

A un cimiento débil.

A hacer una mezcla de calidad inferior.

A la acción del agua al penetrar por una grieta.

A la acción del gas del alumbrado (escapes, etc.).

A una desigualdad en el espesor del pavimento, con el consiguiente impacto al pasar el tráfico.

Como enemigos de un pavimento asfáltico tenemos la suciedad y el agua, y en donde se forme una grieta con la presencia de estos dos factores, vendrá la inmediata disgregación.

PRECIOS

A continuación indicamos los precios usuales en Londres para las diferentes clases de trabajos y los precios equivalentes en pesetas, supuesto el cambio a cuarenta.

Pavimento de una capa de 5 cm de espesor.

De 3 chelines a 3 chelines 6 peniques la yarda cuadrada, o sean 7,16 a 13,13 pesetas metro cuadrado.

Pavimento de dos capas de 7,5 cm de espesor total.

De 4 chelines 6 peniques a 5 chelines 6 peniques la yarda cuadrada, o sean 10,75 a 13,13 pesetas metro cuadrado.

El mismo pavimento, de una sola capa, sale a unos dos o tres peniques menos por yarda cuadrada.

Pavimento de dos capas de 10 cm de espesor total.

De 5 chelines 6 peniques a 7 chelines la yarda cuadrada, o sean 13,13 a 16,73 pesetas metro cuadrado.

Todos los pavimentos anteriores, con un plazo de garantía de cinco años y uno posterior de conservación remunerada de otros cinco años, con remuneración de dos a cuatro peniques por yarda cuadrada, o sea, aproximadamente, de 0,40 a 0,80 pesetas metro cuadrado.

El precio de los materiales es, por lo menos, como en España, y los jornales son bastante más caros.

Marciano MARTINEZ CATENA
Ingeniero de Caminos

Estaciones de aforo

Aun siendo quizá el menos indicado para alabar, como merecen, las publicaciones del extinguido Consejo de la Energía, ya que su examen fué el sugerido de estas líneas, me resulta imposible aludirlas sin espontáneo e inmediato elogio, por la inmensa y brillante labor que representan y sus autores han realizado, acopiando numerosísimos datos para una razonada ordenación, de la cual derivan preciosos resúmenes, cuadros, croquis, mapas y multitud de gráficas estadísticas, cuya confección acredita una vez más, si ello fuera necesario, el claro talento organizador y sintético de nuestros ilustres compañeros Bello y González Quijano, de igual modo que la extensa cultura jurídica del letrado Sr. Alvarez Buyla, su valioso secretario y consejero administrativo.

Con la genial visión de conjunto que caracteriza al Sr. González Quijano, señala éste, en su *Avance para una evaluación de la energía hidráulica de España*, las dos clases de datos esenciales que determinan la resultante hidrográfica de cada cuenca fluvial para cierto período de tiempo, siendo una de ellas los referentes al agua meteórica caída sobre su superficie, y la otra los relativos a la cantidad aportada por el correspondiente *talweg*, puesto que, dada la positiva insignificancia de la filtrada hasta profundidad suficiente para estimarla, en realidad, como perdida, la diferencia entre aquellos dos volúmenes totales equivaldría, aproximadamente, a la cantidad de agua evaporada, desde luego siempre que se trate de vertientes principales desagando en el mar, por cuanto en las subcuencas laterales tributarias pudiera ocurrir que el agua absorbida en terrenos permeables de los altos valles o mesetas situados en la cabecera venga después a aflorar en forma de manantiales alimentadores de vaguadas afluentes a la región inferior del río, y hasta que, en alguna rara ocasión, vengan a

alumbrarse en la opuesta ladera, traspasando subterráneamente la divisoria principal.

De todas maneras, procede recordar que estas pérdidas por evaporación, las cuales, en totalidad, son, ciertamente, enormes, no se ha encontrado todavía eficaz medio directo alguno para poderlas estimar de manera segura, a pesar de su altísima importancia y a causa de la extrema complejidad de los fenómenos concurrentes al efecto.

