permeables. Sin embargo, el abate Paramelle, profundo investigador y conocedor de esta materia, ha encontrado que cada superficie de cinco hectáreas produce, en la época de mayor sequia ó estacion de verano, un manantial de cuatro litros por minuto, y esto en el caso de los terrenos, á los cuales se asemeja bastante el fondo de la cuenca que nos ocupa. La superficie de esta, desde su origen hasta el punto de exploracion, es de siete mil hectáreas próximamente que, segun la regla anterior, arroja un resultado de 95 litros por segundo. Persistiendo sin embargo, en nuestro sistema de ponernos en las condiciones mas desfavorables, y dada la posibilidad de encontrarse el subsuelo ó capas impermeables de la cuenca en alguno de los casos escepcionales ya referidos, supondrémos que solo una cuarta parte de este volumen, unos 25 litros, sea el que se encuentre ó resulte de las exploraciones practicadas al efecto.

Respecto á la profundidad, observaremos que en todos los casos en que el fondo del valle está constituido por terrenos de acarreo, debajo de estos vienen á encontrarse las líneas de máxima pendiente de ambas laderas, formando en sus puntos de interseccion el talweg subterráneo, pudiendo considerarse como escepcional el caso en que la inclinacion trasversal de las laderas y de sus bancos de estratificacion, cambie de un modo notable debajo de aquel fondo. En la seccion ó perfil longitudinal del punto elegido para la exploracion, este encuentro se realiza á la profundidad de seis á siete metros, que es la máxima á que en nuestro concepto deberán estenderse verticalmente los trabajos.

En la imposibilidad de fijar la magnitud de estos ó dimensiones de las obras necesarias para la exploracion y alumbramiento, hemos asignado una cantidad alzada para este objeto. Las obras que deberán ejecutarse son las siguientes: en el punto designado y en sentido normal á la direccion del valle, se abrirá una zanja de dos metros de anchura, y cuya línea se estienda hasta la proximidad de la ladera por una y otra parte; la estrechez de la cuenca en

dicho punto permite fácilmente estos trabajos sin gastos muy crecidos, y ofrece en cambio la inmensa ventaja de poderse recoger y aprovechar todos los filetes ó regueras subterráneas que marchen paralelos á la corriente principal. Esta escavacion deberá profundizarse hasta el punto en que se observe que todos los filetes ó corrientes de agua, con especialidad el brazo mas notable, forman una caída hácia el fondo de la zanja; en el caso de que la aparición de los manantiales se verifique con movimiento ascensional ú horizontal, por ningún concepto debe interrumpirse la escavacion, porque aquellos pudieran entonces seguir su corriente de costumbre, y seria completamente perdido su raudal. Si la abundancia de aguas imposibilita ó dificulta la continuacion de los trabajos, en vez de practicar agotamientos, deberá darse principio á la apertura de una zanja longitudinal ó sea en direccion del talweg ó fondo del barranco, hácia la parte inferior; esta zanja no solo servirá para la salida del agua durante los trabajos, sino tambien para el asiento de las cañerías ó acueductos que despues se establezcan. Terminada la escavacion, se le dará al fondo la inclinacion necesaria para hacer afluir todas las aguas á uno de sus extremos, ó bien dos pendientes opuestas con objeto de conducir las al punto mas conveniente, por ejemplo, al talweg subterráneo, si puede descubrirse fácilmente. Sobre el mismo fondo y en toda su longitud se construirá un pequeño acueducto de cuarenta centímetros de luz por cincuenta de altura, de fábrica de mampostería en seco con piedras ligeramente desbastadas, á fin de que presenten los huecos ó intersticios suficientes para dar paso á las aguas del manantial. Cubierto el acueducto por medio de tapas ó losas bastante resistentes, se rellenará la zanja, hasta el tercio de su altura, con ripios ó menudas piedras, que tienen por objeto facilitar el acceso al acueducto de todas las aguas mas elevadas que el brazo ó corriente principal. El resto se podrá terraplenar con el producto mismo de la escavacion.

El fondo de la zanja longitudinal deberá tener una pendiente de tres milésimas proxima-

mente, y sobre él se asentará la cañería de barro ó de plomo, cuyo diámetro se calculará por la fórmula $D=0,298 \sqrt{\frac{L Q^2}{H}}$; en el caso actual en que suponemos de veinte y tres litros por segundo el volumen del manantial, y en que, á una longitud de 460 metros de cañería, corresponde una carga ó desnivel de 1,40, introduciendo estos valores en la fórmula, á saber: $Q=0,025$ $L=460$ $H=1,40$ resulta 0,21 para el diámetro interior de los tubos.

