





TANTEO

DGCL  
A

DE

ABASTECIMIENTO DE AGUAS

PARA LA

CIUDAD DE PALENCIA

POR EL ARQUITECTO

D. JUAN AGAPITO Y REVILLA

---



R. 51974

W. 61595  
CB 1084816





## Tanteo de abastecimiento de aguas para la ciudad de Palencia <sup>(1)</sup>

---

### **Orígenes actuales de la alimentación de agua de la ciudad**

Las observaciones sueltas y de manera irregular hechas por nosotros en los manantiales que surten actualmente de aguas potables a la ciudad, no nos permiten señalar cifra alguna exacta respecto a la alimentación y consumo de agua.

En general, el vecindario se surte de aguas canalizadas por el Ayuntamiento, procedentes del páramo de Autilla del Pino, y también en épocas de sequía de las llamadas fuentes de la Salud, sobre las cuales no hemos fijado nuestra atención, por no considerarlas útiles a un abastecimiento formal por sus malas condiciones y alta graduación hidrotimétrica.

Las que explota la administración municipal, cuya procedencia queda indicada, pueden dividirse en dos agrupaciones: una, la que recoge las aguas en el Valle de las Monjas; otra, la de la bodega del Colmenar de Ramírez. Esta última, cuyos manantiales propuso reunir a los pocos que tenía el Ayunta-

---

(1) Habiéndose efectuado el presente tanteo como base preliminar del proyecto de abastecimiento de aguas, al encomendarse éste al entonces arquitecto municipal de dicha ciudad D. Agapito Revilla, en dicho proyecto aparece englobado este tanteo, y de él lo separamos, con la doble ventaja para nuestros lectores de ofrecer un modelo completo de tanteo, tal como nosotros lo entendemos, y de aligerar el proyecto (lo que conviene hacer en la práctica), que oportunamente reproduciremos extractado.

miento en el Valle de las Monjas el arquitecto D. Francisco Javier Sáiz, está hoy constituida por la fuente llamada del Rey, inmediata a Ramírez; los manantiales que desaguan en la misma bodega citada y la galería subterránea que proyectó y dirigió el ingeniero D. Manuel Rivera, llamada de Ramírez, cuyo origen está en el pozo de las Mendozas, es la agrupación que da menos cantidad de agua.

En el Valle de las Monjas se utilizaron los manantiales llamados Pie de Gallo, Colmenar de la Yedra y el descubierto y agregado en el verano de 1897, y la galería nueva proyectada por el arquitecto D. Cándido Germán, y construida, casi en su totalidad, bajo nuestra dirección; de ella sólo está construida la mitad de la longitud proyectada (1.050 metros). De todos estos manantiales y galerías, la nueva del Valle de las Monjas es la que tiene un régimen más constante, pero, así y todo, pequeño de caudal; en el pasado verano de 1898 aforaba casi tanto como todos los demás manantiales y galerías de Ramírez juntos. Por cañerías separadas se conducen las aguas de esas dos agrupaciones o sistemas, ya por tuberías de fundición, ya por tubos de alfarería, a los tres depósitos, punto regulador de donde parten a la ciudad.

Los tres depósitos cubican unos 2.250 metros cúbicos.

No hemos de describir la distribución de agua en la población, que de todos es conocida; se ha procurado extender la red de tubería hasta donde permitía la cantidad de agua disponible, y se ha logrado bastante; se ha extendido la instalación de bocas de riego en muchas calles, y se ha dispuesto un número hasta exagerado de fuentes públicas; pero hemos de fijarnos, en cambio, en la cantidad de agua disponible.

No pueden ser más variados los datos que tenemos recogidos y que hacen relación a la cantidad de agua disponible; indudablemente, el haber practicado los aforos de una manera irregular nos priva de poder formar un estado comprensivo de los gastos de los manantiales, que no dejaría de tener utilidad

para casos en que se pretendiera explotar más agua del páramo de Autilla. El Sr. Rivera, en la Memoria del proyecto de la galería de Ramírez, fijaba en tres litros por segundo la cantidad de agua que expedían todos los manantiales; el Sr. Germán asegura que, en Marzo de 1880, todos los manantiales reunidos daban 5,10 litros por segundo, y presenta, como un dato no comprobado por él, que la galería de Ramírez ha llegado a suministrar siete litros por segundo en ciertas épocas, que hacen un total de 12,10 litros por segundo, cantidad que, sin duda, tomaría por máximo para calcular la capacidad de los depósitos.

La cantidad de agua que hemos aforado el 21 de Octubre de 1895 y en 10 de Diciembre de 1896 a la salida de la galería del Valle de las Monjas, ha sido de 1,25 y 1,42 litros por segundo. Sin embargo, aunque se añadiese este último aforo a los 12,10 indicados, resultaría un volumen de agua para la alimentación de 1.168.128 litros diarios, correspondiendo, por tanto, a cada habitante, por día, de los 15.000 que calculamos puedan utilizar las aguas, una dotación máxima de 77,87 litros, cifra que está muy por bajo de las que se señalan en un regular abastecimiento.

Pero, repetimos, esa dotación será sin duda la máxima. En varios aforos que hemos practicado diferentes veces nunca hemos obtenido una cifra superior a 9 litros por segundo en la boca de alimentación de los depósitos que hace bajar ya a 51,84 litros por persona la dotación diaria; en Junio de 1898 el aforo del agua entrada en los depósitos nos dió 2,20 litros por segundo (correspondían 12,66 litros diarios a cada persona) y en Agosto del mismo año 1,55, repartiendo en el mismo período de veinticuatro horas sólo a 8,93 litros, que consideramos como el mínimo. La dotación puede calcularse que se aproxima a 40 litros por persona y día, cuando más, en épocas normales, que corresponde a unos 6 litros por segundo.

La variación entre el máximo 77,87 litros y el mínimo,

8,93, no puede ser de más consideración. La relación del primero al segundo es de 8,71, superior a las mayores que se obtienen en algunos abastecimientos de aguas en las ciudades francesas, surtidas de manantiales, capas subterráneas y galerías de drenaje, como se observa en la siguiente nota:

POBLACIONES	Relación de la alimentación máxima a la mínima
Chauny (Aisne).....	3
Royat (Puy-de-Dôme).....	3
Clermont-Ferrand (idem).....	3
Epinal (Vosges).....	3
Remiremont (idem).....	3
Barcelonnette (Alpes Bajos).....	3,33
Autun (Saône et-Loire).....	3,42
Bouilly (Aube).....	3,50
Vierzon (Cher).....	3,55
Port-en-Bessin (Calvados).....	3,66
Vaucouleurs (Meuse).....	3,75
Foix (Arriège).....	4
Lodève (Hérault).....	4
Chazelles sur-Lyon (Loire).....	4,54
Thônes (Haute-Savoie).....	4,57
Langrés (Aute-Marne).....	4,85
Maraye-en-Othe (Aube).....	5
Valence (Drôme).....	5
Ligny-en-Barrois (Meuse).....	5
Besançon (Doubs).....	5,24
Saint-Malo (Ille-et-Vilame).....	10

No hay, pues, en las aguas actuales de Palencia, ni aun en el caso más favorable, cantidad suficiente para atender todos los servicios de una ciudad regularmente organizada, ni régimen alguno que pueda asegurar una relativa constancia; algo mejor estamos respecto de la calidad de las aguas que de su cantidad, sin que por eso podamos ofrecerlas como tipo inmejorable de las potables.

Por de pronto, son limpias, frescas y de buen sabor.

Ensayadas las aguas con el hidrotímetro de Boutron y Boudet, acusan, por término medio, de 26 a 27 grados, y sabido es que según su grado hidrotimétrico se clasifican las aguas, cuan-

do tienen de 1 a 15°, de excelentes; de 15 a 30°, de buena agua potable; de 30 a 60°, impropia para los usos domésticos y apenas susceptibles de alimentar las calderas de vapor; más allá de los 60°, el agua es impropia para todos los usos ordinarios.

