

niente. Para la segunda, los gastos son iguales en ambos casos, *siendo el punto m el límite inferior* (posición II') *de conveniencia económica de una electrificación*<sup>1</sup> para el tráfico dado de 4,4 miles de millones de toneladas-kilómetro brutas anuales. Por último, la tercera posición nos dice que para el mismo gasto (251 millones) de explotación se alcanzaría un tráfico de 5,2 miles de millones de toneladas-kilómetro brutas anuales. Nos encontramos, pues, en el caso en que los mismos Gastos de Explotación permiten un mayor tráfico, tendiendo, por tanto, hacia el tráfico mínimo-económico y, por tanto, al máximo rendimiento económico de la Explotación.

Ahora bien, esto supone que el tráfico puede aumentar. Pero, como dijimos antes, no está en la mano de las Compañías aumentar el tráfico a su voluntad, por lo menos sin variar las tarifas. Esto significa que el tráfico mínimo-económico de una explotación ferroviaria no es solamente función de las economías en los Gastos de Explotación—determinación por vía de gastos—, sino también de las tarifas, que por sus variaciones permitan un incremento del tráfico—determinación por vía de ingresos—, que en seguida examinaremos. El conjunto de los dos métodos dará, con la mayor aproximación, el tráfico mínimo-económico.

b) *Determinación por vía de ingresos.*—El desarrollo del segundo procedimiento exige el estudio teórico de la fijación de las tarifas, entiéndase bien que dentro de las características de este trabajo, y lo haremos en un próximo artículo, señalando antes algunas otras cuestiones de interés relacionadas con el estudio hecho anteriormente sobre la estructura de los Gastos de Explotación y, por tanto, con la mayor economía de las explotaciones ferroviarias.

Ambos métodos de aproximación al tráfico que produce el mayor rendimiento económico se complementan. El tráfico, en efecto, debe aumentarse hasta donde las economías a que antes hemos aludido lo permitan: depuración de los gastos, electrificaciones, métodos de trabajo, etc., medidas de orden distinto que conducen a la obtención de la economía *E* supuesta. Sea 4,4 del gráfico núm. 2. Pero este tráfico, que no produciría mayores Gastos de Explotación, no puede a veces conseguirse más que reduciendo las tarifas, siendo necesario estudiar para ello las bases de tarificación. Entre los recursos

<sup>1</sup> Reduciendo el 2.º grupo solamente a electrificar las líneas que otros estudios hayan clasificado como electrificables (véase nuestra serie de artículos citada). Sobre este método de comprobación de la conveniencia económica de una electrificación insistiremos después.

principales—en España sobre todo—para disminuir las bases de percepción está la electrificación de líneas, que, como antes se dijo, será objeto de otro artículo posterior. Tal es el concepto de la determinación del tráfico mínimo-económico de una explotación ferroviaria.

2.ª CUESTIÓN.—*Límites en la aplicación de las curvas de gastos totales.*—Las consecuencias que puedan derivarse del examen atento de la curva de gastos totales son exactas mientras las economías que se introduzcan en los Gastos de Explotación no alteren para cada ferrocarril estudiado la proporción entre los elementos fijos y variables con relación al tráfico. Por ello, al buscar la influencia que determina la electrificación, ha sido preciso construir la curva de gastos correspondiente, *S'T'*, distinta en su composición de la curva de gastos de un ferrocarril explotado a vapor. A este efecto, A. Walther distingue entre gastos de preparación y de producción, pero juzgamos esta distinción innecesaria, pues lo único que interesa y a lo que hay que atenerse es a la variación de la curva total.

3.ª CUESTIÓN.—El tráfico mínimo-económico no excluye la existencia de tráficos superiores también mínimos-económicos. El concepto que aquí damos al tráfico mínimo-económico está ligado a las economías que pueden introducirse en una explotación por la adopción de las dos clases de medidas enumeradas. En una palabra, a cada serie de economías corresponde un tráfico, que es en cada caso el mínimo-económico. Las explotaciones ferroviarias deben conducirse a estos puntos en que se producen los tráficos considerados por medio—repetimos—de estos tres caminos: simples economías, adopción de medios perfeccionados de explotación (electrificaciones, etc.) y reducción de las bases de percepción de las tarifas.

