

truir contadores en los que el mercurio suba en cinco horas 100 milímetros en el tubo de lectura, lo que basta para todos los usos normales de las baterías.

De todas las tarifas preconizables, la tarifa doble es la más sencilla de comprender, aun cuando no sea la más exacta y justa en teoría. Los contadores motores de doble tarifa tienen el inconveniente de que en ellos se producen numerosas averías accidentales, porque son demasiado complicados. M. Hatfield ha construido un contador Stia de tarifa doble, en el que se han tomado las más exquisitas precauciones para evitar las causas de avería.

El sistema más sencillo de doble tarifa permite cambiar la de los contadores de relays; el contador tiene un pequeño relai ó electroimán que está montado entre un hilo piloto y uno de los cables. En el mismo instante, la tarifa se cambia en todos los contadores. El contador Stia se puede construir en muy buenas condiciones para este género de tarifa: las partes mecánicas se reducen á una simple armadura de hierro que es atraída por un electroimán; la armadura está colocada en un pequeño tubo de cristal y lleva hilos de platino que se sumergen en el mercurio. El tubo está herméticamente cerrado y el electroimán actúa desde el exterior.

Para terminar haremos observar que, según el autor del trabajo que analizamos, no se ha notado ninguna alteración en los contadores que se han sometido á examen y que están algunos de ellos en servicio desde el año 1906, existiendo en la actualidad más de 70.000 contadores Stia en servicio. (De *La Houille Blanche*, traducido por *La Energía Eléctrica*.)

SERVICIO CENTRAL HIDRÁULICO (1)

PROCEDIMIENTOS DE AFORO

Aforos por vertedero ó por salida por orificios.

Aun cuando las formulas empleadas en estas especies de aforos se pueden descomponer en dos factores, uno de los cuales es el área de la sección de desagüe, y el otro representa la velocidad, se hace su estudio en un grupo aparte por la índole especial del procedimiento y porque se ha hecho sobre ellos, singularmente sobre los vertederos, estudios tan completos é importantes como los de Bazin y Rafter.

El cálculo del caudal por medio de las fórmulas de salida del agua por orificios, sólo es aplicable en general á los arroyos y cursos de agua de poca importancia.

La fórmula que da el gasto Q del agua que sale por un orificio, siendo constante el nivel de aquella en el depósito, es

$$Q = m A v = m A \sqrt{2gh},$$

en la que A representa el área del orificio, v la velocidad del agua en la sección contraída, m el coeficiente de contracción, g la aceleración debida á la gravedad y h la altura de la carga de agua.

El valor medio de m cuando el orificio es en pared delgada,

es 0,62. Cuando al orificio se le añade un tubo adicional cilíndrico de una longitud igual á tres veces el diámetro del mismo el valor del coeficiente m pasará á ser 0,82. Admitiendo $\sqrt{2g} = 4,427$ se tiene para el orificio en pared delgada

$$Q = 2,745 \times A \times \sqrt{h},$$

y para el orificio con tubo adicional cilíndrico

$$Q = 3,630 \times A \times \sqrt{h}.$$

Para evaluar el volumen de agua de un arroyo valiéndose de esta fórmula, se empieza por disponer una caja ó recipiente abierto para la entrada del agua por uno de sus costados. El opuesto está formado por una lámina delgada de zinc ó de hoja de lata, en la que se ha abierto una serie de agujeros circulares de un diámetro aproximado de dos centímetros, cuyos centros se encuentran en una línea horizontal. Así dispuesto, se tapa todos los agujeros y se deja entrar el agua en el cajón hasta que adquiera un nivel cuya altura sobre los agujeros sea próximamente de unos cuatro centímetros; después se deja correr el agua por un número suficiente de estos agujeros, no dejando destapados más que los que sean precisos para que el nivel permanezca constante. En estas condiciones, claro está que el caudal del arroyo es el que pasa por el número de agujeros que están destapados y que se puede calcular por la fórmula anteriormente citada.

En el empleo de este procedimiento se debe adoptar algunas precauciones. Para evitar las fluctuaciones que tienen lugar en la superficie superior del agua en la caja de aforar, conviene recibir el arroyo en un depósito de alguna capacidad al que aquélla esté adosada. Es también indispensable poner la caja al abrigo del viento y de las corrientes de aire que agitarían la superficie del agua. Conviene que los agujeros estén equidistantes unos de otros, quedando entre cada dos agujeros un espacio de 20 milímetros, por lo menos.

El método de aforo que se acaba de indicar no es prácticamente aplicable cuando el caudal del arroyo excede de 5 litros por segundo. En este caso puede seguirse el procedimiento que empleó Darcy para aforar el arroyo Rosoir en Dijon. Se dispuso una presa de madera en la que se practicó un orificio rectangular á la altura necesaria para que el agua saliera libremente á la atmósfera y no se anegara en la parte de aguas abajo. A fin de obtener un orificio en pared delgada, todo el contorno estaba forrado por el lado de aguas arriba con láminas de hoja de lata aplicadas contra la madera y sobresaliendo unos tres ó cuatro centímetros. El orificio quedaba completamente anegado por la parte de aguas arriba.

Para conseguir establecer el régimen en que el caudal que penetra en la presa sea igual al que sale por la abertura, se puede regular la altura de la presa ó se hace que el lado superior del orificio sea movable, deslizando verticalmente por medio de guías y una cremallera ú otro mecanismo sencillo.