Cada litro de agua, según ensayos practicados en el verano de 1893, contiene (1):

Acido carbónico.....	0,0175	litros
Carbonato de cal.....	0,0618	gramos
Sulfatos y cloruros de cal...	0,1420	—
Sales de magnesia.....	0,0750	—

Composición parecida a la de la mayor parte de las aguas de manantial, que tienen de ordinario de 6 a 600 miligramos de carbonato de cal por litro, los cloruros entran de 2 a 500 miligramos y los sulfatos de 1 a 1,250, agregándose a veces algo de sílice, alúmina y óxido de hierro y pequeña cantidad de materia orgánica. Las aguas que consume Palencia están en el grupo de las potables; pero son algo selenitosas, es decir, algo cargadas de sulfato de sal. No basta en un agua que su graduación hidrotimétrica sea aceptable, si, en cambio, contiene algún principio que la haga sospechosa. Un agua como la del abastecimiento actual de Palencia tiene mucha importancia en la economía doméstica; las aguas duras o crudas disuelven mal el jabón, lavan mal la ropa y cuecen medianamente las legumbres; tiene una explicación sencilla: las aguas duras o crudas tienen gran cantidad de cal en sus sales, que, combinándose con la legúmina de los vegetales, forma una sal insoluble; el jabón se descompone, se combina la cal con el ácido graso y forma un nuevo jabón insoluble que se precipita sobre la ropa que se lava, de donde, además de gastar más cantidad de jabón, la ropa no queda blanca, por la impureza de ese jabón insoluble; un agua cargada de sales calcáreas

(1) Más adelante se detallan los resultados de análisis mucho más completos, punto interesantísimo en todo tanteo.--(N. A.)

consume tres veces más jabón que el agua de lluvia, tipo de las aguas dulces. Por otra parte, el exceso de carbonato de cal puede remediarse a muy poca costa; no así el de sulfato de la misma base, que es en lo que estriba que las aguas de Palencia sean algo deficientes en la economía doméstica.

En el ensayo anteriormente citado no se hizo el examen bacteriológico de las aguas, ni poseemos dato alguno respecto de este particular; pero de seguir la marcha de los manantiales ordinarios, puede asegurarse que el número de bacterias en unidad de volumen tiene su máximum en el invierno, sigue en la primavera y el otoño, y el mínimum corresponde al verano. Esto, que a primera vista parece una anomalía, tiene su razón lógica: los manantiales se cargan con las aguas meteóricas que se contaminan en su paso por las capas más superficiales del terreno, y a pesar de la filtración a través de éste, nunca quedan perfectamente purificadas; las lluvias del invierno son más frecuentes y continuas que en otra estación cualquiera, y empapándose en seguida el terreno, atraviesa el agua caída con más presión y fuerza la capa filtrante, lo que hace que las bacterias sean arrastradas en el descenso natural; las lluvias de verano son menos frecuentes, se empapa poco el terreno en esta época, y en los chubascos resbala el agua, dejando la tierra seca a pocos centímetros de la superficie. Porque el agua sea de manantial, no hay que suponer, como algunos han creído, que esté exenta de materias orgánicas; es verdad que su cantidad puede ser muy insignificante, pero hay que tener en cuenta que las aguas de Palencia se recogen en galerías, por las que circula el aire de la atmósfera, que de los manantiales va a los depósitos y que el desarrollo de las bacterias en las canalizaciones o tuberías aumenta prodigiosamente.

A pesar de todo ello, las aguas del páramo de Autilla del Pino siempre deben ser apreciadas en la ciudad. Como de manantial, tienen las ventajas que todos, higienistas y no higienistas, reconocen en ellas; su cantidad de materia orgánica

es reducida, y su uso es el mejor preservativo en épocas de epidemia, por no favorecer tanto como otras aguas el transporte de los agentes patógenos y ser su contaminación más difícil. Estas aguas deben dejarse para el uso exclusivo de la bebida, y conservar y entretener en buenas condiciones la distribución actual, por buenas que sean otras aguas que se traigan, pues si aquéllas siempre dan resultado práctico en la economía del organismo humano, en determinados casos pueden librar a la ciudad de verdaderas desgracias, como ocasionarían las propagaciones de terribles epidemias favorecidas por aguas de fácil infección.

De las aguas de las fuentes llamadas de la Salud, del otro lado del río, que son apreciadas por algunos y en el verano de 1898 se han visto muy concurridas a pesar de su escaso caudal en sequía tan grande, poco hemos de decir: su graduación hidrotimétrica es parecida a las aguas del páramo de Autilla: la primera tiene 27,50 grados, 25,50 la segunda y la tercera unos 30; recientemente se ha descubierto otro manantial próximo a la tercera de esas fuentes, de bastante caudal; pero la circunstancia de ser muy someros los manantiales y muy superficial la lámina de agua que los alimenta, así como el atravesar terrenos de labor, hace que la materia orgánica que contienen sea muy abundante y arrastre muchas impurezas, por lo que su dudosa bondad se hace a cada momento más sospechosa.

### **Otros orígenes de agua disponible del río Carrión**

Para valorar el gasto del río en la zona adecuada para establecer la toma de aguas si conviniera utilizar dicho origen (proximidades del puente de Don Guarín) nos referimos a los datos que publicó la Comisión central hidrológica y a los que nos han facilitado en la Jefatura de Obras públicas de la provincia de Valladolid, adonde se llevó el archivo de la supri-

## Aforos del rio Carrión en el puente de Don Guarín

FECHAS			AFOROS — Litros al 1"	OBSERVACIONES
13-16	Agosto.	1880	1.799	523 m. aguas arriba del puente.
»	Septiembre.	1880	1.199	
16	—	1884	2.590	
17	—	1884	2.123	
18	—	1884	2.324	
19	—	1884	7.349	
20	—	1884	3.416	
22	—	1884	1.931	
23	—	1884	3.608	
24	—	1884	5.615	
26	—	1884	2.366	
27	—	1884	2.921	
17	Diciembre.	1884	675	
18	—	1884	494	
19	—	1884	328	
22	..	1884	755	
23	—	1884	452	
24	—	1884	490	
11	Junio.	1885	15.927	
12	—	1885	14.694	
13	—	1885	8.941	
15	—	1885	10.774	
16	—	1885	8.432	
17	—	1885	14.438	
18	—	1885	15.948	
19	—	1885	13.214	
20	—	1885	9.255	
22	—	1885	6.189	
23	—	1885	6.410	
24	—	1885	4.715	
25	—	1885	6.108	
26	—	1885	10.036	
27	—	1885	12.058	
30	—	1885	13.147	
5	Diciembre.	1885	4.605	
7	—	1885	6.265	
9	—	1885	20.956	
10	—	1885	15.789	
11	—	1885	13.456	
12	—	1885	9.087	
14	—	1885	8.698	
15	—	1885	8.921	

FECHAS			AFOROS — Litros al 1"	OBSERVACIONES
16	Diciembre	1885	8.691	
17	—	1885	7.352	
18	—	1885	3.920	
19	—	1885	3.928	
21	—	1885	4.874	
22	—	1895	5.850	
23	—	1885	13.840	
24	—	1885	11.814	
26	—	1885	5.768	
28	—	1885	3.950	
29	—	1885	2.787	
30	—	1885	5.749	
31	—	1885	4.177	
21	Abril	1886	7.972	
24	—	1886	11.534	
26	—	1886	22.126	
27	—	1886	26.236	
28	—	1886	82.180	
29	—	1886	158.590	Máximo.
	—	1886	151.191	

mida División hidrológica de Valladolid. Dichos datos son muy incompletos, abarcan un período corto, y con ellos no podemos formar, por la solución de continuidad que ofrecen las observaciones, un gráfico del que se deduzca algo; pero las consignamos por el carácter oficial que tienen, dada su procedencia.

La altura de agua leída en la escala del puente de Don Guarrín osciló, durante la época de la que poseemos datos oficiales (16 Julio a 28 de Septiembre 1884), entre 0,55 (12 de Septiembre) y 1,20 (19 Septiembre).