4.ª CUESTIÓN.—*Gastos unitarios de producción.*—Las curvas de gastos unitarios—gráfico núm. 2—obtenidas para las posiciones II y II' de la curva de gastos totales muestran que los primeros son función del grado de actividad, y, por tanto, son de naturaleza dinámica, no estática. Disminuyen a medida que el grado de actividad crece, aunque a partir de la ordenada del tráfico mínimo-económico los gastos unitarios de una explotación eléctrica son inferiores a los de una explotación por vapor. Insistiremos en esta cualidad en el artículo siguiente, en que compararemos ambos sistemas de tracción desde el punto de vista de las economías que se introducen en una explotación con la adopción de la tracción eléctrica.

Francisco JIMÉNEZ ONTIVEROS  
Ingeniero de Caminos

## La actual legislación sanitaria y sus modificaciones convenientes<sup>1</sup>

### II

#### Materiales

Para que un alcantarillado evite la contaminación del aire y subsuelo es indispensable que aisle las sustancias residuales, y para ello precisa que sea

impermeable incluso en las condiciones más desfavorables en que pueda encontrarse. Es tan importante este punto, que de él puede depender toda la eficacia de la obra, y debe exigirse en las canalizaciones domésticas, por lo menos con el mismo rigor que en las públicas, puesto que en las habitaciones pasa el hombre quizá tanto tiempo como en la calle. El aire de las alcantarillas se impurifica de dos ma-

<sup>1</sup> Véase la REVISTA de 15 de octubre último, pág. 390.

neras: químicamente, por variar su composición perdiendo oxígeno y cargándose en cambio de gases nocivos, y bacteriológicamente, adquiriendo microorganismos; si la construcción de las cloacas es de un material permeable por naturaleza, o se ha hecho permeable por haberle descompuesto la acción química de las aguas residuales, o el aumento de presión de éstas hace que pasen a través de él, o por su escasa resistencia se ha roto, el aire y líquido contenido infectan el terreno de sus alrededores en proporciones enormes, como demuestran los datos que a continuación copio referentes a análisis practicados por Wurtz. (Dato tomado de la Memoria del Proyecto de Alcantarillado de Valladolid, cuyo autor es don Recaredo de Uhagón.)

Kilogramo de tierra seca	Próxima	Lejos de
	a la alcantarilla	la alcantarilla
	Gramos	Gramos
Pérdida al fuego.....	140,000	40,000
Carbono de materias orgánicas.....	9,800	1,050
Amoníaco en sales.....	0,013	0,002
Amoníaco libre.....	0,098	0,000
Acido nítrico.....	0,316	0,019

Siempre que se abre una zanja próxima a una alcantarilla permeable, a simple vista se aprecia la enorme contaminación del subsuelo; y como está atravesado por tuberías de agua potable que tienen fugas y existen, además, pozos de los que a veces se utiliza el agua para la bebida, se comprende el enorme perjuicio que han hecho y hacen las alcantarillas construídas defectuosamente. El aire del subsuelo tiende a mezclarse con el ambiente, sobre todo cuando por efecto de la lluvia se desaloja, y si está contaminado no es difícil explicarse las consecuencias probables.

La legislación española se ha dado cuenta de la importancia de este asunto, como demuestra el artículo 62 del Reglamento de Casas Baratas exigiendo que las tuberías y materiales sean impermeables a líquidos y gases, y también lo exige la Real orden de 9 de agosto de 1923 en el párrafo f), el Reglamento de Obras y Servicios en los artículos 6 y 23, párrafo f), y el art. 9.º del Reglamento de Sanidad Municipal, que ordena deben hacerse los alcantarillados con construcción sólida e impermeable; pero estos términos son demasiado vagos para tan trascendental asunto, debe precisarse más y puede hacerse, porque sobre este punto hay enorme experiencia.

Ya lo ha hecho la legislación española, aunque no con carácter de obligatorio para todos los casos; en la Real orden de 3 de enero de 1923 se contienen unas Instrucciones técnico-sanitarias para pequeños Municipios, que tienen el alto valor de haber sido aprobadas unánimemente por el Real Consejo de Sanidad, y en las que se expresan opiniones tan exactas y concretas que bastaría se transformasen en prescripciones obligatorias para que tuvieran enorme valor práctico las obras de saneamiento. En el artículo 28 se dice: «Los modelos más adecuados para retretes son comunicando directamente con un colector de fundición o de gres», y en el art. 37 expresa que para conductos de aguas residuales en pequeñas aglomeraciones urbanas o rurales lo más adecuado es la *tubería de gres*, que por lo general bastará tener 0,25 a 0,35 cm de diámetro en los colectores

que recorran las calles principales, y 0,20 a 0,25 cm. en los ramales que sirven las calles más importantes.