En este caso, la fórmula que determina la velocidad en la sección contraída, es la siguiente:

$$v = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \frac{h_1 \sqrt{h_1 - h} - h \sqrt{h}}{h_1 - h}$$

en la cual h_1 representa la carga en la arista inferior del orificio y h la carga en la arista superior, y, por tanto, la altura del orificio es $h_1 - h$. El gasto vendrá expresado por la siguiente fórmula:

$$Q = m l \frac{2}{3} \sqrt{2g} (h_1 \sqrt{h_1 - h} - h \sqrt{h}),$$

(1) Véase el número anterior.

en la cual m es el coeficiente de contracción cuyo valor aproximado es 0,62 y l representa el ancho del orificio. Según esto, admitiendo para $\sqrt{2g}$ el mismo valor de antes, el del gasto será

$$Q = 1,83 \times l \times \left(h_1^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right).$$

Es indispensable para que sean aplicables estas fórmulas adoptar las siguientes precauciones:

1.^a Tener sobre el orificio, vertical y horizontalmente, una carga de agua suficiente para que las convergencias de dirección y las variaciones de velocidad de las moléculas no tengan lugar más que en una parte relativamente pequeña de la masa líquida.

2.^a Llegar á obtener en el embalse una calma suficientemente sensible.

3.^a Tener cuidado de que el movimiento del agua á la salida del orificio sea perfectamente libre, á fin de obtener la certeza de que ni la velocidad de salida, ni la contracción de los filetes líquidos, puedan ser influidos por la presión del agua inferior.

El sistema de aforos por vertedero se puede aplicar siempre que exista alguno en buenas condiciones, ó sea posible establecerle.

Consiste en medir la anchura del vertedero ó longitud del umbral l y la altura de la lámina de agua h , y se utiliza la fórmula conocida:

$$Q = m l h \sqrt{2 g h}$$

en la que m es un coeficiente numérico.

La altura h no se debe medir directamente sobre el umbral á causa de la contracción de la lámina líquida, sino que será el desnivel entre la arista superior y el nivel del líquido agua-arriba.

Para los arroyos ó corrientes de pequeña importancia se construirá una pequeña presa de madera con un vertedero en pared delgada que es el caso menos sujeto á error, teniendo cuidado de que el umbral sea perfectamente horizontal y de que la lámina de agua caiga libremente.

En estas condiciones, y para tener un resultado aproximado, se puede dar á m los valores siguientes, que indican Poncelet y Lesbros para alturas de la lámina de agua comprendidas entre 0,01 y 0,22 metros.

$$h = 0,01 \ 0,02 \ 0,03 \ 0,04 \ 0,06 \ 0,08 \ 0,10 \ 0,15 \ 0,20 \ 0,22$$

$$m = 0,424 \ 0,417 \ 0,411 \ 0,407 \ 0,401 \ 0,397 \ 0,395 \ 0,393 \ 0,390 \ 0,385$$

Quando se trata de corrientes de importancia y se quiere obtener el caudal con una aproximación de $\frac{1}{100}$ es preciso operar con el mayor cuidado y precisión, y como no es posible establecer fórmulas generales que ligen el valor de m con los múltiples elementos que influyen en él, hay que determinar en cada caso el que se debe adoptar por comparación con los experimentos de Mr. Bazin y de Mr. Rafter, de los cuales se da un extracto en el Apéndice, así como de los resultados obtenidos en los experimentos, según el tipo de presa adoptado. En ellos se encuentran los valores de m correspondientes á los de h , en las distintas disposiciones de vertederos y especies de las láminas de agua.

Siempre que sea posible se debe establecer un vertedero en pared delgada, cuyo umbral se reduzca á una arista viva, coronando un paramento vertical y de modo que la lámina de agua desagüe libremente en el aire sin estar influida por subpresión de ninguna clase.

Estas sencillas condiciones, suprimiendo la mayor parte de las causas de error, asegurarán un aforo de la mayor precisión posible, y conviene adoptarlas cuando sean realizables.

Si el umbral tiene cierto espesor, como en los vertederos de vignetas, tan usados en la práctica, la exactitud es todavía más difícil de conseguir, puesto que la lámina puede, según el valor de la carga, permanecer aplicada sobre el umbral, ó separarse á partir de su arista de agua-arriba. En el primer caso, la adherencia de la lámina modifica las condiciones del desagüe, como anteriormente se ha indicado; en el segundo, el desagüe no se verificará realmente en pared delgada más que cuando la arista ó el umbral se mantenga completamente viva, pues un pequeño desgaste de la misma puede dar lugar á un aumento en el gasto del 3 al 4 por 100. Las probabilidades de error, ó más bien de indeterminación, serían todavía mayores con disposiciones menos sencillas, si el vertedero sobre el que se opera no puede asimilar-se perfectamente á un tipo bien estudiado.

En todos los casos de aforos por vertedero se debe tomar las precauciones necesarias para que el agua esté bastante tranquila y se mueva uniformemente hacia el umbral, sin que en éste ó en sus inmediaciones se produzca la contracción de la lámina, para lo cual, si es preciso, se debe ésta dirigir por medio de tabiques laterales rectos y paralelos de la longitud necesaria.

También conviene tener cuidado de que la lámina al caer no se adhiera á las paredes laterales.

En resumen, para la aplicación en la práctica de los resultados deducidos de los experimentos de Mr. Bazin y de Mr. Rafter se puede adoptar las siguientes conclusiones:

Quando se quiera aprovechar para el aforo alguna presa ó vertedero ya construido, que reuna condiciones adecuadas ó las adquiera mediante modificaciones que en él se introduzca, se buscará en los cuadros de Mr. Bazin ó de Mr. Rafter el tipo que más se aproxime al vertedero de que se trata, y teniendo cuidado de que el derrame de la lámina líquida se verifique en forma análoga á la del experimento, se aplicará el coeficiente que corresponda á la carga de agua sobre el umbral, para determinación del cual se debe siempre tener en cuenta que el nivel del líquido, agua-arriba, se ha de tomar á la distancia suficiente para que no sea influido por la contracción de la lámina sobre el umbral.

Si la carga medida no coincide ó está muy próxima á las cifras que figuran en los cuadros antes citados, se deducirá el valor del coeficiente por interpolación entre los dos más próximos.

