

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente.... Excmo. Sr. D. Eduardo López Navarro, Inspector general del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Enrique Latre, Ingeniero de Caminos (Sección de Información).
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero de Caminos del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

ABASTECIMIENTO DE AGUAS A BILBAO

(CONTINUACIÓN)

Por eso, el trazado circular de las presas de gran longitud exige la construcción de pilas, que habrían de ser dos, cuando menos, para la presa proyectada, que mide 230 ó 320 metros de longitud, para la altura de 36 ó de 42 metros. El aumento de gasto que esta disposición ocasionaría, no es absolutamente preciso, en atención á que existen otras presas rectilíneas de mayor longitud, como la del río Mouche, construida el año 1891, que mide 410 m. en la coronación, y ha resistido á los accidentes producidos por las variaciones extremas de temperatura á que está sometida la obra.

No se propone abrigar el paramento exterior con una capa de tierra; porque si bien es cierto que este procedimiento parece eficaz, para evitar las contracciones producidas por las bajas temperaturas, tiene el inconveniente de ocultar las filtraciones, que siempre aparecen en toda presa.

En resumen, se propone construir la presa con arreglo á los sistemas sancionados por la experiencia, sin renunciar por ello á introducir cualquiera modificación que un estudio detenido aconseje.

Cimentación.—Respecto á la cimentación, ofrecerá una garantía completa contra el deslizamiento el desmontar la roca cuarteada, hasta descubrir los bancos compactos de la arenisca, pues necesariamente han de resultar grandes desigualdades en la superficie de asiento.

Si el fondo de la caja de cimientos fuese plano en cierta extensión, se abrirán zanjas longitudinales, que llenarán los redientes del mazo de mampostería.

Variación de la carretera de Cereceda á Laredo.—El trozo de carretera que cubrirá el pantano puede variarse fácilmente con un buen trazado. Esta obra accesoria se detalla en un proyecto especial, anejo al general de las obras.

Aumento del embalse proyectado.—Si antes de construirse la presa, hicieran ver los aforos, que han de seguirse haciendo, la insuficiencia del embalse de 4 1/2 millones de m. cúbicos de agua, para asegurar el gasto de un metro cúbico por segundo, durante el verano, se aumentará la cabida del embalse hasta 7 y 1/2 millones de m. cúbicos, elevando seis metros la altura de la presa, ó bien se construirá una segunda presa, de 36 m. de altura, que embalse 2 1/2 millones de metros cúbicos.

La elección entre uno y otro procedimiento dependerá de circunstancias que no es fácil prever, y que acentuarán las ventajas ó inconvenientes que ambos ofrecen.

Construyendo dos presas, el servicio resultaría mucho mejor; porque las limpias y las reparaciones podrían hacerse durante el verano, sin perder ninguna cantidad de agua, mientras que con una sola presa no podría vaciarse el pantano más que en el otoño, cuando el caudal del río pase de un metro cúbico por segundo.

Sería más económico construir la presa de 42 m. de altura que las dos de 34; pero como probablemente tardará mucho tiempo en utilizarse los 1.030 litros por segundo pedidos, bastará construir, desde luego, una presa de 36 m. de altura y aplazar la ejecución de la segunda hasta que aumente el consumo de agua.

Es casi seguro, que si el embalse fuese insuficiente, optará el conce-

sionario por construir las dos presas; pero conviene dejar este punto indeterminado, para resolver lo que las circunstancias exijan.

Trazado del canal de conducción.—**Pendiente.**—A medida que se han ido perfeccionando los instrumentos de nivelación, ha ido disminuyendo la pendiente de los acueductos desde 5 m. por kilómetro, que tenían, según Vitruvio, los primitivos acueductos de Roma, hasta la pendiente de 0,10 metros hoy admitida.