La preferencia del Real Consejo de Sanidad por el gres y la fundición está conforme con las opiniones de reputados técnicos españoles y extranjeros, y con la experiencia adquirida en miles de kilómetros de canalizaciones residuales construídas con estos materiales dentro y fuera de España.

Debe ser *impermeable* por las consideraciones hechas; tener *resistencia química* a la acción de las aguas residuales; *resistencia mecánica*, para que no haya peligro de rotura por los esfuerzos que origina, sobre todo el tránsito rodado; *superficie pulimentada o aún mejor vidriada*, para que no se adhieran partículas, que, a más de reducir la sección y capacidad de desagüe, entren en descomposición, y, por fin, debe ser sustancia no absorbente, aun sin contar con las protecciones superficiales.

El barro cocido no cumple ninguna de estas condiciones; si es vidriado, no suele hallarse esta protección lo suficientemente adherida para dar garantías; siempre sigue siendo un peligro su masa permeable, y de escasa resistencia. El ladrillo es permeable, presenta superficies que facilitan la adherencia, y por la acción de las sustancias orgánicas se hace menos resistente, llegando hasta a ser deleznable; enlucirlo no es buena solución, pues hay peligro de que no se una bien y, en cambio, se agriete. El hormigón, siendo rico en cemento y bien fabricado, se aproxima mejor que los anteriores materiales, pero de todos modos es absorbente y se hace impermeable por colmatación. De los materiales térreos el gres presenta ventajas sobre todos los citados, pues como durante su cocción experimenta un principio de fusión, su masa presenta homogeneidad y consistencia muy superiores a la de los restantes, lo que, unido a su poca absorción y la perfecta adherencia del vidriado, por no ser una pintura superpuesta, sino formar una unión íntima con el interior, hacen de él un material resistente, impermeable, liso, inatacable por las aguas negras y aun por los ácidos, por lo que, desde los puntos de vista expuestos, es el preferible.

Las tuberías de fundición tienen la ventaja de la impermeabilidad y resistencia mecánica; suelen ser bien calibradas; presentan pocas juntas; se prestan a variedad de piezas especiales; pero su atacabilidad por los agentes químicos es inferior a la del gres, aunque este inconveniente se atenúa mediante revestimientos bituminosos, cuyos resultados no son muy eficaces si el efluente es ácido (lo cual, aunque no es corriente, puede suceder), como demuestran los datos siguientes. (*Blake-Drainage and Sanitation*, pág. 253.) Una solución de ácido sulfúrico al 0,5 por 100 separa en veinticuatro horas el revestimiento Angus Smith y el Barff; la superficie esmaltada la destruye una solución al 1 por 100 en igual período, mientras que el vidriado del gres resiste durante veinticuatro horas, sin mostrar defectos, la solución de ácido sulfúrico al 5 por 100. Esto demuestra que los tubos de fundición revestidos son más aptos para las casas (bajantes) que para ser colocados en redes generales, donde puede haber sustancias ácidas procedentes de residuos industriales.

Lo que resultará es que, atendiendo por una parte a las condiciones de los materiales y por otra a la economía, se empleará gres en los casos en que no haya que temer esfuerzos mecánicos extraordinarios, y se reservará la fundición para estos últimos.

Creo que dada la enorme justificación de las opiniones expresadas en la Real orden de 3 de enero de 1923 sobre la preferencia del empleo del gres y fundición como materiales para la evacuación de las aguas residuales, debía exigirse su utilización siempre que cumplieran condiciones demostrativas de su buena calidad y que se pudieran emplear prácticamente con éxito; la Real orden citada expresa que la tubería de gres es el material más adecuado para pequeñas aglomeraciones, porque las grandes pueden exigir secciones de tamaños que no se fabrican con este material, y conculda con esta razón el que los diámetros que supone bastarán para pequeñas aglomeraciones son todos usuales en el gres. Si no se fabrica tubería de gres de la sección que se precisa en algunos casos, como la fundición para estos tamaños alcanza un precio prohibitivo, queda el recurso de adoptar, si es posible, secciones en que sea de uno de aquellos materiales la parte en contacto con las aguas negras, que es la más atacada, y en todos los casos la mayor parte de la canalización, que es la doméstica, y de diámetros inferiores a 50 cm, que es el mayor que fabrica con gres la industria nacional, puede ser de material que ofrezca garantía.

