

Corea.—Existe tungsteno en las provincias de Chusei septentrional, Chusei meridional y Kogen. Según el *Annual Report of Reforms and Progress in Chosen* (Korea), Seoul, Julio 1917, la guerra mundial, entre otras repercusiones en Corea, ha tenido la de la considerable exportación por el puerto de Fusan de diversos productos de la tierra, entre ellos el tungsteno; el valor de este mineral exportado en 1916 fué de 1.547.948 yen (de 5 pesetas) más que en 1915, que fué insignificante. Existe en Corea una explotación francesa de tungsteno.

África.—Aunque no hayamos podido tener conocimientos de yacimientos de tungsteno descubiertos en el continente negro, emitimos la opinión de que probablemente podría hallarse vesti-

gios de este metal en las regiones africanas donde exista estaño, es decir, en la cuenca del Benué, territorio inglés de la Nigeria.

El Ingeniero L. Pelatau (*Revue universelle des Mines*, 1900, tomo LII, 3.^a serie, pág. 1 y siguientes) dice: «Se ha señalado la presencia de estaño en estado de casiterita en la provincia de Baulé (Costa de Marfil) y en los montes de Cristal, en el Gabón. Además se informa que en el Alto Oubangui, á lo largo del río Oubangui, existen yacimientos de estaño que parecen explotables. Estos yacimientos se prolongarían hasta el Djabbir, Estado independiente del Congo, en la cuenca del Ouellé».

(Continuad.)

H.

REVISTA EXTRANJERA

Las proporciones económicas de los puentes de acero en arco.

La elección de la forma que ha de darse á un puente está determinada por consideraciones diversas, bastante numerosas, entre las cuales intervienen: la longitud, la disposición de las orillas, la estética, la economía, la naturaleza de las cargas, etc. Un estudio sistemático de la economía de los diversos tipos presenta dificultades tan grandes que pocos Ingenieros han pensado en emprenderla, y los cálculos hechos hasta aquí respecto á este punto no se refieren más que á algunos casos particulares.

M. J. A. L. Waddell, Ingeniero americano, bien conocido por sus trabajos relativos á la construcción de puentes, ha presentado recientemente á la American Society of Civil Engineers una importante Memoria sobre «La economía de los puentes de acero en arco». En esta Memoria, sobre la cual desea insistentemente que se abra discusión, entiende M. Waddell que regula cada una de las cuestiones económicas importantes que pueden presentarse en el estudio de un puente en arco. Así es que da fórmulas y diagramas para determinar con una aproximación suficiente los pesos de metal, tanto en los arcos propiamente dichos como en las obras enteras, é indica las relaciones entre los pesos y los gastos de los puentes en arco, comparativamente con los de los puentes de vigas rectas correspondientes.

Para este estudio enuncia M. Waddell ocho problemas:

- 1.º Relación económica de la flecha á la longitud.
- 2.º Altura económica que ha de darse á las vigas parciales.
- 3.º Emplazamiento económico para la articulación del vértice en los arcos de tres rótulas y de tímpanos huecos, ó de viga parcial superior horizontal.
- 4.º Relaciones de los pesos necesarios de metal para los arcos macizos, los arcos en celosía y los arcos de tímpanos huecos.
- 5.º Relaciones de los pesos de metal para los tipos sin articulaciones, de dos y de tres articulaciones.
- 6.º Economía realizada por la constitución de arcos establecidos para resistir como arcos de tres articulaciones para el peso muerto y de dos articulaciones para la carga móvil.
- 7.º Economía del arco cantilever con tramos de orillas al aire, comparativamente al arco ordinario flanqueado por dos vigas rectas simples.
- 8.º Relación de los pesos necesarios de metal para ciertas

partes de los puentes en arco, comparadas con las partes correspondientes de los puentes de vigas rectas de la misma longitud y recibiendo las mismas cargas rodantes.

Los dos primeros problemas han sido resueltos por M. Waddell en su obra reciente *Bridge Engineering* y los siguientes por un gran número de dibujos y cálculos de arcos de diversos tipos, cuyos resultados da el autor en su Memoria.

Respecto á la relación económica entre la flecha y la longitud, aunque no haya hecho un estudio sistemático, un cierto número de proyectistas admiten que esta relación debe permanecer entre los límites de 13 y 30 por 100. En la obra precitada, M. Waddell ha establecido diez ecuaciones por medio de las cuales se puede encontrar el peso de metal que entra en la constitución de arcos de tres rótulas, macizos ó en celosía, de diversas longitudes y de relaciones diversas de la flecha á la longitud, M. Waddell se ha dedicado á cálculos comparativos para arcos de 200, 500 y 800 pies (próximamente 60, 150 y 240 metros de luz), formando parte, ya de un puente carretero, ya de un puente de ferrocarril. La determinación de la relación económica de la flecha á la longitud no es, sin embargo, tan sencilla como podría creerse, y el autor ha supuesto los diversos casos que podrían presentarse. Para cada uno de ellos, da M. Waddell, bajo formas de tablas y de gráficos, el resultado de sus cálculos.