El siguiente cuadro expresa las pendientes de varias conducciones de agua:

	Pendiente por kilómetro.
Roma.—Acueductos primitivos.....	5 metros.
" Agua Claudia.....	De 1,5 á 2,3
" Agua Martia.....	2,2
Marsella.....	0,3
París.—Agua del Vigne y del Avre.....	De 0,3 á 0,40
" Manantial del Dhuis.....	0,10
Nueva York.—Acueducto de Groton.....	De 0,14 á 0,21
Dieppe.....	0,10

Desde el punto de vista económico es casi indiferente, en el caso que nos ocupa, la inclinación del canal; porque se compensa la pérdida de 20.000 pesetas por cada metro de altura desperdiciado, con la economía correspondiente en la ejecución de las obras, debida á la menor sección del canal, y aun cuando la pérdida en el aprovechamiento de los saltos de agua sea remota y la economía en los gastos de ejecución de las obras sea inmediata, no se debe disminuir la sección del canal hasta hacerle impracticable.

Se ha adoptado la pendiente de 0,50 m. por kilómetro, con objeto de que el agua tenga bastante velocidad para no producir sedimentos, cuando el gasto sea reducido, como sucederá al principio de la explotación; dando al canal rectangular un metro de ancho, las velocidades del agua serán:

Gastos por segundo.	Velocidad.
Litros.	Metros por segundo.
100.....	0,56
200.....	0,71
300.....	0,80
400.....	0,85
500.....	0,90
1.000.....	1,00

Los sifones estarán formados por dos tubos, cada uno de los cuales dará un gasto de 500 litros por segundo.

Pérdida de carga en los sifones.—El diámetro y la pérdida de carga de la tubería se deduce del cuadro siguiente, en el que se valora la tonelada de tubería á 300 pesetas, y el beneficio en los saltos á 10.000 pesetas por metro de caída:

Radio. — Metros	Sección. — M. ²	Pendiente.	Peso p. m. lineal. — Kg.	AUMENTO		Valor de los saltos. — Pesetas.
				de peso. — Kg.	de precio — Pesetas.	
0,25	0,196	0,027592	195	"	"	"
0,30	0,283	0,011179	250	55	16,50	164
0,35	0,385	0,005052	320	70	21,00	61
0,40	0,503	0,002596	400	80	24,00	25
0,45	0,636	0,001430	460	60	18,00	12
0,50	0,785	0,000841	530	70	21,00	6

Demuestra el cuadro anterior, que empleando tubería de fundición debe adoptarse la de 80 cm. de diámetro por kilómetro.

Cota máxima de los desmontes.—La cota aproximada, á que resulta más económico el túnel que el desmonte, se obtiene partiendo de los datos siguientes:

Dimensiones de la caja del canal.....	1,4 X 1,45
Talud del desmonte en roca.....	1/5
Precio del metro cúbico de excavación... ..	3 ptas.
Precio de la mampostería del canal.....	37 "
Precio del túnel por metro cúbico.....	163 "

Llamando x la cota límite del canal, se tendrá la ecuación

$$(1,4 \times 1,45 + (1,4 + 0,20) \times x + 37 = \begin{cases} 82 \\ 113 \end{cases}$$

$$\text{de donde } x = \begin{cases} 5,30 \\ 7,85 \end{cases}$$

Innecesario parece advertir que esta cota variará con la naturaleza del terreno, de la cual depende el talud del desmonte.

Condiciones generales del trazado.—Adoptada, por las razones expuestas, la pendiente 0,50 m. por kilómetro para el canal, la pérdida de carga de 2,6 m. por kilómetro para la tubería, y la cota máxima de 5 á 8 m. para los desmontes, se ha hecho el trazado plegándole todo lo posible al terreno para no aumentar excesivamente el coste de las obras, pues no se admiten terraplenes, y la conducción irá totalmente en desmonte, en túnel, en sifón ó en acueducto.