Es evidente que á estas obras deberán acompañar todas aquellas que, como medida de precaucion se adoptan en tales casos. Durante los trabajos, por ejemplo, y sobre la superficie del terreno, deberá abrirse una zanja de derivacion, que separe de aquellos las aguas pluviales que, corriendo por el fondo del valle, pudieran inundarlos é inutilizar las obras ejecutadas. Al rellenar la trinchera de exploracion, deberá construirse un pequeño pozo ó respiradero, que tiene por objeto evitar la interceptacion de la corriente en la cañería por falta del aire necesario, y dar salida á las aguas sobrantes, cuando el manantial aumente de un modo considerable por efecto de lluvias extraordinarias. Las zanjas de exploracion y cañería no deberán rellenarse hasta pasado el tiempo suficiente para que se establezca el régimen de las corrientes subterráneas y sea bien conocido su volumen.

Las aguas del manantial deberán conducirse al canal de riego que dá principio en la parte inferior del gran pantano ó estancamiento de las aguas pluviales. Para determinar la seccion de este canal, observaremos que, debiendo distribuirse el producto del depósito entre los tres meses ó noventa dias que hemos dicho, resulta una corriente de 52 litros por segundo, á la cual agregando los 23 del manantial, arrojan un total minimun de 0,™055. Como debemos ponernos en el caso de un aumento considerable de caudal, sea por la necesidad de hacer la distribucion del depósito en un tiempo mas limitado, sea por la circunstancia feliz de hallar, en las exploraciones ó alumbramientos, un raudal mas abundante, y final-

mente, influyendo poco en el gasto total las dimensiones de la seccion, porque el trayecto del canal se realiza casi todo en terreno de escavacion muy fácil, supondremos para la aplicacion de la fórmula de Eytelwein.

$$q = s \left(\sqrt{\frac{2756}{c} p^s} - 0,035 \right)$$

que dicho caudal es de cien litros, de manera que $Q=0^m,100$ y sustituyendo en aquella los valores de p ó sea las pendientes de cada una de las rasantes adoptadas en el proyecto, y dando á los taludes la inclinacion de 1,5 de base por uno de altura, se obtiene con la mayor facilidad el valor de la seccion s , ó sea el ancho en el fondo del canal y en la superficie del agua y el valor de c ó sea el perimetro mojado. Previendo, sin embargo, el obstáculo que oponen á la marcha de las aguas, tanto las yerbas como el légamo y otros depósitos que se forman, y los perjuicios consiguientes á un desbordamiento por estas causas, hemos asignado á la seccion del canal mayores dimensiones que las resultantes de la fórmula citada.

Disminuyendo las pendientes del canal, podria mantenerse su traza mas elevada de lo que aparece en el proyecto y de este modo hacer participar del beneficio del riego á los terrenos mas altos; pero esta es una variacion tan sumamente fácil, atendiendo á la corta pendiente transversal del terreno, á su fácil escavacion para la apertura de la zanja y á las pequeñas dimensiones de esta, que podrá hacerse esta modificacion en el trascurso de las obras, y siempre que se crea conveniente, ó bien derivar del canal principal un brazo para este objeto.

Por un cálculo semejante al que hicimos al final del capítulo anterior, puede probarse fácilmente las inmensas ventajas que ha de reportar este proyecto, y que el capital invertido en las obras, no solo se encuentra en relacion con las utilidades que produce, sino que estas aun son mucho mas notables que en el proyecto del pantano ó estancamiento, toda vez que, á igualdad de volúmen ó cantidad de agua, es es-

traordinariamente mas pequeño el capital empleado para obtenerla. Pudiera suceder, sin embargo, que por alguno de esos casos fortuitos y excepcionales, por alguna de esas circunstancias especiales en la constitucion geológica del terreno, que antes hemos indicado, resultasen falseados los cálculos relativos al alumbramiento de aguas subterráneas; pero aun entonces solo se perderia la suma invertida en las zanjas y pozos de exploracion que deberian practicarse en puntos diferentes y en la seguridad de descubrir manantiales mas ó menos abundantes de importe no costoso.

