

plataformas que ofrecen poca superficie al viento, y aun los wagones cerrados dejan entre sí intervalos que hacen de manera que la resistencia de un convoy nunca sea más de la mitad ó los dos tercios de la resistencia que ofrecería una superficie continua.

4.º Porque, finalmente, los coeficientes de trabajo máximo se producen cuando el arco tiene solamente su mitad cargada. Ahora bien; en este momento el efecto del viento no actúa en la sobrecarga que se hallaría colocada en la segunda mitad del puente, como se supone en el cálculo.

De todas estas razones podemos concluir que en realidad, y bajo las sobrecargas ordinarias más fuertes, el coeficiente de trabajo no excederá de 5 kilogramos en el trasdos y de 4 en el intrados.

Los cálculos demuestran que las fuerzas que aplican el arco sobre sus estribos son siempre, y considerablemente, superiores á las que pueden tender á arrancarlo de ellos. No había, pues, en realidad precision de especie alguna de amarre.

Sin embargo, las dovelas de arranque están dispuestas para recibir un tirante de 0^m.070 de diámetro metido en la fábrica.

Por último, los cálculos y los trazados gráficos que les acompañan hacen ver que la curva de presiones, en todas las hipótesis examinadas, queda siempre en el interior de los contornos del arco. Este resultado indica que en parte alguna el arco sufre esfuerzos de tracción, ni por consecuencia alternativas de compresión á tracción, resultado este de los más satisfactorios.

PILARES METÁLICOS.

Haciendo las mismas hipótesis que han servido de base para hallar la resistencia del arco, los cálculos manifiestan que el trabajo de compresión de los brazos de cada pilar nunca excederá de 5^k.78 por milímetro cuadrado, y el de tensión, que tendrá su máximo en el caso del viento sin sobrecarga, no pasará de 1^k.80.

En cuanto á las barras de empotramiento que sujetan cada brazo del pilar á la fábrica, siendo el diámetro de ellas de 94^{mm}, su trabajo máximo de tensión será de 5^k.93.

Las piezas que arriostran los brazos trabajarán también á menos de 6^k por milímetro cuadrado.

TABLERO SUPERIOR.

En las partes laterales, tanto del lado de Oporto

como del de Lisboa, las cargas por metro corriente son las siguientes:

CARGA PERMANENTE.

Hierros del tablero y del chapeado.	1.360 ^k
Carriles y piezas de madera.	110
TOTAL.	1.470
Sobrecarga.	4.000

Las piezas de puente están calculadas suponiendo el caso más desfavorable de carga, el cual se produce cuando una de las ruedas de la locomotora, estando sobre una de estas piezas, las ruedas próximas están á uno y otro lado de ella.

Con una separación de eje á eje de 1^m.40, y una capa de 12^t por eje, la reacción total sobre la pieza de puente es de 24^t ó 6^t por cada una de las cuatro filas de largueros.

La carga propia se puede evaluar en 1.200 kilogramos distribuidos uniformemente sobre la longitud de la pieza.

En los largueros la carga permanente por metro lineal es de 30^k para el peso propio, y de 70^k para los hierros Zorés y carriles; total 100^k.

Una rueda cargará igualmente dos largueros, ó sea una carga de 3.000^k por larguero, que puede hallarse colocada en el medio de la longitud. Estos largueros son continuos, y por consiguiente habrá empotramiento sobre las piezas de puente.

El conjunto de los cálculos relativos á las vigas rectas demuestra que en ningún punto se llegará al trabajo límite de 6 kilogramos por milímetro cuadrado, y que, por consiguiente, la obra entera está en condiciones de resistencia muy favorables.

HIDRÁULICA.

(Conclusion.)

Ganguillet y Kutter han fijado para seis tipos medios, correspondientes á diferentes grados de rugosidad de los álveos, los valores que hay que adoptar para n , y son los siguientes:

1.º Canales de madera perfectamente cepillados ó enlucidos de una capa de cemento bien unida:

$$n=0,010; a + \frac{1}{n} = 125;$$

2.º Canales de paredes de tablas:

$$n=0,012; a + \frac{1}{n} = 106;$$

5.° Canales de sillería ó de mampostería careada bien hecha :

$$n = 0,015; a + \frac{1}{n} = 100;$$

4.° Canales de mampostería ordinaria :

$$n = 0,017; a + \frac{1}{n} = 82;$$

5.° Canales de tierra, ríos y torrentes :

$$n = 0,025; a + \frac{1}{n} = 65;$$

6.° Cauces de cantos rodados y plantas acuáticas :

$$n = 0,030; a + \frac{1}{n} = 56.$$

El Ingeniero deberá asimilar á una de estas clases la corriente de agua de que se ocupe, y tomará para n un valor próximo del indicado en la anterior relacion, segun las apreciaciones que haga de las circunstancias susceptibles de disminuir la velocidad de la corriente.