Descripción del trazado.—Nace el canal á 753,60 m. de altura sobre el nivel del mar en la presa de Agüera, y rodea el vallecito del arroyo Garnacho, con elevación bastante para cruzar sin túnel la divisoria del Ebro y del Cadagua, á inmediación del puerto de Bercedo. En el kilómetro 3.350, al principio de la vertiente al Cantábrico, se proyecta un salto de 24,62 m. de altura, con objeto de favorecer la creación de industrias en la localidad, y á fin también de bajar el trazado á un terreno menos abrupto. Continúa el canal sin accidente digno de mencionarse hasta el barranco de Mascarillas, que se cruza con un sifón de 58,67 m. de carga y 475 de distancia horizontal, después de pasar un túnel de 250 m. Entre los barrancos de Mascarillas y Hondo, se encuentran varias estribaciones de laderas muy escarpadas, especialmente la Peña de San Mateo, lo cual obliga á atravesarlas por medio de cuatro túneles de 250, 100, 200 y 525 metros de longitud.

Al entrar el trazado en el valle del Ordunte, sigue la ladera á gran altura, plegándose á las sinuosidades del terreno, si bien corta en túnel una pequeña estribación al principio del kilómetro 12, y cruza por medio de sifones el barranco de las Hayas, en el kilómetro 14, y otro barranco sin nombre en el kilómetro 21. Ambos sifones son de importancia, pues mide el primero 550 m. de distancia horizontal por 26,30 de carga, y el segundo 475 m. de distancia por 34,51 metros de carga. En el kilómetro 24 la ladera presenta una gran pendiente, circunstancia que se ha utilizado para establecer, próximo al río, un salto de 270 m. de altura.

Antes de terminar la descripción de este trozo, correspondiente á la región alta, debe hacerse constar que el trazado sufrirá, probablemente, una modificación de gran importancia, cual es la supresión de los sifones; si el estudio detenido que se haga al verificar el replanteo demostrase que dicha variación de proyecto era posible.

Los sifones de fundición, y aun los de tubería de cemento, funcionan con buen resultado en muchísimas conducciones de aguas; pero es indudable que sólo deben emplearse cuando, por circunstancias especiales, sea oneroso ó difícil la construcción del canal en desmonte ó en acueducto; y es casi seguro, que los tres sifones proyectados podrán sustituirse con trozos de canal de no mucho desarrollo.

Desde el kilómetro 24 sigue el trazado por buen terreno hasta la confluencia del Ordunte con el Cadagua, frente al kilómetro 28, y continúa por una ladera bastante accidentada hasta el kilómetro 34, cerca de Valmaseda, donde se establecerá un salto de 289,54 m. En este último trayecto corta el trazado la divisoria de las provincias de Burgos y Vizcaya, y se proyectan tres túneles de 65,125 y 170 metros de largo, y dos acueductos de 9,69 y 10,87 m. de altura.

Al pie del tercer salto la ordenada roja mide 155 m., que es la altura disponible para el canal, propiamente dicho, de abastecimiento de aguas á Bilbao.

A partir del kilómetro 34, el trazado salva el arroyo Pandozales por medio de un acueducto de 11,19 m. de altura, y corta la estribación en que está situada Valmaseda con un túnel de 400 m. de

largo. Pasa el canal bajo la carretera de Bercedo á Castro Urdiale, por un túnel de 50 m., y cerca de Nerreva, al final del kilómetro 39, atraviesa el Cadagua con un puente-sifón de modelo especial. Las avenidas de esta obra sirven de paso superior á la carretera de Valmaseda á Bilbao y al ferrocarril del Cadagua.

Después de cruzar el río, sigue el trazado las sinuosidades de la ladera, cortando las puntas de las estribaciones con 19 túneles, de las longitudes que á continuación se indican.