Según el distinguido ingeniero de Caminos D. Manuel Rivera, puede calcularse que el aforo mínimo del Carrión en el sitio designado ha sido de unos 200 litros al segundo, y que la altura de agua en las mayores avenidas queda unos 25 centímetros por bajo de la clave del arco.

La altura de agua en la escala del puente Mayor ha oscila-

do, de Julio a Septiembre de 1884, de 0,2, que correspondió al 30 de Agosto, a 0,71 en el 20 de Septiembre. Según las observaciones del mismo Sr. Rivera, en las mayores avenidas el agua alcanzó una altura equivalente a la de la arista inferior de la imposta del muro de contención en la desembocadura de la calle del Marqués de Albaida.

Estos datos serán los que tengamos en cuenta al redactar los estudios que nos fueron encargados.

Desde el punto más bajo del río, en su paso por la ciudad, hasta el puente de Don Guarín, se cuentan cuatro saltos: el de San Sebastián, el de Once Paradas, el de San Román y el de Pajares.

#### Arroyo de Villalobón

Pocos datos poseemos acerca del régimen hidráulico de este arroyo, el más inmediato a la ciudad; tampoco nos hacen gran falta en el estudio que ha de ocuparnos. Desde luego, puede indicarse que el régimen es variadísimo; nosotros hemos visto rebasar sus aguas el pequeño cauce e inundar las tierras próximas, al recoger aguas de aguaceros de intensidad, y todos hemos visto el arroyo seco por completo todos los veranos.

Don Cándido Germán, en el proyecto de aprovechamiento de las aguas de este arroyo para la limpieza de las alcantarillas y riego de arbolado, decía en 31 de Diciembre de 1879: «El caudal de estas aguas—del arroyo de Villalobón—es muy variable, según las estaciones y las lluvias más o menos abundantes, y en tal concepto, un aforo hecho en un día determinado tiene muy poca significación. Si se hubiera practicado en los veranos de 1876 y 1877. se hubiera obtenido como resultado que la cantidad de agua no llegaría a un litro por segundo. En el practicado en la segunda quincena del último Septiembre—1879—el gasto era de 105 litros por segundo, y hoy es seguro que será mayor.»

En dicho proyecto se calculó la sección de la acequia de conducción para un gasto máximo de 90 litros por segundo.

### **Análisis de algunas aguas de Palencia**

Tanto nos hemos preocupado de las condiciones que pudieran reunir las aguas de esta ciudad, las que usamos de los manantiales del páramo de Autilla del Pino y las que podíamos aprovechar en el proyectado abastecimiento de la población, que no dudamos un instante proponer al Ayuntamiento la realización de algunos análisis completos de aguas, ya por saber con detalle lo que son las aguas que en la actualidad bebemos, y, por tanto, si convenía seguir aumentando la zona de explotación, ya por averiguar cuál sería el punto más favorable para la toma de aguas en las proximidades de la ciudad.

Dos clases de aguas se han analizado: las procedentes del páramo referido y las del río Carrión, tomándolas de éste en cuatro puntos distintos correspondientes a los cuatro vasos más próximos a la ciudad.

De los resultados que a continuación se exponen se deducen algunas consecuencias muy interesantes. Las aguas del páramo de Autilla pueden calificarse de aguas potables medianas y las del río, de aguas regulares; llevan, por tanto, éstas algunas ventajas en su favor; ya podíamos suponerlo conociendo la estructura y naturaleza del páramo de Autilla; el grado hidrotimétrico de las aguas de éste es muy elevado; la fuerte proporción de sales cálcicas y magnésicas, carbonato y sulfato, las perjudican notablemente; pero, en cambio, la cantidad de amoníaco las hacen recomendables, recomendación aun más importante en la pequeña cantidad de materia orgánica, causa, sin duda, del pequeño desarrollo de aquel elemento.

No debe, pues, desecharse el agua que consumimos; lleva una garantía de bondad el limitado número de sus bacterias; pero tampoco debe seguirse el sistema de explotar el páramo con nuevos alumbramientos; ya daremos otra clase de razones más tarde. Debemos también conceptuar como muy beneficiosos los gastos hechos en las galerías y depósitos en la actuali-

dad en servicio; no deja de oirse en la ciudad que esos gastos han sido infructuosos y de ningún resultado positivo; los que tal han dicho no se han detenido a examinar despacio la cuestión han achacado hasta a faltas de la administración municipal, lo que no ha sido más que resultado de una pertinaz sequía de tres años; los que tal pensaron habrán vuelto de su error al considerar la escasez de aguas, en estos últimos años, en climas mucho más húmedos que el nuestro, que peca de excesivamente seco. Las actuales aguas de Palencia, a pesar de su alta graduación hidrotimétrica, deben ser consumidas en la bebida; el mejor filtro, la mejor depuración es disponer de agua que no pueda ser medio a propósito para la propagación de una epidemia que no sea fácilmente contaminada, y estas cualidades reúnelas el agua de nuestras fuentes.

Si observamos los análisis de las cuatro muestras de agua del río que se tomaron: frente a la ciudad, sobre la presa del Buen Consejo, entre San Román y Pajares y sobre el puente de Don Guarín, notaremos que su orden de bondad no va indicado correlativamente con la dirección de aguas arriba, como parecía lógico, y choca, a primera vista, que las aguas de San Román a Pajares acusen mayor número de bacterias que las de la presa del Buen Consejo, que se encuentra aguas abajo; pero los fundamentos de este hecho son muy sencillos: aquel vaso está influído por dos núcleos de población, asentados sobre sus aguas en una distancia muy corta; el reposo de las aguas en ese vaso es muy continuado: materia orgánica ha de haber, quietud existe también, en largos períodos; nada más a propósito entonces que el desarrollo de la putrefacción de la materia orgánica, ya animal, ya vegetal, que lleva consigo el de las bacterias.

El agua del río es buena, la cantidad de microorganismos que contiene no es notable, y más pequeña hacia el puente de Don Guarín. En ninguna muestra se han encontrado microbios patógenos, y eso que el agua destinada al análisis micrográfico

se tomó en la época de los calores, cuando la corriente del río casi se anula. Este agua puede ser un complemento valiosísimo al abastecimiento de la ciudad, por lo que se refiere, en este momento, a la higiene y salubridad de la población.

Los resultados de los indicados análisis, trabajo delicado y escrupuloso, que lleva la garantía de la firma del peritísimo director del Laboratorio químico municipal de Valladolid, doctor D. Eugenio Muñoz Ramos, los transcribimos a continuación, sin añadir por nuestra parte observación alguna, como no sea la satisfacción de ver en un trabajo nuestro la colaboración científica de nuestro paisano y amigo Sr. Muñoz Ramos, verdadera autoridad en las cuestiones higiénicas.

## LABORATORIO QUIMICO MUNICIPAL DE VALLADOLID

Análisis químico y micrográfico de cinco muestras de agua procedentes de la ciudad de Palencia, remitidas por D. Juan Agapito y Revilla, arquitecto municipal de dicha capital.

### Agua núm. 1

*Procedente de los manantiales del Valle de las Monjas y Bodega de Ramírez (tomada en las fuentes de la ciudad).*

*Caracteres.*—Transparente, incolora, inodora y de sabor ligeramenteroso.

*Reacción.*—Neutra.

*Análisis cualitativo.*—Sus principales componentes son los que se expresan a continuación:

Carbonato cálcico.....	Poca cantidad.
Idem magnésico.....	Idem id.
Idem ferroso.....	Pequeñísima cantidad.
Sulfato cálcico.....	Gran exceso.
Idem sódico.....	Bastante cantidad.
Idem magnésico.....	Gran exceso.
Cloruro sódico.....	Idem id.
Idem cálcico.....	Bastante cantidad.
Idem magnésico.....	Idem id.
Silicato sódico.....	Poca cantidad.
Nitratos.....	Mucha cantidad.
Nitritos.....	Bastante cantidad.
Sales amónicas.....	Indicios.
Materia orgánica.....	Pequeña cantidad.