La fórmula que se acaba de analizar es complicada y no puede entrar en la práctica sino por el empleo de tablas. Ganguillet y Kutter han construido, en efecto, muchas tablas destinadas á facilitar los cálculos : 1.° Una tabla de los valores de n deducidos de un gran número de experiencias ; 2.°

Una tabla de los valores de $a + \frac{1}{n}$ y $\frac{m}{I}$ para valores de n crecientes de 0,0005 desde 0,009 hasta 0,04, y de I variando de 0 á 0,1 ; 3.° Una tabla de los valores de a' y b' para las seis categorías de los valores de n y para valores de I variando de 0 á 0,1. En fin, han publicado en 1870 nuevas tablas que dan para tres valores de n , es decir, para tres categorías ó clases de lechos, correspondientes á los casos más ordinarios de la práctica, y para una forma determinada de seccion, las velocidades medias y los gastos por segundo, siendo dadas las anchuras del fondo, las pendientes y profundidad de agua. Estas últimas, estando destinadas á ser de gran utilidad práctica, me detendré un momento para dar idea de su disposicion.

El perfil de la seccion tipo adoptada es un trapecio de taludes inclinados á 1,5 por 1.

La primera categoría, correspondiente á $n=0,025$, se aplica á las corrientes de agua que marchan en un lecho de tierra ó de arcilla desprovista de piedras y de plantas acuáticas, muy regular y entretenido con esmero. Una primera tabla da los valores de c para pendientes que varían de 0,00002 á 0,001 y radios medios variables de 0^m,1 á 6^m,00. Estos valores de c varían desde

$$52,4 (R=0,5, I=0,00005)$$

hasta 69,6 ($R=6, I=0,00002$). Para pendientes mayores que 0,001, c permanece invariable. Se encuentra además en dicha tabla el cambio de sentido de la variación de c con las pendientes, cambio que se efectúa para $R=1, c=40$. La Tabla propiamente dicha se compone de una serie de tablas particulares correspondientes á profundidades de agua variables desde 0^m,2 á 6^m,00; cada una admite como argumentos las pendientes entre 0,00005 y 0,005 y las anchuras del fondo, entre límites variables, que dependen de la profundidad para la cual se ha calculado la tabla. En fin, á cada uno de los valores de los argumentos tomados dos á dos, corresponden dos cifras, una para la velocidad y otra para el gasto; esta segunda en caracteres más gruesos que la primera. Las cifras más elevadas de esta categoría son una velocidad de 4^m,585 y un gasto de 7.672 metros cúbicos, correspondientes á una anchura en el fondo de 270^m, una pendiente de 0,0014 y una profundidad de agua de 6^m,00.

La segunda categoría corresponde á las corrientes de agua de fondos irregulares, poco entretenidos y que presentan piedras ó plantas acuáticas; se tiene $n=0,030$.

El coeficiente c tiene naturalmente valores respectivamente inferiores á los precedentes y varían de 26,5 á 60. La tabla de las velocidades y gastos está dispuesta como la precedente.

En la 3.ª categoría están las corrientes de agua de fondo de grava, muy pedregoso, cubiertos de yerbas, irregulares y nada entretenidos; se tiene $n=0,055$; c varía entre 22,6 y 40 ($R=3,2, I=0,00005$). Las alturas de agua no exceden de 5^m,50 y las anchuras en el fondo de 72^m.

Un complemento necesario de estas tablas es un apéndice que contiene los coeficientes de corrección de las cifras de las velocidades y gastos para cinco distintas formas de secciones diferentes de la seccion tipo; los taludes son respectivamente 1 por 0; 1 por 0,5; 1 por 1; 1 por 2 y 1 por 5.

Sería de desear que las tablas que acabamos de describir se publicaran en Francia, así como lo han sido en Alemania en 1870, y luego en Italia á continuacion de la traduccion del señor Dal Bosco.

Además de las tablas precedentes, M. Kutter ha dado á conocer en su primera Memoria un procedimiento gráfico muy sencillo para determinar una de las cantidades c, R, n, I conociendo las otras tres.

III.—CRÍTICA DE LA FÓRMULA GANGUILLET-KUTTER.

Résteame estudiar la fórmula Ganguillet-Kutter bajo el punto de vista de la exactitud de los resultados que puede suministrar, comparándola particularmente á la de M. Bazin.

Las dos fórmulas presentan una primera diferencia que he indicado ya y que consiste en la sustitución de la fórmula

$$\frac{a}{1 + \frac{b}{\sqrt{R}}} \quad \text{á} \quad \sqrt{\frac{a}{1 + \frac{b}{R}}};$$

con lo cual se consigue aproximar más á los valores de c deducidos de observaciones directas.