En el caso de que no exista vertedero y sea necesario construirlo, éste se debe hacer adoptando con toda exactitud uno de los tipos que figuran en los cuadros y dándole la longitud suficiente para que la carga que resulte sobre el umbral esté comprendida dentro de los límites que traen los citados cuadros, y procurando adoptar el tipo que con más facilidad se amolde á las condiciones del terreno en cada caso. Esto, en las corrientes de caudal muy variable, obligará á construir más de un vertedero.

Sólo procediendo concienzudamente se puede obtener la aproximación deseada.

Para facilitar la aplicación de la fórmula se incluye en el Apéndice la tabla II, que da el valor de $\sqrt{2 g h}$ en función de h y del valor de g en Madrid.

Aforos por determinación indirecta de las velocidades.

Consiste la operación en medir el área de la sección elegida y obtener la velocidad media de la corriente por medio de fórmulas que la determinan en función de la pendiente de la superficie líquida, del radio medio y de la naturaleza del cauce.

Para que sean aplicables es preciso escoger un tramo suficientemente largo, recto y de sección poco variable para poder suponer que en él es uniforme la velocidad del agua.

En estas condiciones se pueden aplicar las siguientes fórmulas:

Fórmula nueva de Bazin:

$$v = \frac{87 \sqrt{Ri}}{1 + \frac{n'}{\sqrt{R}}} = \frac{87 \times R \sqrt{i}}{\sqrt{R} + n'} = C \sqrt{Ri}$$

R es el radio medio e i la pendiente de la superficie líquida. Los valores del coeficiente n' son los siguientes:

a) Paredes muy lisas	0,06
b) Idem lisas	0,16
c) Idem de mampostería	0,46
c') Idem mixtas de tierra y fábrica	0,85
d) Idem de tierra	1,30
e) Idem que ofrecen gran resistencia	1,75

Se debe considerar preferible para los canales el empleo de la nueva fórmula de Bazin, mientras que para los ríos, sobre todo si son de caudal importante y de cauce no muy regular, la fórmula de Manning ha de preferirse como más ventajosa.

La tabla III del Apéndice hace conocer C en función de R y de la naturaleza de las paredes.

Fórmula de Manning:

$$v = C_1 \sqrt[6]{R} \sqrt{Ri} = k \sqrt{Ri}$$

en la cual $C_1 = \frac{1}{n}$, según los valores de n dados por Kutter.

En la tabla IV se dan los valores de k según el valor de R y la naturaleza de las paredes.

Fórmula de Ganguillet y Kutter:

$$v = \left[\frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{1} \right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \right] \sqrt{Ri}$$

n es un coeficiente cuyo valor da para cada caso la siguiente tabla:

	n	$\frac{1}{n}$
a) Paredes muy lisas: madera cepillada, enlucidos bruñidos, palastro, etc.	0,010	100
b) Idem lisas: tablas, enlucidos sin bruñir, ladrillo, sillería, etc.	0,012	83,3
c) Idem poco lisas: mampostería ordinaria, etc.	0,013	76,9
d) Idem en tierra bien conservadas.	0,017	58,8
e) Idem en tierra desiguales, grava ó cantos (corriente regular).	0,025	40,0
f) Idem en lecho poco regular con plantas acuáticas.	0,030	33,3

Los dos últimos casos corresponden, mejor que á canales, á los ríos, ocurriendo lo contrario con los restantes.

Se inserta esta fórmula porque se ha usado muy frecuentemente y porque todas ellas son empíricas y no se puede asegurar que las demás representen exactamente la ley real que determina el coeficiente de $\sqrt{Ri}$, pero en la de Ganguillet y Kutter se puede ver que contiene un absurdo, puesto que cuando $R = 1$ aquel coeficiente resulta independiente de i , y no lo es un poco antes ó después de este valor; que para valores de R menores

de 1 aumenta con la pendiente y para valores mayores de 1, disminuye con ella; que, por lo tanto, no hay más que cambiar de sistema ó unidad de medida para obtener dos valores distintos para la misma sección ó radio medio.

Por estas razones no se incluye tablas relativas á esta fórmula y se cita más bien para prevenir los errores que de su aplicación pueden resultar.

En todos los casos es preciso que el cauce tenga las condiciones que antes se ha señalado y que esté limpio de obstáculos y vegetaciones.

Una vez elegido el tramo con longitud suficiente para que pueda deducirse con bastante exactitud la pendiente de la superficie del agua, se hallará ésta por medio de una nivelación muy precisa, y se levantará dos ó tres perfiles transversales aplicando á la fórmula para radio medio R , la media de los radios medios de cada sección.

Este método sólo da resultados aproximados, y si el cauce y corriente son poco uniformes, la aproximación es grosera. Por eso tiene en los canales su mejor aplicación.

La fórmula general del movimiento variado es siempre la más racional para los cauces de sección variable, y aunque su aplicación exige un estudio detenido de un tramo elegido convenientemente en el río, los resultados pueden merecer más fe que los obtenidos con las fórmulas anteriores, y en algunos casos será el procedimiento único aplicable por no encontrar tramo en condiciones adecuadas para suponer el movimiento uniforme, y además, como ocurre en el caso de grandes crecidas, porque tampoco se pueda emplear método alguno para medir directamente las velocidades. Ofrece, por lo tanto, mucho interés para la aplicación al servicio de previsión de crecidas.

La fórmula es:

$$Q = \sqrt{\frac{z}{\frac{\alpha}{2g} \left(\frac{1}{\Omega_n^2} - \frac{1}{\Omega_0^2} \right) + A \left(\frac{\chi_0}{\Omega_0^3} \frac{l_1}{2} + \frac{\chi_1}{\Omega_1^3} \frac{l_1 + l_2}{2} + \dots + \frac{\chi_n}{\Omega_n^3} \right)}}$$

en la cual z es el desnivel total de la superficie líquida en el tramo elegido; $\Omega_0, \Omega_1 \dots \Omega_n$ las áreas de las diversas secciones; $l_1, l_2 \dots l_n$ las distancias parciales entre las secciones y $\chi_0, \chi_1 \dots \chi_n$ los perímetros mojados de cada una de aquéllas.