*Determinaciones cuantitativas:*

Grado hidrotimétrico total, 32°.		
Residuo seco a + 180°.....	398,00	} Miligramos por litro de agua
Cloro.....	14,90	
Acido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ).....	79,80	
Cal (CaO).....	118,20	
Magnesia (MgO).....	44,40	
Amoniaco.....	Indicios.	
Acido nítrico (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).....	0,90	
Acido nítrico (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	0,008	
Materia orgánica (líquido ácido).....	0,60	
Idem id. (líquido alcalino).....	0,60	
Oxígeno disuelto.....	6,40	

**Agua núm. 2**

*Procedente del río Carrión*, tomada en la ciudad de Palencia, entre los desagües de las alcantarillas de las calles del Marqués de Albaida y Perezucos.

*Caracteres.*—Algo opalina, incolora, inodora y de sabor agradable. Después de veinticuatro horas de reposo se vuelve transparente, abandonando un ligero sedimento grisáceo, constituido por arcilla muy dividida, sílice y algunos granos de caliza.

*Reacción.*—Neutra.

*Análisis cualitativo.*—Sus principales componentes son los que se expresan a continuación:

Carbonato cálcico.....	Pequeña cantidad.
Idem magnésico.....	Idem id.
Idem ferroso.....	Pequeñísima id.
Sulfato cálcico.....	Idem id.
Idem sódico.....	Pequeña id.
Idem magnésico.....	Idem id.
Cloruro sódico.....	Idem id.
Idem cálcico.....	Idem id.
Idem magnésico.....	Idem id.
Silicato sódico.....	Idem id.
Nitratos.....	Indicios.
Nitritos.....	Mucha cantidad.
Sales amónicas.....	Pequeña cantidad.
Materia orgánica.....	Bastante cantidad.

*Determinaciones cuantitativas:*

Grado hidrotimétrico total.....	12	} Miligramos por litro de agua
Residuo seco a + 180°.....	166,00	
Cloro.....	4,90	
Acido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ).....	17,80	
Ca! (C <sub>a</sub> O).....	64,00	
Magnesia (M <sub>g</sub> O).....	8,10	
Amoniaco.....	0,0012	
Acido nítrico (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).....	Indicios.	
Acido nitroso (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	0,01	
Materia orgánica (líquido ácido).....	1,40	
Idem id. (líquido alcalino).....	1,45	
Oxígeno disuelto.....	5,50	

**Agua núm. 3**

*Procedente del río Carrión, tomada en la Carcabilla.*

*Caracteres.*—Iguales a los de la muestra núm. 2.

*Análisis cualitativo.*—Resultado igual al de la muestra anterior.

*Análisis cuantitativo:*

Grado hidrotimétrico total.....	12	} Miligramos por litro de agua
Residuo seco a + 180°.....	172,00	
Cloro.....	4,90	
Acido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ).....	17,90	
Cal (C <sub>a</sub> O).....	65,20	
Magnesia (M <sub>g</sub> O).....	8,30	
Amoniaco.....	0,0010	
Acido nítrico (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).....	Indicios.	
Acido nitroso (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	0,01	
Materia orgánica (líquido ácido).....	1,45	
Idem id. (líquido alcalino).....	1,45	
Oxígeno disuelto.....	5,32	

**Agua núm. 4**

*Del río Carrión, tomada aguas arriba de la presa de San Román:*

*Caracteres.*—Iguales a los de la muestra anterior.

*Análisis cualitativo.*—Resultado igual al de la muestra anterior.

*Determinaciones cuantitativas:*

Grado hidrotimétrico total.....	12	} Miligramos por litro de agua
Residuo seco a + 180°.....	178,00	
Cloro.....	4,85	
Acido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ).....	18,10	
Cal (C <sub>a</sub> O).....	66,00	
Magnesia (M <sub>g</sub> O).....	8,20	
Amoníaco.....	0,002	
Acido nítrico (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).....	Indicios.	
Acido nitroso (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	0,01	
Materia orgánica (líquido alcalino).....	1,50	
Idem íd. (líquido ácido).....	1,50	
Oxígeno disuelto.....	4,96	

**Agua núm. 5**

*Del río Carrión, tomada aguas arriba del puente de Don Guarín.*

*Caracteres.*—Iguales a los de la muestra anterior.

*Análisis cualitativo.*—Resultado igual al de la muestra anterior.

*Determinaciones cuantitativas:*

Grado hidrotimétrico total.....	12	} Miligramos por litro de agua
Residuo seco a + 180°.....	162,00	
Cloro.....	4,80	
Acido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ).....	17,60	
Cal (C <sub>a</sub> O).....	63,90	
Magnesia (M <sub>g</sub> O).....	8,00	
Amoníaco.....	0,003	
Acido nítrico (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ).....	Indicios.	
Acido nitroso (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	0,09	
Materia orgánica (líquido ácido).....	1,30	
Idem íd. (líquido alcalino).....	1,30	
Oxígeno disuelto.....	5,70	

## RESUMEN DEL ANALISIS QUIMICO

	MILIGRAMOS POR LITRO DE AGUA				
	Núm. 1	Núm. 2	Núm. 3	Núm. 4	Núm. 5
Grado hidrotimétrico total.....	32	12	12	12	12
Residuo seco a + 180°...	398,00	166,00	172,00	178,00	162,00
Cloro.....	14,90	4,90	4,90	4,85	4,80
Acido sulfúrico (SO <sub>3</sub> )....	79,80	17,80	17,90	18,10	17,60
Cal (C <sub>a</sub> O).....	118,20	64,00	65,20	66,00	63,90
Magnesia (M <sub>g</sub> O).....	44,40	8,10	8,30	8,20	8,00
Amoníaco.....	indicios	0,0012	1,001	0,002	0,003
Acido nítrico (N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )....	0,90	indicios	indicios	indicios	indicios
Acido nitroso (N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )....	0,008	0,010	0,010	0,010	0,090
Materia orgánica (líquido ácido).....	0,60	1,40	1,45	1,50	1,30
Materia orgánica (líquido alcalino).....	0,60	1,40	1,45	1,50	1,30
Oxígeno disuelto.....	0,40	5,50	5,32	4,96	5,70

*Análisis microscópico:*

Para el reconocimiento microscópico de los sedimentos hemos trabajado con los residuos que quedaron en los filtros por donde pasó toda la cantidad de agua que de cada una de las muestras se nos ha remitido para el análisis químico.

Para el análisis bacteriológico se ha hecho una recolección especial del agua en frascos de 100 centímetros cúbicos de capacidad, previamente esterilizados a + 200, llenándolos con las debidas precauciones y procediendo inmediatamente a las operaciones necesarias para la numeración de bacterias, evitando, en lo posible, las causas de error.

Los resultados se expresan a continuación:

## Agua núm. 1

Cuerpos inorgánicos en suspensión.	}	Sílice (muy poca cantidad).
		Alguna partícula de caliza.
Cuerpos organizados.....		Restos vegetales (poca cantidad).
Flora.....	}	Protococcus viridis.
		Scenedesmus acutus.
		Spyrogiras.
		Zignemas.
		Diatomeas.
		Bacterias por centímetro cúbico, 230.

## Agua núm. 2

Cuerpos inorgánicos en suspensión.	}	Arcilla (bastante cantidad.)
		Sílice, ídem íd.
		Algunas partículas de caliza.
Cuerpos organizados.....		Restos vegetales diversos.
		Detritus vegetal-animal.
Fauna.....		Daphnia pulex.

Flora.....	}	Scenedesmus acutus.
		Ídem obtusus.
		Ídem cuadricauda.
		Protococcus viridis.
		Cosmarium.
		Spyrogiras.
		Cladophora sp.*
		Diatomeas.....
		Diatoma.
		Novicula.
		Bacterias por centímetro cúbico, 1.840.

## Agua núm. 3

Cuerpos inorgánicos en suspensión.		Igual a la muestra anterior.
Cuerpos organizados.....		Ídem íd. íd.
Fauna.....		Ídem íd. íd.
Flora.....	}	Algas verdes.....
		Ídem íd. íd.
		Diatomeas.....
		Ídem íd. íd.
		Bacterias por centímetro cúbico, 1.661.