	Longitud. Metros.
Túnel núm. 12.....	200
13.....	250
14.....	200
15.....	150
16.....	155
17.....	280
18.....	300
19.....	100
20.....	190
21.....	150
22.....	130
23.....	300
24.....	85
25.....	90
26.....	300
27.....	350
28.....	60
29.....	50
30.....	45

Es probable que varios de estos túneles puedan suprimirse, al hacer el replanteo, si la naturaleza del terreno y su inclinación permiten rodear las estribaciones con el canal en desmonte. Para el estudio del trazado definitivo, sólo habrá que tener en cuenta la economía en la ejecución de las obras, pues aun cuando el canal se alargue dos ó tres kilómetros por la supresión de los túneles, la pérdida de un metro ó de metro y medio de altura de la rasante no merece tenerse en cuenta. Termina el trazado con un túnel de 670 m. de largo para llegar á las inmediaciones de Bilbao con 135 m. de altura, en el caso de construirse el depósito en la meseta de Basurto-Goico, y en otro sitio que designe el Ayuntamiento.

La breve descripción que antecede, y el examen del plano y del perfil general, hacen ver claramente que el trazado no ofrece dificultad alguna, y se desarrolla en dos laderas seguidas, tanto en la margen izquierda del Ordunte, como en la derecha del Cadagua.

Secciones del canal en desmonte.—En todo el terreno que atraviesa el canal se encuentra la roca, más ó menos compacta, á muy poca profundidad, y en muchos puntos aparece al descubierto. La caja se abrirá, pues, generalmente en roca, y la solera de hormigón y los muretes de mampostería hidráulica servirán de revestimiento. Esto, no obstante, se ha dado á la fábrica un espesor algo crecido para evitar las filtraciones y prevenir cualquier accidente.

Con arreglo á lo prevenido en las condiciones exigidas por el Ayuntamiento de Bilbao para los proyectos de abastecimiento de aguas de la villa, se cubre el canal con una losa de tapa de 10 cm. de grueso. Si en las inmediaciones de las obras no se encontrase cayuela del largo necesario, se sustituirá con losetas de cemento armado, ó con una bovedilla tabicada de ladrillo.

Almenaras.—No se han representado en los planos las almenaras, y sólo se indica en el pliego de condiciones la disposición general de estas obras accesorias, con objeto de poder modificar algunos detalles en la ejecución, si fuese conveniente.

Túneles.—El terreno que atraviesan los túneles está formado por bancos de caliza compacta, más ó menos silíceas, por areniscas, por margas generalmente arcillosas, y por masas ó capas de arcilla. La extracción de estas rocas no ha de ofrecer dificultades, y es de presumir que no se encuentren filtraciones que entorpezcan los trabajos y exijan entibaciones de alguna importancia. Esto, no obstante, la construcción de un túnel de mucha longitud es siempre una obra de i-cada y lenta, que debe evitarse á ser posible. En general, la roca se presenta quebrantada y dividida por los planos de estratificación y de crucero, lo cual obligará á revestir los túneles con muretes de mampostería y bóveda de ladrillo.

Acueductos.—En los planos se representan dos tipos de acueductos hasta la cota de 2,20 m.; la caja del canal se apoya sobre un muro de

mampostería, atravesado por una ó varias tajeas de tapa, de medio metro de luz. Cuando la cota pase de 2,20 m., el basamento estará formado por una arquería, con vanos de tres metros y pilas de 0,80 metros de frente.

Se ha determinado el espesor de las bóvedas por la fórmula de Groizette Desnoyers para los puentes de las carreteras

$$(E = 0,15 \times 0,15 \sqrt{L} = 0,15 \times 0,15 \sqrt{3} = 0,32),$$

y el grueso de los muretes de la caja por la fórmula de Paladini,

$$(e = 0,44 H = 0,44 \times 1,15 = 0,50).$$

A este grueso corresponde el coeficiente de estabilidad de Momento resistente:

$$1,15 \times 0,50 \text{ a } 2,23 \times 0, = 0,32.$$

Momento del empuje del agua:

$$\frac{1}{2} \times 0,33 = 0,167.$$

Coeficiente de estabilidad:

$$\frac{0,32}{0,167} = 1,8.$$

La coronación de las pilas estará sometida á la presión por cm.² de

$$\frac{(3,8 \times 2,2 - 3,5)2 + 2 \times 3,8 \times 1,15 \times 0,50}{200 \times 80} = 2,2 \text{ kilog.}$$