Interesantes diagramas dan la solución de los otros siete problemas; M. Waddell ha reproducido, además, unos gráficos que dan, en el caso del empleo de acero al níquel, el peso total de metal que entra en la constitución de obras de diversos tipos. Para las pequeñas luces, parece económico no emplear el acero al níquel mas que para los arcos solamente. Para los puentes de gran longitud, en los cuales es muy importante reducir el peso muerto, se podrá emplearlo también en la estructura; pero solamente en algunos casos raros es donde habría interés en emplearlo para los contravientos, porque las secciones mínimas que se dan á las riostras son habitualmente, aun en las grandes obras, bien superiores á las que serían estrictamente necesarias.

Los resultados del estudio matemático de M. Waddell pueden resumirse bajo la forma de las respuestas siguientes á los ocho problemas que hemos enunciado:

- 1.º Para los arcos de tres articulaciones, con tablero aproximadamente tangente al vértice del arco, las relaciones económicas de la flecha á la longitud son las siguientes:

Arcos macizos.....	0,2
Arcos en celosía.....	0,225
Estructuras cuya viga parcial inferior está en arco y la superior es horizontal (con articulación en la parte superior).....	0,25

Estos valores pueden, por otra parte, aumentarse ó reducirse en 0,025 sin modificar sensiblemente la economía del sistema.

Para los arcos de tres articulaciones, de tablero intermedio, los valores de la misma relación son los siguientes:

Arcos macizos.....	0,225
Arcos en celosía.....	0,3

Para los arcos de tres articulaciones, de tablero elevado, los valores son los siguientes:

Arcos macizos.....	0,25 á 0,28
Arcos en celosía.....	0,33 á 0,38

En el caso de los arcos de dos articulaciones, las relaciones son sensiblemente las mismas. En fin, en el caso de los arcos incrustados, la relación económica sería más elevada. El cálculo de un arco de 150 metros de luz ha conducido á M. Waddell á

gitudes, el arco de viga parcial superior recta será un poco más ligero que los otros.

5.º La comparación de los arcos de tres articulaciones, de dos articulaciones é incrustados, muestra que el arco de tres articulaciones es un poco más pesado que el de dos articulaciones, pero casi más ligero que el incrustado. Las diferencias de peso entre los tres tipos no son, sin embargo, nunca considerables.

6.º La constitución de un arco de tres rótulas para el peso muerto y de dos rótulas para las cargas móviles no produce más que una pequeña economía con relación al tipo enteramente de tres rótulas, pero aumenta la rigidez de la obra. También mister Waddell recomienda este sistema de construcción.

7.º Cuando un arco está flanqueado por tramos que no deben estar constituidos por arcos, hay en general una pequeña economía en continuar exteriormente los arcos por ménsulas para cubrir por cantileveres los tramos adyacentes y para reducir la longitud de las vigas correspondientes. La mejor proporción para la división de la luz lateral que hay que franquear es de 0,4 para la ménsula y de 0,6 para la viga.

8.º En fin, M. Waddell ha comparado los pesos de los arcos y de las vigas, tanto para los puentes carreteros como para los de ferrocarril. La economía, en cuanto al peso del metal, está á

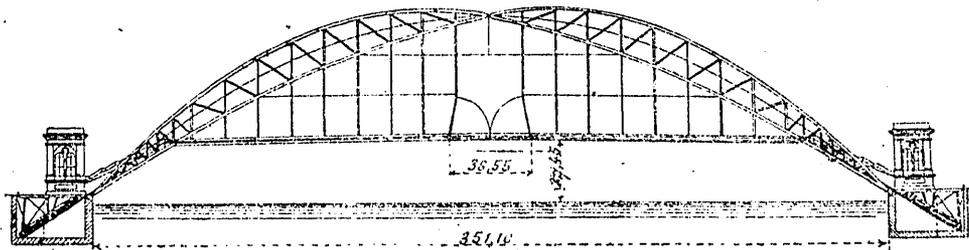


Fig. 1.ª

admitir los valores 0,28, 0,33 y 0,38, según que el tablero es inferior, intermedio ó superior.