## Agua núm. 4

Cuerpos inorgánicos en suspensión.		Igual a la muestra anterior.
Cuerpos organizados.....		Ídem íd. íd.
Fauna.....		Ídem íd. íd.
Flora.....	}	Algas verdes.....
		Ídem íd. íd.
		Diatomeas.....
		Ídem íd. íd.
		Bacterias por centímetro cúbico, 1.725.

## Agua núm. 5

Cuerpos inorgánicos en suspensión.	Igual a la muestra anterior.	
Cuerpos organizados.....	Idem íd. íd.	
Fauna.....	Idem íd. íd.	
Flora.....	{ Algas verdes.....	Idem íd. íd.
	{ Diatomeas.....	Idem íd. íd.
	{ Bacterias por centímetro cúbico, 1.222.	

Se han utilizado también los métodos especiales que se recomiendan en la actualidad para la investigación de bacterias patógenas, habiéndose obtenido resultado negativo en las cinco muestras de agua.

De los anteriores datos resulta que

1.º Si bien las cantidades de amoníaco y materia orgánica que contiene el agua núm. 1 son pequeñísimas y el número de bacterias no es muy elevado, por la cantidad excesiva de sales cálcicas y magnésicas principalmente bajo la forma de sulfatos, así como la de nitratos y nitritos, debe ser calificada de «agua potable de mediana calidad».

2.º Que el agua del río Carrión, por la moderada proporción de sales, así como de materia orgánica que contiene, puede calificarse de «agua potable de regular calidad», siempre que no sea alterada la inocuidad que presenta actualmente o aumente mucho la cantidad de bacterias que viven en su seno por efecto de una contaminación, a que están expuestas constantemente las aguas de los ríos por circunstancias diversas.

Valladolid, 8 de Agosto de 1899.—El Director del Laboratorio, *doctor Eugenio Muñoz Ramos*.

## Breve examen de los procedimientos que pudieran adoptarse en el abastecimiento de aguas de Palencia

### I

#### SOLUCIONES QUE NO RESUELVEN EL PROBLEMA PRÁCTICO

Resumiendo las observaciones que hemos hecho en el capítulo preliminar, se deduce que los puntos donde pueden adquirirse grandes masas de agua para el servicio de abastecimiento de Palencia son muy limitados, y pueden referirse únicamente a los manantiales del páramo de Autilla y monte de la ciudad y al río Carrión.

No nos hemos fijado en las fuentes de la Salud ni en el arroyo de Villalobón por razones que ya hemos dejado expuestas; el arroyo de Villalobón se seca por completo en el estiaje, y los aforos en época normal no darían mayor cantidad, y es fácil que mucho menos en determinados casos que la que necesitáramos para atender los servicios todos del abastecimiento; además, la dureza o crudeza de sus aguas es tan conocida, su alta graduación hidrotimétrica es tan notable, que hasta la industria rechazaría su uso, y no serían nada económicas en jabón. A nadie se le podría ocurrir en serio aprovechar estas aguas para abastecer a la ciudad.

Las aguas de las fuentes de la Salud, a pesar de tener una graduación hidrotimétrica parecida a la de las aguas del páramo de Autilla, tienen gran cantidad de materia orgánica, no dan, además, el caudal preciso a la dotación que hemos fijado en nuestro proyecto, y, como las de Villalobón, llevarían el inconveniente de no facilitar sitio oportuno para el emplazamiento del depósito, que habría de ser aéreo, y, por tanto, caro y de muy reducida capacidad, insuficiente para asegurar en ciertos períodos la regularización del servicio.

La dotación de los manantiales que pudieran encontrarse

en la ladera del monte de Villalobón y páramo de Magaz llevarían los mismos inconvenientes, que más tarde veremos, al considerar las aguas del páramo de Autilla y monte viejo de la ciudad.

Otro punto o solución puede ofrecerse a nuestra consideración: el canal de Castilla. El inconveniente que pudiera ofrecer su limitada altura con relación a la ciudad, aunque se considerase agua arriba del salto de Viñalta, puede tener una solución, hasta cierto punto sencilla, elevando el agua con la misma fuerza del salto a los cerros de la orilla de la derecha, para desde allí ser conducida a la ciudad; pero tampoco es solución que puede satisfacer a seguir, como es lógico, el mismo régimen que tiene establecido la empresa concesionaria del Canal. La concesión de los 40 litros de agua al segundo tomada del Canal era una desmembración de los derechos de la empresa; pero vamos a suponer que la concesión favorable a nuestro proyecto fuera sencilla o difícil de lograr, pero realizable al fin, lo que sería muy dudoso; no tendría entonces más remedio la concesión de extraer los 40 litros al segundo para la ciudad, que amoldarse a todas las exigencias y estar supe-ditada a la concesión principal que constituye los fines propios del Canal, y nos sucedería, por lo tanto, que en el verano, época en que se siente con más rigor la falta de agua, no sólo no se tendría agua para el motor, lo que pudiera substituirse con el vapor, aun con gran economía, sino que no habría agua ni para ser elevada, pues conocida es la necesidad de tener que cortar las aguas todos los años para proceder a la limpieza del cauce, precisamente en el estiaje, cuando la escasez de agua puede ser más perjudicial. Teóricamente puede resolverse este problema acudiendo a los grandes depósitos que almacenan agua para dos o tres meses; suponiendo que de los 40 litros al segundo solamente fueron consumidos 20 litros, y que esta cantidad se utilizara nada más en la población, que ésta no aumentara nunca, y no tuviéramos que mirar al porvenir, y

que durase sesenta días el período que el Canal no tuviese agua bastante para ser elevada inmediatamente a nuestros fines, resultaría que necesitábamos un depósito capaz de 103.680 metros cúbicos, volumen para el que, además de ser difícil encontrar buen emplazamiento, demanda una serie de gastos, tanto en la construcción del depósito como en su conservación, que Palencia no podría soportar.

Demos por sentado que todo eso fuera realizable; aun vendrían dificultades de gran peso originadas en el desarrollo de la gran cantidad de materia orgánica que arrastran las aguas del Canal, sin poder ser renovadas las aguas en período tan largo, sin estar alimentado volumen de tanta consideración por ninguna parte; y siendo casi insensible el descenso de la lámina superior de agua en el depósito por el consumo diario de la población, no hay que dudar que sobrarían medios y facilidades para ayudar la fermentación de la materia orgánica; la circulación continua, el no estancamiento, es el único sistema que admite la ciencia para evitar el rápido desarrollo de las infinitas bacterias que pululan en toda clase de aguas; ¿qué resultado práctico obtendríamos con la gran masa de aguas del Canal, excesivamente cargadas de materias orgánicas? Su composición, es verdad, es parecida o análoga a la de las aguas del Carrión, como que gran cantidad de las que discurren por este río entran en Calahorra a reforzar el caudal del Canal; pero la diferencia en la naturaleza de los cauces de uno y otro hace que, en la parte mojada de éste, se desarrollen variedad de vegetaciones que hacen sus aguas más ricas en especies algológicas y bacterianas.

Bajo todos estos supuestos rechazamos, desde luego, todas estas resoluciones que pudieran tener algunos defensores en la ciudad, y no tenemos más remedio que acudir y examinar las que nos presentan los llamados manantiales del páramo de Autilla y la corriente natural de aguas que pasa tan próxima a la ciudad, que lame casi sus casas el río Carrión.

## II

## LAS AGUAS DEL PÁRAMO DE AUTILLA Y MONTE DE LA CIUDAD

Las utilizadas hoy en la población proceden, como hemos dicho, del páramo de Autilla; y por lo mismo que se explota una muy limitada extensión de terreno, conviene estudiar, aunque sea muy ligeramente, lo susceptible de aumento que puede ser el abastecimiento con el sistema de las galerías subterráneas que recogen el agua filtrada en el terreno procedente de las lluvias.