Sifones.—Ordinariamente se usa en los sifones tubería de fundición; pero en las circunstancias especiales—como, por ejemplo, cuando se necesitan grandes diámetros—se emplean de palastro (1), y en algunas conducciones de agua se han empleado tubos de cemento ó de sidero cemento.

Cualquiera que sea la clase de tubería que se emplee, será doble, con objeto de que no se interrumpa el servicio de abastecimiento de aguas potables, en caso de accidente en la cañería.

Mientras no se desarrolle el consumo de agua potable y se utilicen los saltos, podrá empezarse la explotación con un solo tubo, capaz de conducir 500 litros por segundo, y á reserva de colocar el segundo tubo cuando aumente el servicio.

No hace falta exponer las ventajas de la tubería de fundición, por ser de todos conocidas. El inconveniente que ofrece de no defender el agua de las variaciones de temperatura se evita enterrándola á poca profundidad, para que pueda fácilmente encontrarse y repararse cualquiera fuga.

La carga de los sifones varía de 25 á 59 metros y el diámetro de la tubería es 80 cm., dimensiones para las que resultarían más costosos los tubos de palastro que los de fundición, entendiéndose que los primeros serían de plancha gruesa y no del sistema Chameroy.

Se ha generalizado el empleo de la tubería de cemento en las obras de alcantarillado, pero los accidentes ocurridos al aplicarla á las cañerías de conducción de agua sometidas á grandes presiones, motivaron que se proscibiera para esta clase de obras; aun cuando pueden citarse ejemplos de cañerías de cemento, como la de Niza, que tiene 30 m. de carga, y la de Bazel (Saboy) que tiene 70, y funciona desde hace cuarenta y ocho años.

Una de las primeras y principales aplicaciones del cemento armado, ha sido á las cañerías para la conducción de aguas sucias y potables. Los tubos son de poco espesor, con armadura de varillas longitudinales y espiral de acero.

En el sistema Bordenave, empleado en Venecia con la presión de dos atmósferas, está formada la armadura por barras de sección en I, resultando más rígidos los tubos.

Aimé Bonna usa en la armadura barras de sección en +, y añade una lámina interior de acero, de 3,5 á 4,5 mm. de grueso para las pre-

siones de 13,60 á 22 metros. En la distribución de aguas del parque de Achères, recientemente ejecutada, se ha empleado este sistema, construyendo los de doble envolvente de cemento armado, comprendiendo una lámina de acero. El diámetro de los tubos varía de 1,10 á 0,40 metros, y la presión llega en algunos puntos á 40 metros (1).

Con el sistema de unión de los tubos, adoptado por Aimé Bonna, se ha conseguido la impermeabilidad de las juntas, lo cual no sucedía con los manguitos antes usados.

No hay duda que la tubería de cemento armado es más resistente y más impermeable que la ordinaria de cemento; pero el precio de aquella es apenas inferior al de la tubería de fundición, por lo cual se usará generalmente ésta cuando la carga pase de dos atmósferas y no sea preciso emplear tubos de gran diámetro.

Atendiendo á estas consideraciones, se ha supuesto que la tubería será de fundición; pero sin desechar en absoluto la de cemento (2), que quizá tenga aplicación en el segundo y cuarto sifón, de 26 y 25 metros de carga respectivamente, y menos probablemente en el tercero, de 59 y 35 metros de carga.

Con objeto de evitar que entre arena en los sifones, irán precedidos de un pequeño depósito de sedimentación.

Puentes-sifones.—Los puentes-sifones son del mismo tipo que los acueductos, y están formados por arcos de tres metros de luz y pilas de 0,80 metros de frente.