La segunda diferencia, mucho más importante, es la introducción de la influencia de la pendiente en el valor de c . M. Bazin, en su Memoria ya citada, no admite que esta introducción esté justificada, especialmente bajo una forma que permite cambiar el sentido de la variación de c con la pendiente, según que el radio medio es más ó menos grande. En efecto, según M. Bazin, los resultados en los cuales está basada esta anomalía inexplicable en una ley natural son poco ciertos, tanto á causa de su pequeño número (treinta) como á causa de las dificultades particulares inherentes á las medidas directas en corrientes de agua de gran sección y pendientes insensibles; los procedimientos de medición no son tampoco irreprochables; en resumen, añade M. Bazin, «persistimos en creer que Humphreys y Abbott han sido demasiado aventurados en sus deducciones generales. Si ellos hubieran tenido á su disposición la totalidad de las experiencias de Europa, de las cuales no han conocido más que una pequeña parte, hubieran llegado á conclusiones diferentes.»

La ventaja de la fórmula Ganguillet-Kutter no está de ningún modo establecida bajo el punto de vista de la influencia de la pendiente; tal es la conclusión de M. Bazin. Creo que esta opinión es muy radical; porque, si bien es cierto que las experiencias americanas y algunas experiencias europeas conocidas de los ingenieros americanos ya citados, no son numerosas ni igualmente exactas, es evidente por otra parte que la influencia de la pendiente no puede acusarse realmente con claridad sino en el caso que la relativa á la rugosidad de las paredes disminuye, en consecuencia, de las grandes dimensiones de las corrientes de agua. Se puede, por consiguiente, admitir lógicamente la existencia de la ley enunciada por Humphreys y Ab-

bott, á pesar de su carácter anómalo, puesto que las condiciones de sus experiencias eran precisamente menos susceptibles de ocultarla, cuyo caso es distinto del de las experiencias hechas en canales de pequeñas dimensiones, según mostraremos más adelante.

La fórmula Ganguillet-Kutter está por consiguiente justificada en el caso de corrientes de agua de grandes dimensiones y de pendientes muy pequeñas, con tanto más motivo que su empleo es mucho más sencillo que el de la fórmula americana.

Hay un caso en el que los resultados de la fórmula son menos satisfactorios, y es cuando se aplica á canales de paredes lisas, de pequeñas dimensiones y de pendientes que exceden de 0,0001 como sucede en la mayor parte de los canales artificiales; se ha visto, en efecto, que para valores de I superiores á 0,0001, los valores de c permanecen invariables, por cuyo motivo Ganguillet y Kutter han tratado de aproximar su fórmula en el caso de que se trata á las de M. Bazin. No obstante, muchas experiencias (series 28, 29, 30 y 31) tienden á probar, por el contrario, que en ciertas circunstancias la pendiente tiene una influencia notable sobre el valor de c . Desgraciadamente, las circunstancias en las cuales se produce este fenómeno no han podido fijarse con precisión, de modo que M. Bazin, después de haber propuesto la introducción de I en su fórmula, á fin de ponerla más en armonía con los resultados observados, ha concluido por renunciar á esta modificación. Su fórmula general, así como la de Ganguillet-Kutter, son, por lo tanto, insuficientes en ciertos casos, sin que sea posible hasta el día indicar con certeza las correcciones que hay que efectuar en una y otra de un modo general. Puede citarse en apoyo de esta insuficiencia de las dos fórmulas, el ejemplo que se cita en la Memoria de Bazin, deducido de las experiencias efectuadas en el acueducto del Dhuy; las mediciones directas dan para el coeficiente $A = \frac{1}{c^2}$ un valor próximo á 0,000260; mientras que las fórmulas Ganguillet-Kutter y Bazin dan respectivamente: 0,000151 y 0,000145 ó 0,000155.

Semejante vacío es ciertamente muy lamentable, vista la utilidad práctica de una fórmula en los casos muy frecuentes de que se trata, pero el estado actual de la ciencia no permite llenarla todavía.

M. Kutter ha comparado, en un cuadro de 210 experiencias, los resultados de las mediciones directas con los que han dado su fórmula la de Humphreys-Abbott y la de Bazin. Esta comparación

puede efectuarse de tres maneras, tomando el promedio por serie; 1.º, de los errores relativos á cada fórmula; 2.º, de los errores absolutos, hecha abstracción de los signos; 3.º, de estos mismos errores teniendo en cuenta los signos. Ha llegado en estos tres modos de comparación á los siguientes resultados:

	Humphreys-Abbott.	Bazin.	Ganguillet-Kutter.
1.º modo (promedio de los errores relativos)...	35,15	4,97	1,41
2.º modo (promedio de la suma algebraica de los errores).....	27,12	5,58	2,08
3.º modo (promedio de la suma aritmética de los errores).....	26,86	5,10	0,81