2.º La cuestión de la altura más económica que ha de darse á las vigas parciales no se plantea en el caso de los arcos macizos, porque debe resolverse por la consideración de la resistencia á la compresión.

En el caso de los arcos en celosía, articulados ó no articulados, el espesor total económico que ha de darse al arco es próximamente el 7,5 por 100 de la longitud. La mejor forma para los arcos de dos articulaciones es aquella en la cual la altura crece regularmente de los arranques á la clave, es también la más estética; pero no habría una gran diferencia de peso con el arco de altura constante. La mejor forma para un arco incrustado consiste en dar á la clave un espesor igual, próximamente, á la mitad del espesor en los arranques.

3.º La mejor posición que puede darse á la rótula en los arcos de una articulación, cuando la viga parcial superior es recta, consiste en colocarla en esta viga. En el caso de los arcos macizos ó en celosía, la articulación debe estar á media altura, de manera de distribuir favorablemente el empuje sobre las dos vigas parciales.

4.º Si se comparan los tres principales tipos de puentes de arco, arcos macizos, en celosía y de viga parcial superior recta, consta que el primer tipo es mucho más pesado y, en las actuales circunstancias, también más caro.

El arco de viga parcial superior recta lleva, para las grandes longitudes, un poco más metal que el arco simple en celosía, pero en el caso en que se adopte para este tipo el montaje al aire, esta diferencia está contrarrestada por la economía de metal en la construcción de los andamiajes. Para las pequeñas lon-

gitudes, pero es mucho más sensible en el caso de los puentes carreteros que en el de los puentes de ferrocarril de la misma longitud. Por otra parte, cuanto mayor es la longitud, más importante es la economía. Es de notar, sin embargo, que en el caso del arco, el peso del metal no es lo único que hay que considerar, porque siendo la construcción más complicada, el precio unitario del metal es más elevado que en el caso de las vigas rectas y el establecimiento de los andamiajes es también más oneroso.

M. Ch. D., cuyo es el artículo que extractamos y que ha sido publicado en *Le Génie Civil*, dice que la Memoria de

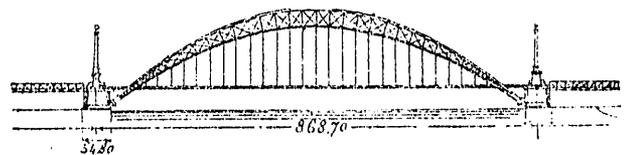


Fig. 2.ª

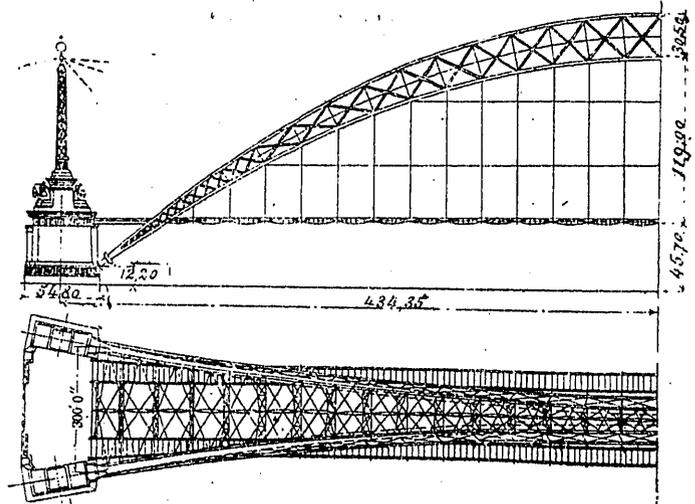
M. Waddell ha dado lugar en la American Society of Civils Engineers á una importante discusión en la cual han tomado parte varios Ingenieros especialistas, entre ellos MM. Paul A. Blackwell, T. Kennard, T. Thomson, Charles Evan Fowler, W. B. Farr, Horatio P. Van Clave y David A. Molitor. En la imposibilidad de reproducir los comentarios y datos nuevos aportados por estos Ingenieros, resumiremos solamente la nota enviada por M. Charles Evan Fowler, á la que acompaña un interesante cuadro que da las características de 100 puentes metálicos en arco.

Características de los puentes metálicos en arco de más de 300 pies (1) de luz, según M. Ch. E. Fowler.