Entre los tubos y al exterior de ellos quedan pasos de 0,50 m., suficientes para visitar la cañería, aun cuando fuera necesario añadir una cubierta de cemento armado para defender la conducción de las variaciones atmosféricas. Los tubos se apoyan en dados de sillería, empotrados en la capa de hormigón hidráulico que enrasa la arquería.

Para cruzar el Cadagua se necesita un puente-sifón de modelo especial, representado en los planos con suficiente detalle.

Se compone esta obra de vanos centrales de 15 metros de luz, dos pasos laterales de ocho metros, y 26 arcos del modelo adoptado para los sifones ordinarios.

En los vanos centrales se apoya cada tubo sobre una viga armada del tipo Pratt, cuyos elementos no se han precisado, á fin de elegir entre los proyectos de ejecución que presenten los fabricantes, adaptados á los hierros de que cada uno disponga. El peso por metro lineal de estas vigas se ha calculado holgadamente en 125 kilogramos.

Las vigas armadas de los pasos laterales serán de alma llena con cuatro escuadras. A las dimensiones adoptadas corresponde un peso de 64 kg. por metro lineal, y un momento resistente de 8.088 kg. bajando el hierro á 6 kg. por mm.² El momento de flexión será:

	Kg.
Peso del agua.....	500
Idem de la tubería.....	400
Viguetas y tablero.....	36
Sobrecarga.....	936
Peso propio.....	64

$$P = \dots\dots\dots 1.000$$

$$\frac{P^{1/2}}{8} = \frac{1.000 \times 8}{8} = 8.000$$

Las viguetas laminadas de piso pesan 6,5 kg. por metro lineal, siendo su momento resistente 468 kgm., trabajando el hierro á 8 kilogramos por mm.² El momento de flexión para la parte volada es $\frac{P^{1/2}}{2}$

y la carga correspondiente 420 kg., ó sea 311 kg. por metro cuadrado de andén.

Toda la obra es de una extrema sencillez, y la ejecución será facilísima, por estar fundados los apoyos en roca, ser muy pequeña la profundidad del agua, y no exigir andamios el montaje de las vigas armadas, que sólo pesan dos toneladas cada una.

Salto de agua.—Cuando la presión pasa de quince atmósferas, como sucede en los saltos 2.º y 3.º, conviene emplear tubos de acero, de los que se han calculado los elementos principales del modo siguiente:

(1) *Construzioni in calcestruzzo ed in cemento armato*, por G. Vaechelli.

(2) Una de las aplicaciones más notables de la tubería de palastro es la descrita por Bricka en la Memoria publicada, bajo el título *Notices sur le siphon métallique de Saint-Paul (Var)*, en los *Annales des ponts et chaussées* (183, primer sem). El sistema de fuelles de acero adoptado, permite las dilataciones de la tubería y galva el inconveniente de las cañerías continuas y rígidas.

(2) «Las tuberías de mortero de cemento mal ejecutadas han dado lugar á algunos fracasos é inspira á muchos Ingenieros cierta prevención. Es bueno combatirla, y á este efecto, conviene citar aplicaciones que han sido satisfactorias.» *Debaucé: Distributions d'eau*, T. II, pág. 151.

Se adopta el diámetro 1m,20, con el que el gasto de un metro cúbico por segundo produce una pérdida de carga de 0m,00134 por m.; un estudio semejante al que antes se hizo para los sifones demuestra que estos datos son los más convenientes, puesto que, á medida que disminuye el diámetro, decrece el precio de la tubería pero se pierde altura útil.

El 2.º tiene una caída de 270 m. en 766 de longitud por la pendiente del terreno.—Se perderá de carga $766 \times 0,00134 = 1m,03$.

El salto efectivo útil en las turbinas será $270m,00 - 1m,03 = 268m,97$.

En el 3.º un cálculo análogo dá que la altura utilizada será: $290 - 0,83 = 289m,17$.