α se puede tomar igual á 1,1 ó deducirlo del valor de A por la fórmula: $\alpha = 1 + 210 A$, y A tiene los mismos valores que para el movimiento uniforme, que son, según Bazin:

Paredes muy lisas, cemento bruñido, madera cepillada

$$A = 0,00015 \left(1 + \frac{0,03}{R} \right)$$

Idem lisas, sillería, ladrillo, tablas

$$A = 0,00019 \left(1 + \frac{0,07}{R} \right)$$

Idem poco lisas, mampostería

$$A = 0,00024 \left(1 + \frac{0,25}{R} \right)$$

Paredes de tierra

$$A = 0,00028 \left(1 + \frac{1,25}{R} \right)$$

Idem en cantos rodados ó grava

$$A = 0,00040 \left(1 + \frac{1,75}{R} \right)$$

En los casos corrientes se ve fácilmente cómo se debe proceder, y cuando se quiere calcular el caudal de una crecida, conviene tener de antemano, tomados todos los datos, elegido el

tramo en buenas condiciones, señalados los perfiles correspondientes á cada sección, medida la distancia de una á otra, dibujadas las secciones hasta los puntos en que por las señales y noticias anteriores puede calcularse que comprenderán la mayor altura de las aguas y marcadas referencias en el terreno, y si es posible escalas que nos den en cada perfil la altura correspondiente del agua.

En el momento de la crecida no hay sino determinar estas alturas y con ellas se calcula α , Ω_0 , Ω_1 ... Ω_n α_0 α_1 ... α_n . Como en los cursos de agua naturales los coeficientes A aplicables son los últimos de la clasificación, se elegirá el que corresponda á la naturaleza del cauce ó si ésta varía, se aplicará á cada sección el suyo en vez de sacar A , factor común en el segundo término del denominador de la cantidad subradical.

Observación de las alturas de agua.

Escalas hidrométricas.—El estudio completo del régimen de las corrientes exige la determinación de sus caudales en todos sus puntos y en todos los momentos. Para ello precisa conocer el nivel de la corriente con relación á puntos fijos y determinados. A este fin, se sitúa en sitio conveniente escalas fijas graduadas que permiten observar la altura en todo momento.

Es, por lo tanto, del mayor interés el servicio de escalas, y se debe tomar las mayores garantías de exactitud, tanto en el establecimiento de las escalas fijas en puntos adecuados, como en la elección é instrucción del personal encargado.

De ser posible, las estaciones tendrán las condiciones siguientes:

1.^a Corresponder á tramos del cauce, por cortos que sean, en que las secciones sean lo más invariables posible, con objeto de que siempre correspondan los mismos caudales á las distintas alturas de la escala. Esta es condición dominante á la que habrá en ocasiones que sacrificar otras.

2.^a Ser de acceso fácil, tanto de día como de noche.

3.^a Que permitan la fácil observación de la escala á distancia conveniente para la lectura. En caso preciso se podrá hacer la observación con el auxilio de gemelos.

4.^a Que se pueda establecer las escalas al abrigo de choques y movimientos tumultuosos de la corriente.

5.^a Que puedan ser fácilmente vigiladas y, sobre todo, que no se hallen lejos de lugares habitados donde se pueda encontrar observadores.

6.^a Que se presten á una conveniente y económica instalación de las escalas.

7.^a Que en el cauce existan, á no mucha distancia, tramos de condiciones adecuadas para practicar los aforos, ó que existan próximas presas vertederos, ó que puedan ser instalados en buenas condiciones vertederos ó canales de aforo.

Las escalas deben estar exactamente graduadas y la graduación ha de ser muy clara para evitar errores de lectura.

Se puede construir las escalas de madera preferiblemente resinosas, y, á ser posible, creosotadas, pintadas al óleo con fondo blanco, con las divisiones también pintadas con colores bien visibles y aun mejor labradas en la misma madera. Superiores á éstas son las escalas metálicas, sobre todo las de bronce ó fundición con divisiones en relieve. Modernamente se emplea las escalas de hierro esmaltado, que son más económicas que las anteriores y no tan expuestas á ser robadas; pero si no tienen buen esmalte salta éste con facilidad.

Son de manejo fácil las constituidas por un palastro en uno de cuyos bordes se recorta en forma dentada las divisiones en decímetros; los metros corresponden á la arista inferior de rectán-

gulos más salientes que llevan el número grabado ó pintado, y los medios metros al cateto horizontal de un pequeño triángulo. Cada dos centímetros pueden señalarse con taladros. El todo va roblonado á un carril usado ó hierros de sección conveniente.

Será con frecuencia más económico que el empleo de escalas independientes que hay que fijar ó empotrar sólidamente en macizos de fábrica ó postes, pintar, ó mejor labrar, las divisiones de la escala en los mismos macizos, tales como muros, acantilados y pilotes.

Por último, en ciertos casos, por ejemplo, cuando se trata de canales, vertederos, etc., á las fijas, pueden sustituirse las escalas de madera que el observador sumerge en un punto determinado hasta llegar con el extremo inferior á la solera del canal ó á un nivel que se marca convenientemente.

De ordinario se coloca las escalas verticalmente, y en este caso su graduación representa los centímetros, decímetros y metros en su verdadera magnitud; pero cuando se requiere una mayor exactitud, como puede ocurrir en algunos casos, especialmente en los vertederos, se les da una inclinación determinada con la que ha de hallarse en relación la longitud de las divisiones. Cuando todavía se exige una mayor exactitud en la medición de la altura, lo que supone una superficie del agua completamente tranquila, se recurre á otras disposiciones especiales fáciles de imaginar.