Esta solución se ha empleado en tantos casos que es, indudablemente, posible y práctica, por lo que creo debían exigirse las siguientes prescripciones:

*Las canalizaciones públicas o domésticas de aguas residuales de origen fecal o peligroso que precisen secciones inferiores o iguales a la de 50 cm de diámetro interior, serán de tubería de fundición o de gres; también serán de los mismos materiales las piezas especiales, sifones, canales y demás elementos accesorios de la tubería y sometidos al contacto de dichas aguas. Siempre que se adopten colectores con cubeta de aguas negras será ésta de gres o fundición, si existen en el comercio elementos adecuados.*

Para precisar las condiciones de cada uno de estos dos materiales, deben exigirse con carácter de mínimas aquéllas cuyo cumplimiento garantiza que es adecuado para el fin propuesto; con respecto al gres, debe tener vidriadas las superficies exterior e interior, lo que es doble garantía de impermeabilidad en todas las partes no cubiertas por la junta, pues en la zona afectada por ella la adherencia es mejor si no hay vidriado; por esta misma razón, el interior del enchufe y una longitud del extremo macho igual a vez y media la del enchufe deben tener roscas o rugosidades que faciliten la unión de la junta. A fin de probar la resistencia mecánica del vidriado y del elemento, es concluyente someterlo a la caída desde un metro de altura de una bola metálica de un kilogramo de peso; la resistencia de la tubería a la presión interior y su impermeabilidad son suficientes si resiste la presión interior de dos atmósferas, que es de cinco a diez veces superior a la máxima que prácticamente podría soportar. La prueba de absorción consistente en someter a una probeta sacada del tubo a ebullición durante una hora, sin que el aumento de peso exceda del 2,5 por 100, es también de una seguridad enorme, y asimismo exigir la inalterabilidad al ataque de soluciones de ácidos sulfúrico o clorhídrico al 5 por 100. Un material que satisfaga todas estas exigencias (y puede satisfacerlas) es ideal para el fin propuesto. Para concretar, se expresan a continuación las que creo imprescindibles; todas ellas son usuales, y la prueba de absorción es análoga a la exigida por la British Standard Specification.

*Los elementos de gres cumplirán las condiciones siguientes:*

1.<sup>a</sup> *Tendrán vidriadas las superficies exteriores que permanezcan descubiertas después de hechas las juntas; el vidriado resistirá, sin desconcharse, la caída de una esfera metálica de un kilogramo de peso desde un metro de altura.*

2.<sup>a</sup> *El interior del enchufe y una longitud del extremo medio igual a vez y media la del enchufe presentarán roscas o rugosidades de relieve no inferior a milímetro y medio, que faciliten la adherencia del aglutinante que forme la junta.*

3.<sup>a</sup> *Sometidos por medio de la prensa hidráulica a una presión interior de dos atmósferas, no deben resudar ni mostrar defecto alguno. La presión se aplicará gradualmente con velocidad que no exceda de un décimo de atmósfera por segundo, y será mantenido el valor máximo al menos treinta segundos. Esta prueba se realizará obturando los extremos de modo que no soporte el elemento compresión ni tracción importante en el sentido del eje, ni se coarte su dilatación transversal.*

4.<sup>a</sup> *La prueba de absorción se hará tomando muestras sacadas del elemento que tengan todo el espesor de éste dos caras vidriadas cuya superficie esté comprendida entre 50 y 100 cm<sup>2</sup>, y los restantes mostrando la sustancia interior del elemento. Serán perfectamente secadas y pesadas; se sumergirán a continuación en agua fría, cuya temperatura se elevará hasta la ebullición, manteniéndose así una hora; se la dejará enfriar, y se secará entonces la muestra, que después de bien enjugada con un paño seco se volverá a pesar. El aumento de peso en cada muestra no excederá del 2,5 por 100 del peso de la misma seca.*