No terminaremos esta memoria sin hacer algunas indicaciones sobre el tercero de los objetos que se propone la Sociedad, ó sea la adquisicion de aguas por compra á otras empresas. Con este motivo nos hemos detenido algun tanto al describir la cuenca de la laguna de Añavieja y el paso de sus aguas al valle de la Nava ó de Valverde. En el proyecto de *Desecacion de la laguna* se calcula, por medio de un trabajo muy detallado y concienzudo, el volúmen de agua que actualmente se pierde por las evaporaciones en estension tan dilatada, y despues, corriendo por la acequia, llegará á fertilizar el término de Cintruénigo, habiéndose invertido la mayor parte de su caudal en las villas de Agreda, Cervera y parte de Fiteiro. La acequia ó canal que ha de construirse con dicho objeto, despues de atravesar la divisoria de Peñas-blancas, corre por el fondo de algunos barrancos hasta el valle de la Nava, donde pasa por bajo de la carretera general, aprovechando una alcantarilla próxima á la venta del Sevillano, y despues sigue ya constantemente por la falda de la derecha, penetrando en una de las últimas quebradas ó barrancos afluentes del Toro, donde se proyecta tambien un depósito ó pantano de 140.000 metros cúbicos de cabida, con objeto de tener alguna cantidad de agua disponible en épocas de escasez, llenándolo con la corriente del canal en tiempo de abundancia. La traza de este canal se dirige, saliendo del pantano hacia los estensos olivares de Cintruénigo, pasando muy cerca de la Villa por cima de la acequia de

Riollano y por bajo de la carretera de Tudela; entra en el término de Corella apoyándose en unas laderas suaves, á cuyo pié se cultivan huertas, y concluye en el Alhama antes del puente próximo á dicha ciudad; tal es la descripción que del canal se hace en el proyecto referido. En él además se fija detalladamente la distribución de las aguas ó sea el volumen que corresponde á cada jurisdicción, y de ella resulta que pueden regarse, en la de Cintrénigo, 4.575 hectáreas, para las cuales se asigna, teniendo en cuenta las diferentes especies de cultivo, un volumen de agua de 5.556.700 metros cúbicos. Estos números nos parecen algun tanto exagerados, y estamos persuadidos de que las pérdidas sufridas por la filtración y otras causas en el extraordinario trayecto de mas de cuatro kilómetros, disminuirán notablemente aquel caudal; pero aun cuando se le suponga bastante mas reducido, y se le rebaje á una mitad, siempre resultará que en el sistema de adquisición ó compra de aguas es en el que principalmente ha de cifrar sus esperanzas la villa de Cintrénigo por la razon de que siendo el caudal mayor el que ha de obtenerse por este medio, será tambien mayor la estension superficial que por él habrá de recibir aquel beneficio. Son, sin embargo, bajo todos conceptos, importantes las obras que se ejecuten para el aprovechamiento de aguas pluviales y alumbramiento de manantiales subterráneos, teniendo en cuenta la inmensa utilidad que resulta por unidad de superficie, y el crecido interés que se obtiene por el capital invertido.

PERFORACION DEL MONTE CENIS POR

MEDIO DE MÁQUINAS DE AIRE COMPRIMIDO.

Creemos serán leídos con gusto los siguientes apuntes que nos han sido facilitados por el Sr. D. T. Desanvillers, sub-Ingeniero del ferrocarril del Norte de España, en la primera seccion de Madrid al Escorial, en los que se

trata de la perforacion del Monte Cenís, en cuyo punto en su último viaje, ha podido observar cuán grandes dificultades ha sido preciso vencer para dar una buena direccion á estas obras calificadas de maravillosas.

Cuando se dió principio á los trabajos de perforacion del Monte Cenís se hizo uso para el arranque de las rocas, de los zapapicos y de la pólvora; pero á pesar de estarse trabajando á la vez en las dos estremidades del túnel proyectado, como el espacio era tan reducido no permitia ocupar útilmente, en cada una, mas de 15 á 20 trabajadores; la piedra arrancada diariamente en ambos lados, no representaba mas que 40 centímetros lineales, haciéndose de ese modo interminable el túnel cuya longitud será de doce kilómetros y de la seccion conveniente para dar lugar á la colocacion de dos vias.

Queriendo remediar estos inconvenientes que parecian insuperables, los Ingenieros señores Grathony y Sommelier, propusieron el empleo de máquinas de su invencion, colocando por de pronto una en Modane (Francia) y otra en Bordeneche (Italia), que son los puntos extremos del túnel, prometiendo con su auxilio que el adelanto en la perforacion seria cuando menos triplicado.

Admitida la proposicion, se procedió á colocar dos de estas máquinas en las bocas del túnel, y á pesar de no haber dado hasta ahora á la que se halla en la parte francesa, todo el impulso de que es susceptible, las promesas de los Sres. Grathony y Sommelier no han sido defraudadas; la perforacion diaria es ya de dos metros lineales en lugar de los cuarenta centímetros que antes se perforaban; y no hay duda de que será mayor cuando estén montadas otras máquinas, así como una fábrica de gas destinado al alumbrado del túnel.

Causa admiracion el ver lo ingenioso á la par que sencillo de estas máquinas, construidas por el sistema del aire comprimido, que funcionan con una regularidad singular, y que representan cada una la fuerza de 250 caballos.

El aire que comprimen y espelen por unos tubos, hasta el fondo de las minas, pone en