Los espesores de estas tuberías se han deducido de la fórmula, $e = \frac{p d}{2 R}$ en que p es la presión en toneladas por metro cuadrado; d el diámetro = 1m,20, y $R = 10.000$ que es la tensión en toneladas puede resistir el acero por m.² — En el 2.º salto resulta $e = 0m,0162$ y en el 3.º $e = 0m,0174$.

Si no conviniese hacer uso de los receptores especiales que exigen tan grandes presiones, se dividiría el salto en dos ó más, sustituyendo la cañería de plancha de acero por otra de fundición, del diámetro y espesor adecuados.

Obras accesorias.—Pasos superiores é inferiores.—No se han estudiado modelos especiales para los pasos superiores é inferiores, porque habrán de ajustarse á las condiciones que exija cada una de las servidumbres que hayan de respetarse, siendo probable que los pasos superiores se reduzcan á un simple relleno de la zanja del canal, y que no haya más pasos inferiores que los situados en ambos extremos del puente sobre el Cadagua.

Cunetas de coronación.—Para defender el talud superior de las degradaciones del agua, se abrirá en toda su longitud una cuneta de coronación, que termine en las hondonadas. Servirá, además, esta cuneta de lindero al camino de servicio y vigilancia de las cercas.

Depósito en Bilbao.—Hay actualmente en Bilbao cuatro depósitos de agua, con 21.000 metros cúbicos de cabida total, situados en la margen derecha del río, á 60 metros de altura sobre el nivel del mar; á estos depósitos vierten las conducciones de agua potable y de río, y de ellos parten las cañerías de ambas.

Si, con arreglo al programa acordado, ha de establecerse una sola cañería para el servicio doméstico, y si la distribución ha de tener 70 metros de carga sobre el nivel del mar en la plaza de Zababuru, será preciso construir nuevos depósitos en la margen izquierda del Nervión, destinando los actuales al suministro de agua para usos industriales. Pudiera también hacerse independiente las distribuciones de los barrios situados en una ó otra margen del río, partiendo la red de la margen derecha de los actuales depósitos y la red de la margen izquierda del nuevo depósito que se construyera á la terminación del canal proyectado, ligando ambos depósitos por un sifón.

Independientemente de la solución que se adopte, y de las condiciones que imponga el Ayuntamiento para la construcción del depósito, las cuales servirán de programa para la redacción del proyecto parcial correspondiente, se indican á continuación las condiciones generales que se han tenido en cuenta para fijar, en partida alzada, el coste probable de esta obra, partiendo del supuesto de que no se utilizarán los actuales depósitos de Miraflores para el servicio de aguas potables.

Los depósitos que reciben agua clara son reguladores del consumo en las diferentes horas del día, y para este objeto, basta que su capacidad varíe de la quinta á la sexta parte del consumo diario, ó sea, en el caso que nos ocupa, de 3.500 á 4.000 metros cúbicos; pero los depósitos tienen también por objeto almacenar cierta cantidad de agua para asegurar el abastecimiento, en caso de accidente en la conducción, y al efecto se considera suficiente darles la capacidad correspondiente al consumo de un día, que sería de 20.000 metros cúbicos, para el depósito de Bilbao.

Sólo se necesitan depósitos de una capacidad mayor que el consumo de un día, cuando sirven para clarificar las aguas por decantación, ó cuando por falta de filtros, hay que cerrar la entrada del agua durante las turbias.

Dada la extrema solidez de las obras proyectadas, no es de temer ningún accidente; pero, si alguna reparación fuera precisa, se llevaría á cabo, seguramente, sin perturbar de un modo esencial el suministro de aguas, disponiendo de un depósito de 20.000 metros cúbicos de capacidad que debe considerarse como un máximo. Las condiciones de solidez de las obras quedan demostradas recordando: que no son de temer filtraciones en el embalse; que la presa estará fundada en roca y su

perfil ofrece las mayores garantías contra cualquier accidente; que el canal de conducción se abrirá en roca; que no habrá terraplenes; que los acueductos serán de poca altura; que las corrientes de aguas atravesadas por el canal son pequeños arroyos, exceptuando el río Cadagua, sobre el cual se proyecta un puente sencillísimo; y que las tuberías de los sifones y de los saltos de agua serán dobles.