El páramo de Autilla y el monte de Palencia constituyen una llanura de más de 1.200 hectáreas de extensión, en la parte aprovechable a nuestros fines, de terreno fácilmente permeable formado por arcilla arenosa y compacta, bancos sueltos de caliza, margas y sulfatos de cal. La existencia y la abundancia relativa de las aguas subterráneas dependen únicamente de la constitución y naturaleza de la superficie que recibe el agua del cielo.

En la profundidad que pudiera explotarse con alguna ventaja en los puntos referidos, puede considerarse el terreno como perfectamente permeable. Verdad que los terrenos propiamente impermeables no existen de manera absoluta, pues las rocas, aun las de apariencia más compacta, absorben una gran cantidad de agua, propiedad perfectamente conocida por el *agua de cantera* en las piedras de construcción, agua que no pierden en algunos meses. Desde la creta blanca, que contiene hasta un 20 por 100 de su peso de agua, hasta el cuarzo blanco en filón, cuya relación baja a 0,08, todas las rocas pueden contener notables y diferentes cantidades de agua; pero la permeabilidad a que nos referimos es la de los terrenos que absorben toda el agua de lluvia, sin dar lugar, como los terrenos llamados impermeables, a los múltiples arroyos en los que se acumulan rápidamente las aguas meteóricas.

Un terreno como el del páramo de Autilla absorbe todas las aguas pluviales que recibe; su inclinación tampoco es grande; antes al contrario, forma navazos u hondonadas a distancia bastante grandes del perímetro, que hace no se escurra cantidad de consideración, a no ser en los fuertes chubascos del verano; el suelo, por otra parte, experimenta en el páramo los distintos efectos de las labores de la tierra, y en el monte los de la vegetación, que conspiran a que el agua quede detenida casi en su totalidad, y únicamente escape por la evaporación.

Puesto que el agua no tiene salida superficial, penetra en el suelo hasta llegar a las capas impermeables, por donde se extiende con ligera o acentuada inclinación hacia los valles; el agua de lluvia es, pues, absorbida en buena proporción, y se acumula en el subsuelo formando una lámina de nivel variable, que se eleva o descende, según las estaciones lluviosas o secas.

Si esa lámina de agua puede romperse con perforaciones que la den un nivel inferior y un espacio más libre, alejando o eliminando los rozamientos del agua al atravesar las distintas capas de terreno, es lógico pensar que en esas perforaciones se acumulará el agua más fácilmente; y preparando éstas convenientemente pueden conducir el agua, reunida en volúmenes mayores o menores, al exterior. Ese precisamente es el que constituye la base de nuestro abastecimiento actual, perfectamente lógico, sumamente racional, pero irrealizable muchas veces por lo costoso de las obras.

Esa lámina de agua, o mejor el volumen de aguas acumuladas en el subsuelo, ¿qué valor puede adquirir explotando en regla el páramo y montes referidos? Dicho volumen es función del agua llovida y de la que se evapora: es la diferencia entre el agua caída del cielo y la que vuelve a la atmósfera por la evaporación.

Palencia, como es sabido, es muy seco; en los seis años

cuyas observaciones meteorológicas hemos anotado en el capítulo preliminar, se ha acusado un máximo, en la altura de agua caída durante todo un año, de 289 mm., y un mínimo de 156,6 mm.; el promedio de la altura de agua caída ha sido de 0,238 metros en los seis años, cantidad muy pequeña que demuestra la condición de sequedad de la comarca. El agua que, por término medio, pudiera caer durante un año en las 1.200 hectáreas a que se podría extender la explotación, sería

$$12000000 \times 0,238 = 2856000 \text{ metros cúbicos.}$$

Veamos el agua que puede filtrarse. La evaporación media diaria, en los seis años observados, es de 5,08 milímetros, evidentemente algo inferior a la verdadera, pues que las medias anuales anotadas en las Memorias del Instituto de segunda enseñanza, correspondientes a los años de 1889 a 1891, son bastante inferiores a las tomadas en la estación etnológica, diferencias que procederán de los modelos de los evaporímetros; pero aun suponiendo que la anotada fuese cierta, resultaría que la evaporación de un año estaría representada por

$$365 \times 0,00508 = 1,854 \text{ metros,}$$

altura superior a la del agua caída, como es lógico.

Pero esta es la evaporación en la superficie de las aguas, y a nosotros nos interesa más la evaporación en la superficie del suelo, en la que tanto influye la violencia de los vientos, su grado de humedad y el estado del tiempo, así como la naturaleza del suelo y su capacidad para absorber el agua.

Según los estudios practicados en Inglaterra por Charnock, Dalton y Dickenson, con cantidades de agua caída mucho mayores que en Palencia, 629, 852 y 665 mm., y una evaporación de la tierra de 503, 638 y 381 mm., la relación por 100 del agua filtrada a la caída en las lluvias era de 20, 25 y 44. En el departamento de Seine et Marne, en Francia, se han hecho experiencias a este objeto, y con una cantidad de lluvia

de 518 mm., superior también a la de Palencia, una evaporación anual en la superficie de las aguas de 1,30 a 1,50 metros, inferior a la de Palencia, y una evaporación de la tierra de 453 milímetros; la filtración no equivalía más que al 12,50 por 100 del agua caída.

No puede ponerse en la misma relación Palencia, supuesto que su clima es más seco que los de Inglaterra y Francia; pero así y todo adoptemos un término medio, el 15 por 100, para filtración absoluta, aun superior al del departamento citado de Francia; y suponiendo que se explotasen esas 1.200 hectáreas y que las construcciones subterráneas fueran tan completas que no dejaran distraer una gota de agua en otros caminos, sólo se obtendría al cabo del año, como término medio, una cantidad de

$$2858,000 \times 0,15 = 428,000 \text{ metros cúbicos,}$$

de la que corresponderían al día también, por término medio,

$$\frac{128000}{365} = 1173,7 \text{ metros cúbicos;}$$

y al segundo

$$\frac{1173700}{86400} = 13,58 \text{ litros,}$$

dotación muy inferior a la que hemos calculado para un abastecimiento completo.

Bastaba, pues, este dato para rechazar de plano la explotación de las aguas subterráneas del páramo de Autilla y monte de Palencia; pero aun queda otro inconveniente de mucha importancia: el costo exageradísimo de las obras necesarias a la explotación o alumbramiento. En el abastecimiento actual tenemos dos galerías subterráneas de medio kilómetro de longitud, próximamente, que han costado, en números redondos, 100.000 pesetas; con ellas no puede obtenerse un aforo medio de tres litros por segundo; como no puede obtenerse más de tres litros en los demás manantiales actuales, nos quedaban 7,50 li-

tros al segundo que habría que buscar con nuevas galerías y aplicando la proporción anterior, hacía falta construir galerías en 2,5 kilómetros de longitud, que habían de costar 50.000 duros, para llegar a la dotación escasa para las épocas normales de 13,58 litros. Suponemos en todos los casos aforos medios y precios medios; así y todo, no puede satisfacer esta solución: si para 13,58 litros al segundo las obras de alumbramiento costaban 50.000 duros, aparte los 20.000 empleados ya en las galerías actuales y lo que hayan podido costar los manantiales de Ramírez, Colmenar de la Yedra, Pie de Gallo y demás detalles de las conducciones hasta los depósitos, ¿a cuánto ascendería el logro de los 40 litros al segundo que hacen falta para dotar con relativa esplendidez todos los servicios de la ciudad? Aunque se elevara al 30 por 100 la relación supuesta más arriba entre el agua llovida y la filtración, no habría manera práctica de resolver el problema.

De intento no tocamos la parte más desfavorable del proyecto de aprovechar las aguas del páramo en años de gran sequía. Los gastos serían perfectamente inútiles.

### III

#### AGUAS DEL RÍO CARRIÓN

Eliminando, como vamos haciendo, soluciones nada ventajosas a nuestros fines, no nos queda ya más que el río Carrión como punto de donde podamos distraer aguas para el abastecimiento de Palencia.