No es preciso que la escala sea de una sola pieza, y con frecuencia convendría dividirla en segmentos colocados en parajes algo alejados unos de otros. En todo caso, conviene referir el nivel del cero, por lo menos á dos puntos fijos, bien determinados, para comprobarla si variase, ó para reponerla, si desapareciese ó se inutilizase.

Los puntos de referencia conviene que se hallen poco distantes de la escala. Es recomendable marcarlos por medio de clavos de cobre embutidos cuya cabeza enrase con alguna superficie horizontal que se considera suficientemente invariable, estableciendo si fuese preciso, macizos de fábrica en el terreno ó marcas en las rocas para fijar estas referencias.

El cero de las escalas se coloca generalmente al nivel mínimo propio del estiaje en los ríos, que se fija con la posible aproximación. Sin embargo, si por cualquier circunstancia variase la altura supuesta del estiaje no sería prudente desplazar la escala, porque se alteraría la relación con las cotas de las otras escalas, cuyo conocimiento puede ser un elemento útil desde el punto de vista práctico.

Las observaciones en tiempo normal deben ser simplemente cotidianas, y á lo más serán hechas dos veces al día, pero siempre á las mismas horas. Durante las crecidas ordinarias se puede hacer tres en el día, y durante las grandes crecidas se llega hasta una observación por hora en los ríos torrenciales. Aunque es innegable la utilidad de hacer frecuentes y repetidas observaciones en los casos excepcionales, se debe acudir á este recurso lo menos posible en tiempo normal, porque la primera condición que deben llenar los datos recogidos es la exactitud, y la experiencia demuestra que si se exige á los agentes observaciones muy frecuentes, la veracidad de éstas deja bastante que desear. En este mismo orden de ideas no se debe recomendar las observaciones nocturnas, que, sobre todo en el invierno, son penosas, y á veces hasta peligrosas, y cuya sinceridad se puede poner en duda. Ahora bien, al apreciar un conjunto de observaciones, una cota inexacta ocasiona grandes perjuicios, y es siempre preferible un corto número de observaciones seguras, á datos más numerosos pero inciertos.

Ín útil parece recomendar que deben ser las escalas objeto de esmeradísima conservación y reparación, pintándolas y limpián-

dolas frecuentemente, comprobando su altura cuando se remuevan ó existan dudas, reponiendo las rotas, inutilizadas ó desaparecidas. Igualmente se deberá cuidar, por medio de una inspección sistemática, de la conservación de las referencias y de establecer otras nuevas si fuese preciso.

Fluviómetros.—Las escalas ofrecen inconvenientes tales como la falta de exactitud de las indicaciones, por las movimientos irregulares de las capas superficiales del agua, que no se corrigen con la inclinación de la escala, puesto que con ella aumenta la carrera de las oscilaciones, y además no siempre se puede establecer las escalas en puntos resguardados, ni es posible hacer la lectura fácilmente en todos los niveles, pudiendo ser en algunos casos peligrosa.

Estas dificultades pueden ser corregidas en parte, poniendo en comunicación la corriente con un pozo, donde se establece la escala y transmitiendo las oscilaciones del nivel por medio de un flotador y un índice, de tal modo, que se pueda efectuar la lectura con seguridad y exactitud.

Estos aparatos pueden resultar de instalación económica.

Fluviógrafos.—Análogos á los mareógrafos que pueden ser también utilizados con el mismo objeto, son en esencia lo mismo que los anteriores, á los cuales se añade un aparato registrador, con movimiento de relojería, que, puesto en relación con las elevaciones y descensos del flotador, da un gráfico en que las abscisas son los tiempos y las ordenadas las alturas.

El flotador del fluviógrafo se coloca, de ordinario, en un pequeño pozo, próximo á la orilla de la corriente, con la que debe hallarse en constante comunicación por medio de un tubo ó conducto adecuado.

Entre estos aparatos se debe hacer mención, por su sencillez y economía, del mareógrafo Mier que puede también ser utilizado como fluviógrafo.

Es del tipo de los de sifón y de un funcionamiento muy sencillo: una de las ramas de aquél comunica con el río por medio de un tubo de plomo, cargándose con agua con una bomba de mano; la parte inferior de las dos ramas está llena de mercurio, obra sobre una de ellas, una vez cargada, la presión del agua variable con el nivel de la corriente, determinando la depresión ó elevación del mercurio que lleva sobre la la superficie libre de la otra rama un flotador pendiente de una cadena que transmite las fluctuaciones á una pluma apoyada en un cilindro vertical, cubierto con el papel cuadriculado, cilindro que gira una vuelta completa cada veinticuatro horas, pero que acaso sería preferible tuviera para los fluviógrafos un movimiento más lento, de una revolución por semana, por ejemplo. De este modo se obtiene una curva cuyas abscisas son proporcionales á los tiempos y las ordenadas á las alturas del nivel de la corriente.

Este fluviógrafo no exige la instalación en un pozo de bastante diámetro; se puede situar á la distancia que se quiera del río, poniéndole en comunicación con él por medio de un tubo, reduciéndose el coste total del aparato instalado á unas 2.000 ó 2.500 pesetas, y, en ocasiones favorables, á la mitad de estas cifras.

La industria proporciona en la actualidad fluviógrafos á precios muy inferiores á los usuales hace pocos años y se ha facilitado considerablemente el empleo de esta clase de aparatos.

Como dan los niveles con exactitud en todos los momentos y permiten conocer la marcha de las avenidas, son muy preferibles á las escalas y se recomienda que dentro de los medios económicos de que se disponga, se procure la sustitución gradual de aquéllas por éstos, aun cuando deba hacerse lentamente.