Ya se sitúe el depósito en la vertiente al Nervión ó ya en la vertiente al Cadagua de la estribación que separa ambos ríos, cerca de su confluencia, ha de ser difícil encontrar un terreno adecuado, á causa de la gran inclinación de las laderas, siendo probable que se adopte la segunda solución, construyendo el depósito enterrado, ó mejor dicho abriendo en la roca una serie de galerías revestidas, ligadas entre sí. La ventilación podría conseguirse por medio de chimeneas; y dando al depósito una gran profundidad, se reduciría el crecido gasto consiguiente á la construcción de bóvedas de sostenimiento.

Cualquiera que sea el sistema que se adopte para el depósito, ha de ser necesariamente costoso, por lo cual se ha valorado esta obra, con sus accesorios, á razón de 37,50 pesetas por metro cúbico de capacidad, no incluyendo la adquisición de terrenos.

Filtros.—Los primeros filtros que se establecieron para la depuración en grande escala del agua potable, fueron los de Chelsea y de Southwark, y al aplicarse este procedimiento á un crecidísimo número de ciudades de Inglaterra, de Alemania y de Holanda apenas se ha modificado el sistema primitivo.

Ni el filtro del tipo Thomas Ditton, ni el de Glasgow, llamado filtro de gravitación, ni el de Paisley, denominado sel cleansing, ni el aneigo de dos pisos de Marsella, ni algún otro sistema de los ensayados, ha conseguido generalizarse; por tanto, se ha supuesto que al redactar el proyecto parcial de filtros para el abastecimiento de Bilbao, se adoptará el tipo usual de filtros de arena.

El área de un filtro depende del espesor y naturaleza de la capa filtrante, de la carga del agua y del gasto. Llamando:

A , la superficie del filtro;
 S , el espesor del mismo;
 H , la pérdida de carga;
 Q , el gasto, y
 m un coeficiente, cuyo valor es

3.332 para arena gruesa.
 19.200 para arena fina,

se obtiene el área por medio de la fórmula (1).

$$A = m S \frac{Q}{H}$$

Dado el gasto y fijado prudencialmente el espesor del filtro, así como el grueso de la lámina de agua, podría deducirse el área de la superficie filtrante necesaria; pero el resultado sería muy incierto, porque sólo la experiencia puede indicar en cada caso las condiciones de la capa filtrante. El producto de los filtros varía considerablemente, según las localidades, siendo en Londres de 1,56 á 2,64 m. cúbico por metro cuadrado, en Alemania 3 m. cúbicos, con excepción de Belin, donde es tan sólo de 2,40 m.³, y llegando en Zurich á 12 m.³. Estimando en 3 m. cúbicos el gasto por metro cuadrado, se tendrá una cifra muy aproximada; porque las aguas del Corneja son más claras que las del Támesis y del Sprea.

Con el gasto indicado de 3 m. cúbicos por metro cuadrado, los filtros necesitarían medir 7.000 m. superficiales para depurar la cantidad de agua correspondiente al consumo de un día.

Difícil sería encontrar en las inmediaciones de Bilbao un terreno adecuado de área tan crecida, por lo que deberán situarse los filtros en el punto del trayecto que mejores condiciones ofrezca, aun cuando se halle muy distante del depósito, como sucede en el abastecimiento de Berlín con el filtro de las aguas del lago Guggel, que dista 15 kilómetros del depósito de Lichtenberg.

LUIS VASCONI.—JOSÉ BORES.
 Ingenieros de Caminos.

(Continuad.)