5.<sup>a</sup> *Serán inatacables por soluciones al 5 por 100 de ácidos sulfúrico o clorhídrico.*

Respecto a la fundición, debe exigirse proceda de segunda presión en molde vertical o inclinado, para conseguir homogeneidad en el material, y además que posea una protección eficaz a los efectos de las aguas residuales, sin exigir una gran garantía contra las soluciones ácidas, puesto que por no ser posible no se empleará la fundición si las aguas residuales tienen marcado carácter ácido. Lo mismo que en el gres, se debe tomar garantías de buena unión con la junta, siendo la más segura la de enchufe y cordón. La impermeabilidad para casos ordinarios basta se pruebe a la misma presión considerada para el gres, lo que podrá facilitar se utilicen en estos casos tubos de fundición con menor espesor que los de canalizaciones forzadas; en cuanto a la composición química, debe limitarse el exceso de fósforo o azufre, por las malas cualidades que da al material. Por todo esto, creo son indispensables los requisitos que a continuación se expresan, y que tienen carácter de mínimos exigibles en todos los casos.

*Los elementos de fundición cumplirán las condiciones siguientes:*

1.<sup>a</sup> *Procederán de segunda fusión en molde vertical o inclinado y presentarán su interior liso y bien calibrado.*

2.<sup>a</sup> *Estarán totalmente recubiertos exterior e interiormente con revestimiento que evite la oxidación y ataque de las aguas residuales y no pueda, por la acción de éstas, saltarse ni desaparecer.*

3.<sup>a</sup> *Sometidos a la presión interior de dos atmósferas por medio de la prensa hidráulica, y golpeados por un martillo, no deben denotar defecto alguno.*

4.<sup>a</sup> *Presentarán en el extremo macho un cordón con resalto al menos de tres milímetros, y en el enchufe una garganta anular correspondiente.*

5.<sup>a</sup> *El análisis químico no ha de demostrar cantidades mayores de seis centésimas en cien unidades de fósforo, y ocho centésimas en la misma cantidad de azufre.*

No se indica prueba de absorción porque este material no es absorbente.

En los casos en que no se puedan utilizar secciones de gres o fundición, debe hacerse la construcción de modo que cumpla en el mayor grado posible las condiciones de impermeabilidad, no absorbencia, superficie pulimentada y resistencia química y mecánica. El modo de conseguirlo varía en cada caso con los materiales y la mano de obra, por lo que no se puede dar unas normas concretas que sean generales; pero a fin de que por ello no se descuidara este punto, debería exigirse la justificación, en cada caso, de las medidas adoptadas para conseguir este fin y pruebas propuestas para demostrar si se ha logrado. Lo cual podía expresarse así:

*Las secciones ó partes de secciones que no puedan construirse con gres o fundición serán ejecutadas de modo que tengan la mayor impermeabilidad, no absorbencia, pulimento interior y resistencia química a la acción de las aguas residuales y resistencia mecánica. A este fin, se justificarán en cada caso las disposiciones adoptadas para conseguirlo y pruebas para comprobarlo.*

Aunque actualmente el gres y la fundición son los mejores materiales desde el punto de vista sanitario, debe preverse la posibilidad de que surgieran o se mejoraran otros que también fueran utilizables, pero debe evitarse que se empleen los que no tengan garantizada su aptitud por una sólida experiencia y pruebas rigurosas.

Para ello es necesario que cuando se proyecte hacer con material diferente de gres o fundición las obras para las que se exigen éstos, se demuestre su perfecto comportamiento en numerosas obras análogas, y sometidos a las pruebas prescritas para el gres, si es material no metálico, o para la fundición, si lo es, debe dar los resultados que se prescriben para éstos. En otro caso no se debe anteponer a un material, cuyos buenos resultados pueden garantizarse, otro que los ofrezca inciertos. Para ello creo necesario prescribir lo siguiente:

*Siempre que se proponga construir con material diferente del gres o fundición obras o partes de obra para las que se prescribe el empleo de éstos, deberán cumplirse las condiciones siguientes, sin lo cual no podrá ser empleado:*

1.<sup>a</sup> *Demostrar que el material propuesto se ha empleado con éxito en numerosas obras análogas, en las que lleve comportándose durante veinte años, como mínimo, en perfectas condiciones de impermeabilidad, no absorbencia, resistencia química y mecánica y superficie conservada pulimentada.*