La conservación ha de ser cuidadosa, pues se trata de aparatos delicados; el agente encargado de cada uno de ellos habrá de

recibir instrucciones detalladas, entre las cuales nunca se ha de omitir las que se refieran á los medios que ha de emplear sistemáticamente para cerciorarse del buen funcionamiento y singularmente para comprobar que está expedito el conducto de comunicación del pozo con la corriente. No se confiará el aparato al encargado hasta que se tenga la seguridad de que ha comprendido y ha de aplicar exactamente las instrucciones recibidas.

Es preciso tener, respecto de estos aparatos, las mismas precauciones y observar las mismas reglas que se han dado para las escalas, y además hay que comprobar periódicamente la buena marcha del aparato de relojería, si se trata de fluviógrafo, y en todos el funcionamiento perfecto del conjunto.

En estas condiciones ofrecen mucha más confianza las alturas obtenidas, que las procedentes de escalas, pero es indispensable una vigilancia constante para evitar perturbaciones, averías ó sustracciones.

Curvas de gastos.—En cada estación de aforo, tanto para las escalas como para los fluviómetros y fluviógrafos, es preciso determinar con la mayor exactitud posible la relación entre la altura del agua leída ó registrada y el caudal por segundo; para conseguirlo es preciso verificar aforos que coincidan con los diversos estados de la corriente, desde el estiaje á las crecidas extraordinarias. De este modo se puede trazar la *curva de gastos* en la que las abscisas son los caudales en metros cúbicos por segundo, y las ordenadas las alturas de agua correspondientes. Esta curva será más perfecta cuanto más numerosos sean los aforos y cuanto más acertada sea la distribución de aquéllos, siendo de gran interés los correspondientes á los estados extremos y el relativo al paso del cauce menor al mayor, que en muchos ríos varía bruscamente, por lo cual la curva no será de forma regular.

Es indispensable, para que estas curvas sean aplicables, que la sección correspondiente del río sea invariable, pues en caso de no ser así, es preciso modificar la curva de gastos siempre que se manifieste una variación de consideración, lo que implicaría la reproducción de los aforos. De aquí se deduce la importancia que hay que conceder á esta circunstancia al tratar de elegir el emplazamiento de las escalas ó aparatos, pues cuando la sección es invariable, la curva de gastos es cada año más perfecta y se llegará á obtener la verdadera expresión de la realidad.

Para la determinación y aplicación de la curva de gastos conviene tener en cuenta la circunstancia de que no siempre á la misma altura de escala corresponde el mismo caudal, aun conservándose invariable la forma de la sección, puesto que la velocidad varía con la pendiente de la superficie del agua y ésta puede ser distinta en estados diversos de la corriente. Este caso no es puramente hipotético, sino que tiene lugar siempre durante las crecidas, en las cuales, para la misma altura de agua la pendiente es muy acentuada en el período de subida y puede ser casi horizontal (excepcionalmente puede hasta invertirse) en el período de descenso, lo cual acusará una diferencia de caudales que puede ser considerable.

Es decir, que los puntos de la curva de gastos deben proceder de aforos hechos en momentos en que la corriente tiene un régimen estacionario, es decir que no está en período de aumento ó de disminución del caudal.

Recíprocamente no se debe aplicar la curva sino en las circunstancias para las que ha sido calculada. En los períodos de crecidas se debe procurar hacer aforos correlativos en el ascenso y el descenso para alturas iguales, con lo cual se tendrá idea de la influencia de la pendiente y se podrá deducir un coeficiente de corrección que se podrá utilizar al trazar la curva de régimen anual. El método de aforo que resulta de aplicar la fórmula del movimiento variado, se presta á verificar estos aforos compara-

tivos en las crecidas, pues basta calcular por las alturas en las diversas secciones las pendientes relativas á la subida y el descenso, correspondientes á la misma altura en la sección situada aproximadamente en el centro del tramo. El aforo del momento de la culminación corresponde á un punto de la curva de gastos.

Como es muy difícil hacer en un año un número tal de aforos en una estación que permita trazar una curva continua de gastos y aun con numerosos aforos, no se conoce la ley geométrica de esta curva y el trazado ha de ser arbitrario, se puede adquirir ideas aprovechables respecto de aquella ley, estudiando dos curvas auxiliares, una que se obtendrá con las alturas de escala, como ordenadas, y las áreas de la sección transversal correspondientes á cada altura, como abscisas, y otra con las mismas ordenadas y las velocidades medias correlativas. En efecto, la curva de gastos tiene por abscisas, el producto de las abscisas de las dos auxiliares y en ella se reflejan las condiciones de ambas.

La de las áreas se obtiene con toda exactitud por el perfil transversal, trazado exacta y cuidadosamente y, además, para conocer su índole geométrica se puede tener en cuenta que, suponiendo la sección transversal compuesta por una parte inferior fija y de contorno curvo y por trapecios superpuestos, de altura tan pequeña como se quiera, para que se ajusten á las variaciones de talud de las márgenes, la curva de las áreas que tratamos de dibujar está formada por arcos de parábola, de eje horizontal, distintos para cada inclinación del talud, es decir, con puntos en que cambia la curvatura, correspondiendo con las alturas en que cambia la inclinación de la orilla. Se ve la posibilidad de determinar la ecuación de cada parábola.

En cuanto á la de las velocidades, es imposible trazarla *á priori* con exactitud, pero si suponemos que la pendiente de la superficie del agua es constante en todas las alturas, cuando la corriente está en periodos estacionarios de caudal y conocemos el coeficiente de rugosidad de las márgenes á diversas alturas, midiendo la pendiente en un momento convenientemente elegido, se puede obtener una curva de velocidades aplicando una de las fórmulas de determinación indirecta de aquéllas, por ejemplo, la de Bazin, $v = C \sqrt{R i}$.