Deducir, además, para cada una de las corrientes fluviales que desembocan directamente al mar, la relación media existente entre el agua aportada a éste y la recogida por su cuenca, representa el coeficiente de rendimiento o de escorrentía de la misma, dato interesantísimo, en particular si se obtiene durante largo plazo, abarcando muchos años secos y húmedos en mayor o menor grado, que, aparte de permitir, en cierto modo, predecir la magnitud de las avenidas subsiguientes a los períodos de pluviosidad más o menos intensa y prolongada, sirve de segura guía en el cálculo de los embalses factibles con futuras obras reguladoras.

Por lo que respecta a los datos pluviométricos, parece, al pronto, cosa fácil proporcionárselos con suficiente exactitud, bastando, al objeto, multiplicar el número de los udómetros instalados y el de sus correspondientes observadores, si bien adviértese en seguida la dificultad práctica de establecer en las debidas condiciones y con las necesarias garantías de confianza una red de estaciones lo indispensablemente densa para prevenir la enorme desigualdad en la repartición de la lluvia, tan diferente aun entre lugares próximos, sin contar, además, la conveniencia de apretar sus mallas precisamente hacia las divisorias, donde la población se enrarece, haciendo penosa la habitabilidad, por ser los sitios en que abundan las precipitaciones acuosas, y a veces ocurren bajo for-

ma de nieve. De cierto cabe montar, en tales casos, pluvio-nivómetros totalizadores, aparatos modernos que recogen el dato primordial en estas inhospitalarias zonas; pero ya se vislumbra no resulta la cuestión tan sencilla y expedita como semejaba a primera vista.

Sin embargo, no es en ella, de todas maneras, donde radican los verdaderos escollos del problema general planteado.

Hacia la otra especie de datos necesarios para solucionarlos debemos encaminar ahora la atención, pues dicha opuesta fase del tema, el aforo sistemático, de los cursos de agua, resulta ser, a mi modesto juicio, la más deficientemente estudiada, sin que hasta hace poco fuera atendida con el esmero y minuciosidad merecidos por su grandísima importancia.

Desatentado por su señalara aquí defectos concretos, muchos de los cuales comprobé bien de reciente; pero no estimo ocioso dedicar algunas consideraciones generales, muy lejos, naturalmente, de pretender la enseñanza de algo nuevo o desconocido por los ingenieros hidráulicos.

Desde el punto de vista esencial, de la determinación del régimen de un río, debe reconocerse que los aforos mejor efectuados, con los más perfectos modelos actuales de molinetes eléctricos registradores, aun siguiendo las buenas normas y repetidos en idéntica sección de un tramo bien elegido, sólo alcanzan valor muy relativo y procede reservarlos, por lo regular, para comprobar los cálculos de una estación, pues han de faltar, en la mayoría de los casos, durante las fuertes riadas, generalmente imprevistas, de escasa duración y con la segura secuela de profundas alteraciones en el perfil del cauce, que imposibilitan cualquier tentativa seria para la póstuma evaluación aproximada del caudal discurrido en sus diversas fases.

El único verdadero método de obtener las variaciones del caudal en función del tiempo estriba en el establecimiento de estaciones perennes en sitios donde se haya hecho inmutable la sección del cauce, mediante las oportunas obras, y en que se instale un limnógrafo para registrar de continuo las fluctuaciones del nivel líquido y quepa, por consiguiente, deducir las curvas de gasto de la corriente.

Las observaciones discontinuas, por más que fueren regulares, de escaleros no siempre concienzudos, constituirían un procedimiento defectuoso de suyo y muy propenso también a groseros errores o hasta embustes, nunca eliminables con seguridad.

En cambio, los aparatos registradores, de continuo vigilantes, si sufren accidentales averías o padecen alguna irregularidad en la marcha de sus mecanismos de relojería, son prontamente descubiertas y corregidos, al verificar sus semanales visitas el inspector encargado de recoger sus gráficas y recambiar el papel especial, en cuyas cuadriculadas hojas las dibuja el fluviógrafo, rectificando la hora que señala, así como el nivel marcado por su estilete, en armonía con el indicado en la escala, que en toda estación debe ponerse adjunta.