Se pueden también comparar, bajo estas mismas reformas, los resultados más satisfactorios dados por las tres fórmulas y se llega á las cifras siguientes:

1.º modo.....	22	49	165
2.º modo.....	18	42	155
3.º modo.....	18	42	155

Se está pues en el caso de concluir, que si la fórmula Ganguillet-Kutter no puede pretender representar teóricamente la universalidad de los casos que pueden presentarse, tiene ciertamente el mérito de aplicarse, mejor que ninguna otra, y todos los casos que puedan identificarse con una de las 240 experiencias que han servido á establecerla. Lógicamente no puede pedirse más á una fórmula empírica, y es de esperar que, conocida mejor y acompañada de la publicación francesa de las diversas tablas calculadas por M. Kutter, entrará definitivamente en la práctica habitual de nuestros Ingenieros, que seguirán en esto el ejemplo dado por sus compañeros italianos, en la tierra clásica de las grandes aplicaciones de la ciencia de la hidráulica.

Advertencia. La Memoria de M. Bazaine continúa exponiendo un método gráfico para la representación de la fórmula de Kutter y para la determinación de la constante l y de una de las cantidades c , R , n , I conociendo las otras tres, haciendo también un estudio de las variaciones de c con la pendiente; en cuyos largos desarrollos no seguiremos al autor, creyendo suficiente lo que dejamos transcrito para dar á conocer á los lectores de la REVISTA que no tengan noticia de ella, la fórmula Ganguillet-Kutter, cuya exactitud es superior en general á las de los demás hidráulicos y cuyo uso va extendiéndose de día en día.

SUBASTA.

No habiendo podido adjudicarse por falta de postores la obra de las fundaciones del muelle de Poniente del puerto de esta capital, cuya subasta se había anunciado para el día 10 de los corrientes, la Junta del mismo, en virtud de sus atribuciones, ha acordado anunciarla para el día 17 de Agosto próximo, á las tres de su tarde, rigiendo el mismo presupuesto de contrata, que asciende á la cantidad de 303.927 pesetas 39 céntimos, y las mismas condiciones, excepto la relativa al plazo de ejecución de las obras que ha sido prorogado.

La subasta se celebrará en los términos prevenidos por la Instrucción de 18 de Marzo de 1852, en Barcelona, y en el local de las oficinas de la Junta, sito en el piso principal de la casa-Lonja, ante el Presidente de la propia Junta, con asistencia de un Vocal y del Ingeniero-Director de las obras, hallándose de manifiesto desde esta fecha en las indicadas oficinas, desde las once á las dos de la tarde, el presupuesto y los pliegos de condiciones correspondientes. Las proposiciones se presentarán en pliegos cerrados, arreglándose exactamente al adjunto modelo. La cantidad que ha de consignarse en el Banco de Barcelona, como garantía para tomar parte en la subasta, será de 5.000 pesetas. Este depósito podrá hacerse en metálico, obligaciones de la Junta, ó papel del Estado al precio de cotización, debiendo acompañar á cada pliego el documento que acredite haberlo realizado y la cédula de vecindad del licitador. En el caso de resultar dos ó más proposiciones iguales, se celebrará en el acto, únicamente entre sus autores, una segunda licitación abierta en los términos prevenidos por la citada Instrucción, fijándose la primera puja por lo menos en 500 pesetas, y quedando las demás á voluntad de los licitadores, con tal que no bajen de 100 pesetas cada una.

Barcelona, 14 de Julio de 1876.—El Vicepresidente, JOSÉ AMELL.—El Secretario, MAURICIO SERAHIMA.

Modelo de proposicion.

D. N... N..., vecino de..., enterado del anuncio publicado por la Junta del puerto de Barcelona con fecha 14 de Julio del corriente año, y de los requisitos y condiciones que se exigen para la adjudicación en pública subasta de la construcción de las fundaciones del muelle de Poniente del puerto de dicha ciudad, se compromete á tomar á su cargo las referidas obras, con estricta sujeción á los indicados requisitos y condiciones, por la cantidad de... (aquí la proposición que se haga, admitiendo ó mejorando lisa y llanamente el tipo fijado, que es el presupuesto de contrata, pero advirtiendo que será desechada toda proposición que exceda del expresado tipo, ó en que no se exprese determinadamente la cantidad en pesetas, escrita con letra, por la que se comprometa á la construcción de dichas obras).

(Fecha y firma del interesado.)

REDACCION Y ADMINISTRACION,
CALLE DE ALCALA, NÚMERO 56. CUARTO PRINCIPAL.

MADRID.—1876.

IMPRENTA Y ESTEREOTIPIA DE ARIBAU Y C.^a
(SUCESORES DE RIVADENEIRA).
IMPRESORES DE CÁMARA DE S. M.,
calle del Duque de Osuna, número 5.