La curva que resulta no es la real, por dos causas: una el suponer constante la pendiente, y otra la circunstancia ya indicada, de que estas fórmulas sólo representan la ley real aproximadamente. La influencia del error procedente de la pendiente influirá en general, dando indicaciones inferiores á las efectivas en las mayores alturas y quizá superiores en las pequeñas, pero siempre de no mucha entidad. El error procedente de la inexactitud de la fórmula no se puede suponer, *á priori*, en qué sentido influye. Lo que sí se puede deducir es que ambos errores no pueden alterar la fisonomía de la curva ni la altura á que se encuentran los puntos singulares de la misma; por lo tanto, de la de áreas y de ésta se puede obtener una de gastos que podemos llamar hipotética, cuyo trazado se puede hacer por trozos continuos correspondientes á los taludes diversos, teniendo en cuenta que siempre es cóncava respecto del eje de las x .

Esta constituirá desde el principio una norma para ir trazando la verdadera, á medida que se obtengan valores exactos de las velocidades y caudales. En la lámina A se ha supuesto una sección transversal y se ha trazado las tres curvas, y su examen aclarará lo que va expuesto y hará ver como, una vez trazada la curva hipotética, puede trazarse la real, conservando la misma modalidad que aquélla y adaptándola á los puntos calculados por aforos exactos y repetidos.

También indican estas curvas, con precisión, las alturas de escala á que es conveniente realizar aforos para fijar los extremos de

los arcos y los puntos intermedios más convenientes para trazarlos.

Otra indicación útil será la de los aforos que den resultados erróneos, puesto que aparecerán muy separados de la dirección general de la curva.

En el Apéndice se incluye una aclaración del estudio de F. W. Hanna (U. S. N. A.) sobre estas curvas, que servirá de apoyo á lo propuesto.

Conviene que se haga los aforos en el mismo tramo en que se hallan las escalas, y cuando no lo permitan las circunstancias hay que procurar que el nivel no varíe en todo el tiempo que el agua emplee en recorrer el trecho de cauce que separe la escala del punto del aforo, ó si varía tenerlo en cuenta, anotando las variaciones y determinando el tiempo empleado por el agua en recorrer la distancia, lo que puede medirse con un flotador. Es condición precisa que entre uno y otro no tenga la corriente pérdidas ó aumentos que falseen los resultados.

Conviene observar que en la elección del tramo de aforo ha de tener influencia preponderante el caudal de la corriente, pues con frecuencia ocurre que tramos de condiciones excelentes para aguas bajas ó medias, no las reúnen buenas para aguas altas, y recíprocamente.

Esto conducirá en algunos casos á elegir dos tramos de aforo ó acaso más.

Cuando la estación de aforo tiene un objeto especial, sea la aplicación á una obra ó á la previsión de crecidas, estas circunstancias impondrán las condiciones que se ha de tener en cuenta en la elección del emplazamiento.

Régimen de la corriente.

Como resumen de todo lo expuesto, vemos que el conocimiento exacto del régimen de las corrientes viene dado por la práctica sistemática de los aforos y por la observación constante de las alteraciones de la corriente obtenida por medio del servicio de escalas, fluviómetros ó fluviógrafos.

Conocida la curva de gastos en una estación y trazada la de los niveles del agua, se puede deducir la *curva anual de caudales* en aquel punto ó de régimen anual, tomando por abscisas el tiempo y por ordenadas los caudales en metros cúbicos por segundo.

Para construirla bastará, con el auxilio de la curva de gastos, marcar en las ordenadas correspondientes á cada uno de los días del año las alturas representativas del caudal de la corriente en ese día, fijando el caudal medio diario (que se debe calcular en el caso en que existiere más de una observación diaria). Cuando la observación de la altura se haya hecho por medio de fluviógrafos, el caudal medio se puede calcular gráficamente en los mismos gráficos que da el aparato, dibujando previamente en ellos la curva de caudales conjugada con la de niveles y hallando por medio de aquélla el caudal medio correspondiente á cada día.

Las curvas de régimen anual, cuando son bastante numerosas, permiten formar la de régimen medio anual que, con las correspondientes á los años en que las fluctuaciones hayan sido más pronunciadas, constituyen los datos más importantes que se puede obtener para conocer el régimen de las corrientes.

De la curva del régimen medio anual se puede deducir, por integración gráfica, el módulo ó caudal medio de la corriente que, en unión de los caudales máximo y mínimo, que dan directamente las curvas anuales son, lo mismo que los anteriores, datos de gran valor en la práctica.

Estos datos relativos á todas las estaciones, reunidos en cada

corriente por tramos y ordenados desde el origen á la desembocadura ó confluencia, completan el estudio de los ríos y dan idea de las alteraciones que hayan ocurrido en el transcurso de un año y las que tienen lugar á lo largo del curso por el aumento del

caudal producido por las aguas concurrentes ó por las modificaciones que puedan introducir otras causas, tales como corrientes subálveas, aprovechamientos industriales, riegos, etc.

(Continuara.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

El dirigible militar «Adjutant-Réan».

La flota aérea del ejército francés se ha aumentado hace poco con diversos dirigibles que llevan los nombres de las víctimas del accidente sobrevenido el 25 de Septiembre de 1909, al dirigible *République* (1).

Entre éstos, el más recientemente puesto en servicio es el *Adjutant-Réan* construido por la Sociedad Astrá, de Billancourt (Sena). Ha hecho su salida por encima de París el 8 de Septiembre, y, á partir de esta fecha, ha efectuado numerosas ascensiones que han venido á constituir unas pruebas muy notables de duración, de distancia y de velocidad.