Para convertir en invariable la sección transversal del río no existe otro medio hábil al objeto que construir una pequeña presa-vertedero, dotándola del necesario umbral, más bajo en pared delgada, a fin de apreciar mejor los escasos caudales de estiaje, procurando guiar la lámina vertiente y desprenderla mediante entradas de aire laterales, para conseguir la

exactitud sólo proporcionada por los vertederos tipos, en estos casos de aguas mínimas, para los cuales los errores adquieren superior importancia. La restante longitud del aliviadero conviene tenga en su corona uno de los perfiles ya experimentados, para la ventaja de conocer el coeficiente de gasto, determinado con las mayores garantías en laboratorios de ensayo, sin perjuicio de la pertinente comprobación sucesiva del mismo bajo distintas cargas, mediante repetidos aforos directos *in situ*.

Según sea la frecuencia y amplitud de los diferentes estados de la corriente, cabrá establecer un mayor número de vertederos escalonados, puesto que el ínfimo es el de los dos antes aludido. Y habrá de tomarse en cuenta que su desarrollo, en cada uno, no ha de pecar por exceso, en previsión de evitar láminas vertientes demasiado delgadas, ni tampoco por defecto, so pena de ocasionar en ellas espesores mucho mayores de los ensayados, debiendo también extremar las precauciones contra probables rellenos, por arrastre, delante de la presa, que varían la fórmula del gasto, y las obstrucciones originadas a causa de estos acarrees o de los cuerpos flotantes, que pueden asimismo cortar la libre comunicación con el fondo del pozo, donde funciona el flotador del limnógrafo. De igual modo es necesario asegurar en todo tiempo el fácil acceso a la caseta que resguarda el aparato.

Tratándose de corrientes de fuerte caudal sólido, nosotros no vacilamos en anteponer a la estación una presa para la retenida de acarrees, y como solución radical, cabe considerar el labio de aforo como un umbral de fondo que fija la posición del mismo, enrasándolo aguas arriba a su nivel, tan pronto como tiene lugar el terraplenado hasta la cresta del rediente construido, lo cual se verifica prontamente con aguas torrenciales.

Lo referido demuestra y la práctica lo corrobora, que las estaciones fijas de aforo resultan costosas si han de montarse en las debidas condiciones, no pudiendo, en consecuencia, prodigarse, y, al contrario, debe limitarse su construcción a aquellos puntos donde fuere rigurosamente imprescindible por su posición estratégica dentro del recorrido del curso de agua, habida en cuenta las afluencias de sus tributarios y las obras de derivación o de embalse que modifiquen su régimen.

Por fortuna, es precisamente en los saltos de agua donde cabe determinar, con facilidad y sin especial dispendio al objeto, el caudal circulante en cada momento, dado que la sección del cauce queda inmutable por las obras ejecutadas, y la vigilancia de la corriente, resulta, desde luego, establecida a su costa para los concesionarios, en atención a su propio interés, siendo más o menos fácil, pero nunca imposible, hallar la fórmula que liga el nivel del agua con el volumen correspondiente.

Análogamente ocurre en las derivaciones para riegos, en que, por lo regular, existe una presa también, con la sola complicación, a veces, de su permeabilidad, debida a economías constructivas o superabundancia en el caudal disponible. Pero aun en casos tales, pueden servir de punto de partida para instalar la estación de aforo, que conviene donde se merma el agua para su utilización, lo mismo que en los puntos donde se acrecienta su volumen por nuevas aportaciones de caudal.

Si la vaguada se corta por el embalse de un pan-

tano, la estación de ingreso en su cola resulta obligada para la entidad a quien pertenezca, en propio beneficio de su ingeniería explotación, y con la ventaja obtenida deteniendo con su presa de aforo gran parte de los arrastres que pudieran perjudicar a su capacidad de almacenamiento y al buen juego de sus compuertas de limpia.

Sucede, pues, por ventura, disponer a menudo gratuitamente de considerable número de estaciones de aforo, en puridad y con estricta justicia exigibles por la Administración del Estado, que si cede el agua pública, debiera, al menos, recabar el perfecto conocimiento de su caudal diario en aquel punto aprovechable en totalidad, máxime cuando semejante exigencia ninguna extorsión ni gasto extraordinario motivaría al particular. Hay en nuestros ríos tramos industriales donde se suceden los remansos sin interrupción, no perdiéndose para su aprovechamiento el menor desnivel, conforme ocurre en Cataluña con el Llobregat, el Ter, sus afluentes Noya y Freser, e igualmente en muchos otros cauces españoles.