Dos soluciones pueden adoptarse en este caso: o derivando aguas del Carrión en punto conveniente para que lleguen a Palencia con la carga debida, y conduciendo aquéllas por su propio peso, por corriente *ad hoc*, o elevándola por medio de motores, tomándola en sitio más próximo a la ciudad. Véamosla separadamente.

**a) Derivación.**

Es el sistema más conocido, el más beneficioso, en términos generales, y el que más adeptos cuenta por su economía y su régimen constante; verdad que hecha la conducción no exige más gastos que los de conservación y entretenimiento; no hay que emplear fuerza exterior ninguna; pero, desgraciadamente, este ventajosísimo procedimiento no puede aplicarse siempre con iguales resultados económicos, pues el derivar aguas en sitios muy lejanos de los puntos de consumo demanda una serie de gastos en la construcción, que a veces excede a todo otro procedimiento, si no tan sencillo, de un interés de amortización más reducido, al menos.

En Palencia es muy vulgar la especie de que no hay otro punto mejor para tomar aguas del río Carrión, y conducir las a la ciudad, que la presa para la toma de aguas del Canal de Castilla, en el sitio denominado Calahorra, por encima de Rivas. El entendido farmacéutico de esta ciudad, D. Natalio de Fuentes, presentó, ya hace bastante tiempo, a la Corporación municipal una Memoria en que defendía la ventaja de derivar aguas, en caudal importante, del punto referido, para su aprovechamiento en Palencia. No conocemos tal trabajo, que mereció sin duda la estimación de los palentinos, por cuanto es corriente la idea que en él se patrocinaba. A nosotros también nos era simpático el criterio de derivar aguas y de no acudir a otro procedimiento, mientras aquél pudiera mostrar alguna probabilidad de éxito, y nos hemos preocupado de asunto tan capital antes de decidirnos a emprender los trabajos; pero hemos adquirido el convencimiento de que aun esta solución, que parecía tan franca y tan ventajosa, tampoco puede realizarse de pretender, como es lógico, tener el agua en las habitaciones de las casas. Ya que se haga un abastecimiento importante, no deben hacerse las cosas a medias. Veamos, pues, algunos datos que demuestran la imposibilidad de esta solución.

No se han hecho nivelaciones directas entre Palencia y la

presa para la toma de aguas del Canal de Castilla en el Carrión; pero calculamos la diferencia de nivel entre esos puntos de la manera siguiente:

Según nivelaciones directas practicadas por el ayudante de Obras públicas, D. Antonio Manterola, la cresta de la presa de la fábrica de «La Florida», en Husillos, está 5,68 metros más alta nada más que la acera de la casa número 1 de la calle Mayor, principal; este punto sobre la altura normal del agua en Puenteillas tiene una ordenada de nueve metros próximamente; de la presa de Husillos a Puenteillas recorre el río una longitud de 10,984 kilómetros y tiene dos saltos de las presas de las fábricas de Once Paradas (1,75), de San Román (1,79), de Pajares (1,55) y de la Florida (1,70 aproximado), caminando aguas arriba de Puenteillas; luego queda una altura de

$$(9 + 5,68) - (1,75 + 1,79 + 1,55 + 1,70) = 7,89 \text{ metros,}$$

que se pierde en la pendiente del río en los 10,984 kilómetros; suponiendo que la pendiente sea sensiblemente constante, corresponde al kilómetro una pendiente de 0,71 metros, algo más inferior que la que ordinariamente se señala en las corrientes naturales de agua. Supongamos, sin embargo, que la pendiente del vaso comprendido entre la presa del Canal y la de Husillos sea de 1 por 1.000, con lo que se ganaría en altura; como la distancia entre estas dos últimas presas es de 16,063 kilómetros y el salto de la presa del Canal es de 3,38, la altura de esta presa, tomada aguas arriba, sobre la plazuela de León, estaría representada por

$$16,063 + 3,38 + 5,68 = 25,123 \text{ metros.}$$

Es claro que la toma de aguas para el abastecimiento no habría de hacerse sino a un punto de altura más bajo que la cresta de la presa referida; supongamos que fuera de un metro, y supongamos también que se pudiera dar a la conducción un trazado lo más corto posible, que se aproximaría a la línea

recta que una la presa del Canal y Palencia; de ninguna manera había de tener menos de 18 kilómetros; sigamos con la hipótesis de que a la acequia que se abriera, o a la tubería que se colocara para conducir las aguas, pudiera dársele una pendiente de 1 por 1.000; tendríamos el agua en Palencia a una altura, sobre la plazuela de León, de

$$25,123 - (1 + 18) = 6,123 \text{ metros,}$$

de la que deduciendo la profundidad del agua en el depósito, y sin contar las pérdidas de carga debidas a los rozamientos del agua en las paredes de las tuberías de distribución, por pequeñas que unas y otras fueran, resultaría que el agua llegaba a las casas sin carga, no solamente para hacerla subir a los pisos, sino para no poder asegurar su salida de una manera constante en las plantas bajas.

Aun suponiendo que el problema técnico pudiera resolverse con ventajas, queda como inconveniente el económico, aquí de muchísima importancia. Dada la pequeña cantidad de agua que habría que conducir, 40 litros por segundo, de ninguna manera convenía la conducción por acequia abierta; no sólo la evaporación, ni la absorción del agua por las tierras de la acequia, causas que harían tomar más agua que los 40 litros; tampoco el peligro de que violentamente se distrajeran aguas para otros usos distintos de los que perseguimos, sino los temores de que las aguas fueran alteradas en sus cualidades físicas, químicas y orgánicas, harían que la conducción fuera cubierta, mucho más cuando ese agua habría de beberse impunemente para la salud en la mayor parte del año. Suponiendo, pues, que se adquiriera una tubería económica, no habría de costar en todo su recorrido menos de 540.000 pesetas, pues con la carga de 1 por 1.000 haría falta una tubería de 0,36 metro de diámetro, que da un gasto de 42 litros por segundo (algo más, dos litros, del necesario por la pérdida de agua en los enchufes, cantidad muy pequeña en tan larga distancia) y

una velocidad media de 0,408 metro por segundo (menor que la que se aconseja en conducciones de este género).

No es exagerado el precio de 30 pesetas por metro lineal de tubería, incluyendo en ese precio la apertura de zanjas, adquisición y colocación de tubería, obras de fábrica, expropiaciones y demás necesarias. Costaría, pues, la conducción

$$18000 \times 30 = 540000 \text{ pesetas,}$$

a la que hay que aumentar el capital que representan las 1.460 pesetas anuales para pago de dos guardas (dos pesetas diarias cada uno) que vigilaran constantemente la conducción tan extensa; capitalizando al 5 por 100 esta cantidad anual, sin contar las reparaciones de tuberías, que no serían insignificantes, el total que demanda la conducción se eleva a 569.200 pesetas, como capital necesario para la toma de agua y conducción a los depósitos.

A esa cifra, muy elevada, teniendo en cuenta que corresponde solamente a los gastos de toma de agua, no se llega con el procedimiento que proponemos y que más tarde detallaremos, aunque sea el que parezca el menos racional y el menos lógico.

La derivación no es conveniente, ni tomando las aguas en la presa del Canal de Castilla; a medida que fuéramos buscando aguas en puntos más altos, el problema se complicaría más. Aunque sea con sentimiento, por las ventajas que lleva en general el sistema de derivación, no podemos menos de rechazarle: ni técnica ni económicamente puede aplicarse en Palencia, como dejamos demostrado.

#### b) Elevación.

Examinados los distintos procedimientos que pudieran adoptarse, que técnicamente podrían resolver el problema con más o menos sencillez, ninguno de los anteriores es llevadero a la práctica, unos por lo costosísimo que resultaría el desarrollo completo de las obras, otros por no poder conseguir el

caudal de agua que necesitamos para el abastecimiento, otros porque no llegaría el agua a la ciudad con la carga debida a un buen funcionamiento; no nos queda más que la elevación por medio de motores, procedimiento que es mirado con recelo por muchos, y que, sin embargo, aquí es el único que puede adoptarse con ventaja y que lleva no pequeña economía aun sobre la derivación, que es el considerado como el más económico.