2.<sup>a</sup> *Si no es metálico el material propuesto, resistirá con éxito las pruebas exigidas para el gres.*

3.<sup>a</sup> *Si es metálico, resistirá las pruebas prescritas para la fundición.*

A fin de completar lo referente a materiales, falta tratar de los empleados en desagües domésticos; por los que no circulen aguas fecales o peligrosas, todos ellos, como plomo, metales niquelados, etc., son excelentes, pero por su costo no tienen aplicación más

que cuando se emplean en cantidades reducidas; ahora bien, debe exigirse siempre que sean impermeables e inatacables por las sustancias que por ellos circulen; prácticamente no están sometidos a esfuerzos que hagan peligrar su resistencia mecánica. En tubería de plomo tiene la ventaja de no requerir juntas y seguir muy bien los asentos. Estas prescripciones podían expresarse así:

*Las tuberías correspondientes a desagües no fecales o por las que no circulen sustancias peligrosas, podrán ser de cualquier material inatacable por las sustancias que por él circulen y no permeable en sus condiciones ordinarias.*

### Velocidad, pendiente y limpieza

Las aguas residuales deben circular rápidamente por sus conductos de evacuación, para que estén alejadas antes de que comiencen a descomponerse; por otra parte, es preciso que su velocidad sea suficiente para que no se depositen las sustancias que llevan en suspensión o arrastre. Muchas veces se ha descuidado esta condición, y las cloacas, en vez de red de transporte, se han visto convertidas en pozos negros, que es lo que ocurre en alcantarillados antiguos.

La legislación española muestra atención a este punto. En la Real orden de 3 de enero de 1923 sobre instrucciones técnicas sanitarias para pequeños Municipios, art. 38, se dice: «Siendo indispensable para el buen funcionamiento de toda red cloacal la limpieza constante de la misma a base de descargas periódicas de aguas, si no hubiera canalizaciones públicas para suministrar el líquido necesario a los aparatos de descarga automática que en la red se intercalen, podría suplirse situando en la cabeza de los colectores pequeños pozos que se llenen de agua dos o tres veces al día por medio de carros-cubas, construyendo un lavadero cuyas aguas viertan a la alcantarilla en los puntos más altos de ésta o empleando parecidos recursos; en todo caso, las aguas pluviales que corran por las calles deberán conducirse a la red cloacal, si escasea el agua para la limpieza de la red y tiene sección y pendiente adecuada para recibir las.» En la Real orden de 9 de agosto de 1923, art. 7.º, párrafo f), se dice: «Se organizará una red de alcantarillas con las pendientes y lavados precisos para asegurar el rápido alejamiento de las aguas residuales.» El Reglamento de Obras y Servicios Municipales, en sus artículos 6.º y 23, párrafo f), prescribe la misma disposición de la Real orden de 9 de agosto de 1923. El Reglamento de Sanidad Municipal dispone en el artículo 9.º que los Ayuntamientos que puedan construir alcantarillados deben hacerlo con pendiente bien calculada para la evacuación rápida, aunque no a velocidad excesiva.

De lo escrito se deduce que en este tema, como en tantos otros, hay disposiciones muy acertadas, bastando reunir las ordenadamente, concretar algo más y darles carácter general.

La experiencia demuestra que con la velocidad de 60 cm por segundo se mantienen limpias las alcantarillas, pero que las superiores a 3 m por segundo agitan el líquido, provocando salpicaduras y desprendimiento de gases, y desgastan las canalizaciones. Puede suceder que, aun habiendo adoptado la sección más adecuada, el desnivel disponible no sea suficiente para conseguir que el caudal mínimo circule con

velocidad superior a 60 cm por segundo, y en este caso es indispensable disponer descargas de agua intermitentes que arrastren los depósitos, impidan el crecimiento de vegetaciones, laven las superficies dejadas al descubierto al bajar el nivel máximo y contribuyan a la renovación del aire. El caso opuesto, disponer de tal desnivel entre dos puntos que con una pendiente continua la velocidad correspondiente al caudal máximo sea superior a 3 m por segundo, se resuelve dividiendo la longitud en tramos de pendiente adecuada, separados entre sí por rápidos.