NOMBRE Y LUGAR DE LA OBRA (2)	Longitud en pies.	Flecha en pes.	Relacion.	Relacion.	Posición de ta- blero. (3)	Naturaleza del tráfico. (4)	Número de arti- culaciones.	Fecha de la cons- trucción ó pro- yecto.
	P	F	P F	P F 100				
*Hudson, New-York.....	2.850,0	410,0	6,5	15,5	I	R, C	2	1889
*Quebec, Canadá.....	1.800,0	164,0	11,0	9,1	H	C	1	1910
*Gorth, Escocia.....	1.650,0	330,0	5,0	20,0	I	C	3	1893
*Idem id.....	1.640,0	395,0	4,2	24,0	I	C	0	1830
*Quebec, Canadá.....	1.600,0	320,0	5,0	20,0	I	C	3	1893
*Sydney, Australia.....	1.600,0	320,0	5,0	20,0	I	R	3	1893
*Bosphore, Turquía.....	1.240,0	24,0	5,2	19,3	I	C	3	1893
*Tami-e, Londres.....	1.152,0	270,0	4,3	23,5	I	R	3	1892
Hell Gate, New York.....	977,5	220,0	4,4	22,5	I	C	2	916
*Idem id.....	977,5	235,0	4,2	24,0	H	C	2	1905
*Kentucky River.....	861,0	162,5	5,3	18,8	H	R	2	1907
*Harlem River, New-York.	850,0	130,0	6,5	15,3	H	R	3	1907
Niagara, idem.....	840,0	150,0	5,6	17,8	H	R	2	1898
*Idem id.....	840,0	110,0	7,6	13,1	H	R	3	1918
Viar, Francia.....	722,0	176,2	4,1	24,4	H	C	3	1898
Vilaine, idem.....	626,9	150,0	4,2	23,5	I	R	0	1912
Bonn, Alemania.....	614,0	97,0	6,4	15,8	B	R	2	1899
Dusseldorf, idem.....	594,7	90,5	6,6	15,2	B	R	2	1899
Needles, California.....	592,0	100,0	5,9	17,2	I	R	3	1916
Cleveland, Ohio.....	591,0	144,0	4,1	24,3	2H	R	3	1916
Luis I, Duero, Portugal....	563,0	146,4	4,0	26,0	H	R	0	1886
*Idem id.....	566,0	155,0	3,7	27,4	2H	R	6	1880
*Idem id.....	566,0	155,0	3,7	27,4	2H	R	0	1880
*Idem id.....	566,0	145,0	3,9	25,6	2H	R	2	1880
*Idem id.....	566,0	151,7	3,8	26,6	2H	R	0	1880
St. John, N. B., Canadá....	560,0	60,0	9,3	10,7	H	R	2	1916
*Niagara, M. C. Ry.....	560,0	132,0	4,2	23,5	H	C	3	1918
Mungster, Alemania.....	557,8	241,4	2,3	43,5	H	C	0	1897
Niagara, G. T. Ry.....	550,0	114,0	4,9	20,7	H	C	2	1897
*Washington, New-York....	543,0	90,0	6,0	16,5	H	R	0	1897
Gabarit, Francia.....	541,0	18,5	2,9	34,5	H	C	2	1885
Buckingham, Vt.....	540,0	90,0	6,0	16,7	I	R	3	1905
*Washington, New-York....	540,0	91,0	6,0	16,7	H	R	2	1887
Levensau, Alemania.....	533,0	69,5	7,7	13,0	I	C	2	1882
Song Ma, T. nkin.....	532,7	82,0	6,5	15,4	I	R, C	3	1919
Pia Maria, Duero.....	525,0	139,5	3,8	26,6	H	C	2	1877
Cam-run, Africa.....	523,6	65,6	8,1	12,5	H	R	2	1912
Saint-Louis, Mo.....	520,0	47,5	11,1	9,1	H	R, C	0	1874
Gruenthal, Alemania.....	513,3	77,3	6,7	15,0	I	R, C	2	1842
Washington, New-York....	510,0	91,7	5,6	18,0	H	R	2	1889
Saint Louis, Mo.....	502,0	46,0	11,1	0,1	H	R, C	0	1874
Zambeze, Africa.....	501,0	90,0	5,6	18,0	H	C	2	1905
Paderno, Italia.....	492,0	122,8	4,0	24,9	H	R, C	0	1849
Austerlitz, Paris.....	480,0	65,6	7,0	14,2	I	C	3	1905
*Washington, New-York....	456,0	80,0	5,7	17,5	H	R	0	1887
Minneapolis, Minn.....	456,0	90,0	5,0	19,7	H	R	3	1883
Río Grande, Costa Rica....	448,7	56,0	8,0	12,5	H	C	2	1902
Oackland, Pittsburg.....	440,0	75,0	5,9	17,0	H	R	0	1907
Frazer River, Canadá.....	425,0	90,0	4,7	21,2	H	C	3	1915
Gnese River, New-York....	416,0	67,0	6,2	16,1	H	R	3	1890
Richmond Ind.....	400,0	4,0	10,0	10,0	H	R	3	1886
Mayence Alemania.....	384,0	69,3	5,5	18,1	I	R	2	1914
Worms, idem.....	383,2	57,5	6,8	14,8	B	R	2	1900
Kornhaus, Berna.....	377,0	103,0	3,7	27,4	H	R	0	1898
Schwarzwasser, Berna....	375,0	70,0	5,4	18,1	H	R	0	1882
Vilaine, Francia.....	367,4	12,9	7,5	13,4	B	R	3	1912
St. Snelling, Minn.....	364,0	74,5	4,9	20,5	H	R	3	1896
Segegin, Hangria.....	361,1	28,0	13,2	7,8	H	R	3	1848
Honda, Colombia.....	360,0	52,0	7,0	14,4	H	R, C	3	1884
Panther Hollow, Pittsburg.	360,0	45,0	8,0	12,6	H	R	2	1896
Alexandre III, Paris.....	352,6	20,6	17,0	5,9	H	R	3	1899
Metz, Francia.....	351,0	31,2	11,3	8,9	H	R	2	1878
St. Croix, Minn.....	350,0	124,0	2,8	35,5	H	R	3	1910
Coblentz, Alemania.....	318,0	28,3	2,3	8,1	H	R	2	1879
Worms, idem.....	315,0	36,5	9,1	10,6	B	R	2	1901
Maynce, idem.....	311,0	32,8	10,4	9,3	H	R	2	1903
Crooked River, Ore.....	310,0	60,0	5,7	17,6	H	R	2	1913
HAMILTON, Nueva Zelanda..	310,0	42,0	8,1	12,4	H	R	3	1907
Stony Creek, Canadá.....	337,0	80,5	4,2	23,8	H	R	2	1893
*Mayence, Alemania.....	336,9	32,8	10,2	9,7	H	R	2	1881
*Idem id.....	34,0	32,8	10,2	9,8	H	R	0	1881
*Idem id.....	328,1	32,8	10,0	10,0	H	R	2	1881
Mirabeau, Paris.....	326,0	20,3	16,1	6,3	H	R	3	1896
Coblentz, Alemania.....	316,0	31,5	10,1	9,9	I	C	2	1866
Bonn, idem.....	307,0	31,0	9,9	10,1	H	R	2	1899