El gasto de entretenimiento anual, el precio del combustible, si ha de emplearse el vapor, asusta generalmente a los que no tienen en cuenta que, en cambio, el costo de instalación es mucho más inferior en la elevación que en la derivación, dando cifras menores todos los gastos del entretenimiento de la elevación que el interés que representa el capital empleado en la derivación. Nada más sencillo demostrarlo en nuestro caso.

Según acabamos de ver, para tener agua sin presión utilizable en Palencia, costaría una derivación hecha sobre la presa del Canal de Castilla 569.200 pesetas, lo que demandaría un interés anual al 5 por 100 de 28.460 pesetas.

Al tener que hacer la elevación, la toma se haría en punto alto del río, no solamente para ganar altura, sino también para tener aguas mejores; supongamos que se hiciese en el puente de Don Guarín; como es corriente dar al agua una altura sobre la población de unos 30 metros, para asegurar una carga utilizable y provechosa en todos los puntos de la red de tuberías, y teniendo en cuenta, además, que se instalasen depósitos para regular el servicio, en cuyos puntos se pierden cuatro metros de altura por la profundidad del agua en los mismos, la pérdida de carga debida a los rozamientos del agua en la tubería de alimentación, la toma con relación al nivel del agua en el río y la distancia media de 2,6 kilómetros de la toma de los depósitos, habría que elevar el agua a una altura virtual de 50 metros.

Es natural que al emplear motores de vapor su funcionamiento no fuera constante; supongamos que durase doce horas

al día; como en ese tiempo habría que elevar el agua correspondiente a la dotación diaria, las máquinas serían capaces de elevar 80 litros al segundo a los 50 metros de altura, fuerza representada por 4.000 kilográmetros o  $53 \frac{1}{3}$  caballos de vapor. Contando con un rendimiento en las máquinas del 80 por 100, que se excede hoy con las bombas de acción directa, se necesitarían  $66 \frac{2}{3}$  caballos de vapor, o, en números redondos, 70 caballos para estar a cubierto de cualquier contingencia.

Una bomba doble, de acción directa, de triple expansión y condensador y generador, mas el edificio necesario para su emplazamiento, carboneras y demás accesorios, y la tubería de conducción del agua a los depósitos, costarían 173.725,20 pesetas, uniendo los presupuestos parciales de la toma de aguas, casa de máquinas y tubería da impulsión.

Costaría, pues, la instalación de todos los accesorios de la elevación 173.725,20 pesetas.

Veamos los gastos anuales de entretenimiento.

Unos aparatos elevadores como los que hemos indicado, puede calcularse, en analogía con otras instalaciones, que no consumirían más de 1,5 kilogramos de combustible por caballo y hora; supongamos, sin embargo, que esa cifra se elevara a 1,7, al día se consumirían

$$70 + 12 + 1,7 = 1428 \text{ kilogramos de carbón,}$$

que a 30 pesetas la tonelada, por la distancia a que hay que conducirlo desde la estación, representan 43,44 pesetas los gastos de combustible por día de trabajo, suponiendo, además, un desperdicio diario de 20 kilogramos.

No creemos ser exagerados por defecto si suponemos que al año se trabajasen doscientos cincuenta días, pues la dotación de 40 litros al segundo se ha calculado para el máximo de consumo al día, y manteniendo siempre el mismo régimen constante en las épocas normales, el gasto de agua en la ciudad sería muchísimo menor, lo que daría reservas en los depósitos y, por tanto, menos trabajo al motor.

El gasto del combustible anual será $250 \times 43,44..$	10.860 pesetas.	
Jornal del maquinista-fogonero, $365 \times 5.....$	1.825	—
Grasas, estopas y reparaciones.....	1.365	—
TOTAL DE GASTOS ANUALES DE LAS MÁQUINAS...	<u>14.050</u>	—

que capitalizadas al 5 por 100 y agregando a la cifra las 173.725,20 pesetas que representan los gastos de instalación, suman 454.725,20 pesetas (114.474,80 menos que en la derivación), que exigen un interés anual de 22.736,26 pesetas (5.723,74 pesetas menos que en la derivación), cantidades que dan margen a la adquisición de máquinas de relevo, sin que ni aun en este caso lleguen capital e intereses a los de la derivación.

Es, por tanto, favorable a nuestro propósito la elevación; es la elevación la única solución ventajosa que podemos aceptar; en los cálculos que hemos hecho partimos de gastos algo exagerados para la elevación, y así y todo resulta ser el procedimiento más económico, a pesar de la mayor cantidad que representa el entretenimiento anual de las máquinas. Aunque estos gastos anuales fueran representados por mayor cifra que la que corresponde al interés que se deduce del capital empleado en la derivación, no siendo cosa muy exagerada la diferencia, aun llevaría ventajas la elevación, aparte de que es el único sistema que puede dar carga suficiente; lo cierto es que sería muy difícil buscar capital de importancia que habría que emplear forzosamente en la derivación, mientras que en la elevación pueden obtenerse economías nada despreciables dirigiendo la explotación con espíritu y criterio prácticos. La derivación, se consuma o no se consuma agua, cuesta lo mismo al cabo del año; los gastos de elevación dependerán del consumo, pero nunca excederán de lo que queda indicado, por ser el peor caso en el que nos hemos puesto.

Adoptamos, pues, la elevación tal como la exponemos aquí, verificada a favor de los motores de vapor.



# Tanque de abastecimiento de agua para la ciudad de Valencia.

Plano del estado actual de los manantiales y cañales de riego de las aguas potables.



Don Juan de Dios  
Don Juan de Dios y familia

NOTA: La escala es el plano original es 1:5000.



## ABASTECIMIENTO DE AGUAS

### ANTEPROYECTOS

Quando no es dable deducir del resultado de un tanteo la solución preferible para un abastecimiento de aguas; cuando no existe tiempo bastante para hacer un proyecto con todos los cálculos y labor que éste supone; cuando sólo se busca comprobar con garantías de acierto las dificultades técnicas o económicas que supondría la ejecución de un abastecimiento o, en fin, cuando no exista seguridad en la ejecución de la obra y en consecuencia convenga no perder el tiempo y dinero que un proyecto, por su carácter de trabajo completo y detallado, representa, está indicado el efectuar el anteproyecto. En general, en los anteproyectos de abastecimiento de aguas trátase el problema en su parte esencial, sin descender a los detalles de la toma de aguas y distribución; es decir, se fundamenta la elección del origen de abastecimiento, se precisan las condiciones en que éste se realiza, se determina la potencia de la maquinaria, si existe elevación de agua, y se acompañan los planos indispensables, así como el estado de dimensiones y cifras aproximadas de las distintas partidas en globo del presupuesto (movimiento de tierras, obras de albañilería, canalizaciones, red de distribución), prescindiéndose casi siempre del pliego de condiciones facultativas.

Algunas veces suele darse comienzo a obras urgentes utilizando el anteproyecto, efectuándose el proyecto durante la

ejecución de aquéllas; pero las más, basándose en los elementos de juicio y datos del anteproyecto, redáctase el proyecto, con todos los documentos que lo integran, que son: 1.º, memoria; 2.º, planos; 3.º, pliego de condiciones económico-facultativas; 4.º, estado de dimensiones; 5.º, presupuesto. Frecuentemente, estos dos últimos documentos se reúnen en uno solo, que es el presupuesto.

La amplitud de los anteproyectos es muy variable en la práctica, acercándose algunos a los tanteos o estudios previos y distando muy poco otros de los proyectos con los que no pocas veces se confunden, pasando por proyectos, verdaderos anteproyectos. Presentamos a continuación varios ejemplos de anteproyectos de abastecimiento de aguas para fines y con desarrollo muy distinto unos de otros, pudiendo el segundo de ellos pasar en la práctica por proyecto, aunque en realidad fáltanle para serlo cálculos y detalles de importancia que oportunamente precisaremos.



G-F 3467