Debe calcularse en las tuberías la velocidad para el caudal mínimo, y siempre que por la poca pendiente disponible sea inferior a 60 cm por segundo, son indispensables las descargas automáticas; ahora bien, estas descargas, a los pocos metros del origen, no producen otro resultado que el de aumentar durante un breve intervalo el caudal que circula en conducción libre por la tubería; para que hagan efecto es preciso que ese caudal con la pendiente adoptada pueda desarrollar una velocidad mayor que 0,60 m por segundo, puesto que no sólo no tiene que producir depósitos, sino separar y arrastrar los producidos, para lo cual se precisa una velocidad de alrededor de 0,75 m por segundo; para que una tubería pueda tener en conducción libre la velocidad de 0,75 m por segundo, se requiere una pendiente mínima para cada diámetro, que es la pendiente con la que esa velocidad corresponde a la máxima; sin embargo, como la altura de agua correspondiente a la velocidad máxima dista poco de la sección llena y a ésta corresponde velocidad igual a la de la sección media, es más prudente calcular la pendiente a la que corresponde la velocidad de 0,75 m por segundo, con altura media. En el Anejo núm. 2 se calculan las pendientes y caudales que producen a media sección la velocidad de 0,75 m por segundo.

La capacidad de la cámara de descarga debe mantener esta velocidad durante un espacio de tiempo al menos de un minuto; si se trata de una tubería pública cuyo diámetro en el origen no debe ser inferior a 20 cm, por la dificultad de la limpieza, la capacidad que se obtiene es próxima a 750 l. Si se tratara de una tubería doméstica cuyo diámetro no debe ser inferior a 15 cm, esta capacidad es próximamente 300 l. Evidentemente, cuanto más numerosas sean las cámaras, mayor el volumen de los depósitos y más frecuentes sus descargas, mejor será el funcionamiento de la red; pero como esto ocasiona un gasto de agua considerable, el límite mínimo es el hallado por estas consideraciones. Hay fórmulas empíricas y tablas que dan la capacidad precisa, en función del diámetro y pendiente de la tubería, o diámetro y longitud, pero creo que se deben marcar límites claros y pocos tipos para que sea práctico su cumplimiento. Puede resumirse todo lo expuesto en la forma siguiente: *Se calculará para cada tramo la velocidad correspondiente al caudal mínimo, y si es inferior a la de 60 cm por segundo, se construirá en el origen de él una cámara de descarga automática con capacidad suficiente para mantener en el tramo de que se trate una velocidad en conducción libre de 0,75 m por segundo durante un minuto. Si el diámetro de la tubería es de 20 mm, esta capacidad no será inferior a 750 l, ni la pendiente a 0,005; y si el diámetro es de 15 cm, la capacidad no será inferior a 300 l, ni la pendiente a 0,008. El aparato de descarga automática deberá suministrar un caudal instantáneo superior o igual al*

*correspondiente a la velocidad de 0,75 cm por segundo, y descargará su capacidad al menos dos veces al día.*

*Los tramos se dispondrán con pendientes tales que el caudal máximo no circule con velocidad superior a 3 m por segundo.*

*Siempre que haya agua disponible se colocarán aparatos de descarga en todos los orígenes, aun cuando la velocidad mínima supere a 60 cm por segundo.*

No sólo basta que en los tramos continuos se asegure una velocidad que no produzca depósitos; deben tomarse precauciones en las curvas cerradas, uniones y cambios de sección, que son puntos donde hay pérdida de velocidad; el medio de evitar esto consiste en forzar la pendiente en estas zonas, lo que, por su reducida longitud, no influye sensiblemente en el desnivel total, siendo regla fácil y práctica adoptar en estas zonas doble de la ordinaria. En las uniones se deben desviar gradualmente las ramas afluentes hasta conseguir que se reúnan con la misma dirección, pues de otro modo se producen pérdidas de velocidad que pueden originar depósitos. Los cambios de sección y reunión de los de diversas secciones deben hacerse manteniendo las generatrices superiores según la pendiente, de modo que las diferencias de altura se ganen con rápidos hechos en las generatrices inferiores, pues si fuesen éstas las continuas, al estar lleno el tubo de más sección embalsaría a los demás. En resumen: *En las curvas cerradas, uniones y cambios de sección se dispondrán las canalizaciones con doble pendiente de la que corresponda al tramo recto; las uniones se harán desviando gradualmente las ramas afluentes para que se reúnan con igual dirección; los cambios de sección o reunión de diversas secciones se harán conservando la continuidad de las generatrices superiores y ganando las diferencias de altura con rápidos que enlacen las inferiores.*