En cambio, procede observar que los puentes, antes muy utilizados a fin de colocar en sus apoyos escalas hidrométricas, no resultan, por lo general, obras apropiadas para constituir buenas estaciones de aforo, ya que si carecen de zampeado corrido, no fijan el lecho, expuesto a la acción socavadora o sedimentante de las aguas, con arreglo a su velocidad, que depende del volumen accidental de la corriente, y de todos modos alteran su régimen en virtud de los re-

molinos causados por las pilas, o del resalto superficial que produce el encachado, cuando lo hay. La predilección en favor de tales obras de paso sólo queda justificada mientras sus condiciones de desagüe y la relativa pequeñez o rareza de las fluctuaciones del río no alteren con frecuencia la marcha normal de sus filetes líquidos, procurando facilidades apreciables para el aforo.

Resumiendo lo brevemente expuesto, el interesantísimo problema cuya finalidad estriba en deducir los regímenes medios de un río en los principales lugares de su recorrido y para los diversos períodos, más o menos húmedos o secos, es asunto nada simple, siempre algo costoso, de resolución alejada a largo plazo para los de carácter torrencial, como los de España; y, sin embargo, imposible, no ya de desdeñar, ni aun de descuidar un momento siquiera por más tiempo. Al contrario: procede considerarla casi como cuestión preferente en país, cual el nuestro, de menguados recursos hidrológicos, mal repartidos sobre su superficie, y peor todavía en el transcurso de unos a otros años, adquiriendo cada vez más importancia, con sobrada razón, en el fuero interno de la conciencia nacional.

Pudiera quizá objetarse a lo dicho que ello semeja pretensión parecida a la de descubrir a estas fechas el Mediterráneo; pero nunca huelga insistir hasta la saciedad acerca de esta tesis.

Glosando el poético pensamiento de Jorge Manrique, dije en cierta ocasión: *Nuestras vidas son los ríos antes que lleguen al mar, que es el morir.*

Enrique G. GRANDA
Ingeniero de Caminos

Resumen de los experimentos hechos por el Servicio de Carreteras Nacionales (Bureau of Public Roads) de los Estados Unidos sobre pavimentos de ladrillos vitrificados

A) En la Avenida Connecticut de Chevy Chase (Maryland)

Durante los años 1911, 1912 y 1913, el Servicio de Carreteras Nacionales (Bureau of Public Roads) de los Estados Unidos construyó en la Avenida Connecticut de Chevy Chase, Condado de Montgomery, Estado de Maryland, los cinco tipos de pavimento que se especifican a continuación:

- I. Piedra partida, con riego bituminoso superficial.
- II. Piedra partida, con riego bituminoso profundo.
- III. Hormigón asfáltico.
- IV. Hormigón de cemento portland.
- V. Ladrillo vitrificado.

Del I se construyeron siete variedades; del II, cuatro; del III, dos, y del IV, tres.

Los cinco tipos y sus variedades, con tráfico muy intenso, se han conservado, y se siguen conservando por el servicio antes mencionado, llevándose cuenta detallada de los gastos correspondientes a cada uno de aquéllos, así como la estadística completa de la circulación.

Un resumen descriptivo de los sistemas de construcción empleados, de los resultados obtenidos y de los gastos, tanto de construcción como de conservación, constituyen el número 3 (mayo de 1928) del volumen 9 de la revista *Public Roads*, publicada por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos, del que forma parte el Servicio de Carreteras Nacionales (Bureau of Public Roads).

De aquel resumen proceden los datos que se consignan a continuación:

TIPO DE PAVIMENTO	Coste de construcción	Gasto medio de conservación
	Dollars por m ²	Dollars por m ² y año
I.—Piedra partida, con riego bituminoso superficial.....	0,48	0,064
II.—Idem íd., con riego bituminoso profundo.....	0,78	0,022
III.—Hormigón asfáltico.....	2,32	0,007
IV.—Idem de cemento portland....	1,70	0,017
V.—Ladrillo vitrificado.....	3,08	0,007

Sobre la sección pavimentada con ladrillo vitrifi-