Los días 18 y 19 de Septiembre, partiendo del campo de maniobras de Issy-les-Moulineaux (París), se ha dirigido hacia el Este por Chalons, Verdun, Toul, Nancy, Epinal, Vesoul, después ha vuelto á su punto de partida por Langres y Troyes, habiendo hecho un viaje sin interrupción de veintiuna horas veinte minutos, durante el cual ha recorrido un trayecto de 990 kilómetros. Su tripulación se ha dedicado, al pasar por encima de las plazas fuertes de esta región, á experimentos importantes para el servicio de reconocimientos militares.

en la parte inferior de la punta posterior, dos válvulas de gas, que funcionan: ya automáticamente para una presión interior dada, ya á voluntad del piloto, por medio de un gobierno especial. Entre las dos válvulas se encuentra la manga para inflar el globo, atada y oculta durante la marcha. Esta manga puede alcanzarse por medio de una escala, lo que facilita el poder volver á inflar el globo en medio del campo.

En la parte central de la superior del globo hay dos husos de desgarramiento, que permiten que se desinfe con rapidez, en caso de necesidad.

Para compensar las pérdidas de gas y mantener en el interior del globo una presión suficiente, se dispone de un ventilador colocado en la barquilla, que envía el aire, por una manga, á dos globitos de una capacidad total de 3.120 metros cúbicos; éstos se limitan por paredes de tela de caucho cosidas á la envoltura, y aplicándose, cuando los globitos están vacíos, á la parte inferior del globo. Cada globito se divide en dos partes por una pared de tela, para evitar los movimientos de las masas de aire, y está provisto de una válvula análoga á las válvulas de gas.

La envoltura lleva las emplumaduras horizontales y verti-

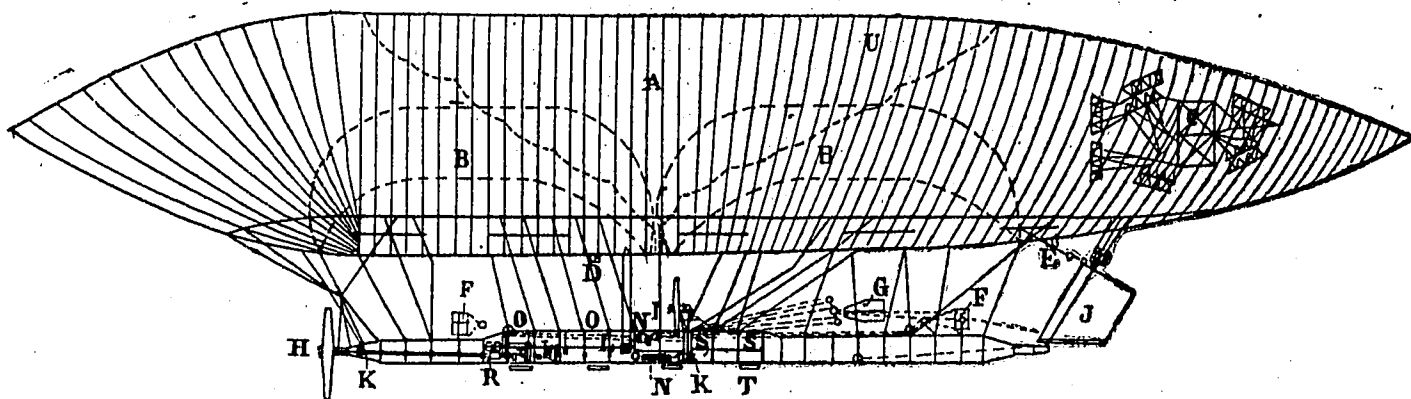


Fig. 1.ª—A, envoltura; B, globitos de aire; C, emplumadura celular; D, válvulas de aire; E, válvulas de gas; F, equilibradores; G, vólera; H, hélice anterior; I, hélices laterales; J, timón de ruta; K, multiplicadores; L, ventilador; N, depósito de esencia; O, depósito de aceite; R, motores; S, sitio de los pasajeros; T, patines; U, huso de desgarramiento.

El *Adjutant-Réan*, mucho más importante que el dirigible *Colonel Renard*, ya construido para el ejército por los mismos establecimientos, desplaza 8.950 metros cúbicos, y constituye en orden de marcha una masa de 10 toneladas, de las que 3,5 están disponibles para los pasajeros, los aprovisionamientos de esencia, de aceite, de agua y de lastre de arena, en fin, para el armamento, material, alumbrado eléctrico, telegrafía sin hilos, etcétera.

La envoltura (figs. 1.ª y 3.ª), enteramente flexible, es de tela de caucho doble; su longitud es de 86,78 metros, y el diámetro en la cuaderna-maestra de 14. A aquélla se han fijado,

cales del globo bien visibles en la figura 3.ª, y constituidas por planos rígidos fijados á la parte posterior y sujetos por cables de acero, los cuales se unen á la envoltura por medio de relingas y de patas de gato. La superficie de los planos horizontales es de 53 metros cuadrados.

Sobre la envoltura están pegadas y cosidas las relingas de tela de caucho, sobre las cuales se fijan, por medio de varillas, las patas de gato de la suspensión y de la red triangular de los balancines. De estas patas de gato parten las suspensiones de cables de acero, amarradas á la barquilla por el intermedio de tensores regulables.

La viga central, de 45 metros de longitud, que forma la barquilla, está constituida (fig. 2.ª), en su parte central, por tramos que tienen 1,50 metros de longitud, 1,50 de anchura y 2 de altura; los tramos de los extremos no tienen más que una altura de 1,50 metros. Los largueros son tubos de acero estirado de

(1) Este dirigible, que volvía de las grandes maniobras del Bourbonnais, tripulado por el capitán Marchal, el teniente Chauré y los ayudantes Réan y Vincenot, fué alcanzado por una pala de la hélice que, rota en su nacimiento y proyectada por la fuerza centrífuga sobre la envoltura, destruyó á ésta y determinó la caída inmediata y terrible del globo.