### Ventilación

La legislación trata este tema reiteradamente; en la Real orden de 9 de agosto de 1923, art. 2.º, párrafo f), dice que las aguas negras o sucias deben recogerse en tuberías impermeables y ventiladas. En el art. 9.º del Reglamento de Sanidad Municipal se prescribe que, a fin de evitar el reflujo de gases y, por tanto, los malos olores en las casas, todas las acometidas en la red estarán provistas de los tubos de ventilación necesarios. Como se ve, debe estar ventilada tanto la red general como las acometidas.

Puede decirse que hay conformidad de opiniones en la necesidad de la ventilación, como medio de diluir el aire de las cloacas, renovar y evitar que una excesiva presión pueda introducirle en las casas; en los alcantarillados unitarios la ventilación es necesaria para dar salida, sin descebar los sifones, al aire que desaloja la entrada de las aguas de lluvia. Si al aire no se le da salida por donde conviene él la busca por donde le es más fácil, y aunque si las alcantarillas están bien construídas y las aguas son alejadas rápidamente, la composición del aire de las cloacas sólo difiere de la ordinaria en una mayor proporción de anhídrido carbónico y vapor de agua, se debe evacuar por donde más convenga.

La primera duda que se ofrece es si se precisa circulación del aire en las alcantarillas o sólo comunicación con el exterior, pues las conclusiones del Trap Committee sustentaban esta última opinión; si no existen sifones terminales, la ventilación de la

red general y las acometidas particulares se pueden hacer simultáneamente utilizando las prolongaciones por encima de los tejados de las bajantes de aguas fecales; pero si existen estos sifones se ha de proceder por separado; hay autores que defienden puede comunicarse el aire de la alcantarilla con el exterior por orificios al nivel de la calle, y poblaciones donde

se practica, mientras que en otros casos se toman precauciones para que las comunicaciones del aire situadas a bajo nivel sólo sean entradas. Por este estado del asunto, creo de gran acierto que la legislación española se limite a exigir la ventilación, sin prescribir nada sobre la parte discutible y circunstancial.

José M. CANO RODRÍGUEZ  
Ingeniero de Caminos.

## Nuevo tren de dragado para el Puerto de Bilbao

El día 18 del pasado tuvo lugar en Sestao (Bilbao) la colocación de las quillas del tren de dragado que la Junta de Obras del Puerto de Bilbao ha adjudicado recientemente a la Sociedad Española de Construcción Naval.

Forman este tren de dragado una draga de rosario y tres gánguiles automotores.

Las dimensiones y características principales de la draga son las siguientes:

Eslora entre perpendiculares, 58,826 metros.  
Manga, 12,030 m.  
Puntal, 4,42 m.  
Calado, 2,97 m.  
Velocidad a media carga, 6 nudos.  
Capacidad de dragado, 600 m<sup>3</sup> por hora.  
Profundidad máxima de dragado, 18,50 m.

Las máquinas propulsoras serán de doble expansión, de un cilindro de AP y dos de BP, con condensador de superficie, y desarrollarán una potencia de 700 CV indicados. La presión de trabajo será de 9,14 kilogramos por cm<sup>2</sup>.

Diámetro del cilindro de AP, 508 milímetros.  
Idem de los cilindros de BP, 762 mm.  
Carrera de los émbolos, 610 mm.  
Número de revoluciones, 115 mm.

El vapor será suministrado por dos calderas cilíndricas, tipo marino, de dos hornos.

Diámetro interior de las calderas, 3,660 metros.  
Largo total, 3,050 m.  
Superficie total del emparrillado, 7,43 m<sup>2</sup>.  
Superficie total de calefacción, 217,38 m<sup>2</sup>.

Las dimensiones principales de los gánguiles son éstas:

Eslora entre perpendiculares, 59,74 metros.  
Manga, 10,97 m.  
Puntal, 4,57 m.  
Calado medio en carga con 1.125 toneladas en las cántaras, 77 toneladas de carbón y 20 toneladas de agua dulce a bordo, 4,12 m.

Los gánguiles serán capaces de mantener una velocidad de 10 nudos por hora en estas condiciones de car-