M. C. E. Fowler, que ha construido en número bastante grande de arcos en América, muestra que, para salvar un valle ó una depresión cualquiera, la elección de un arco está generalmente impuesta, no sólo por la economía de metal, sino también por la consideración de los cimientos. En seguida compara las proposiciones de M. Waddell con las características de puentes existentes ó proyectados, y con este objeto ha redactado un cuadro de dimensiones de 100 puentes metálicos en arco, de los que damos la mayor parte en el cuadro que acompaña á esta nota. Estas obras están comprendidas entre la luz mínima de 200 pies, próximamente (60 metros), y la longitud máxima de 2.850 pies (868,70 metros), esta última corresponde sólo á un proyecto, siendo el mayor arco construido el de Hell Gate, cuya luz es de 304 metros solamente. Se ve entre las cifras de este cuadro proporciones que presentan las divergencias bastante sensibles con las propuestas por M. Waddell.

M. Fowler recuerda, además, que la elección de la flecha que hay que dar á un arco debe inspirarse en las mismas consideraciones que la elección de la altura que ha de darse á una viga recta, y que se debe tener muy en cuenta los esfuerzos dinámicos debidos á las cargas móviles. Cuanto más considerables son estas cargas mayor debe ser la flecha. Así es que en un anteproyecto se podrá adoptar una flecha igual á la sexta parte de la luz para un puente carretero, pero en el caso de un puente de ferrocarril que debe soportar á pesados trenes, se adoptará como flecha la quinta ó la cuarta parte de la longitud. Estas proporciones serían diferentes á las propuestas por M. Waddell. Pero es á menudo imposible dar al arco la flecha que le aseguraría la rigidez máxima. Como ejemplo de un puente en arco que presenta una flecha insuficiente, cita M. Fowler el puente Alejandro III, en Paris, cuya flecha es solamente el 5.9 por 100 de la longitud y en el cual las cargas dinámicas producirán, según él, vibraciones muy sensibles.



Figs. 3.ª y 4.ª

M. Fowler indica como tipo que debe ser generalmente más económico el puente en arco de tres articulaciones, parabólico, en celosía.

La figura 1.ª representa un ejemplo de este tipo, aplicado á un proyecto de puente sobre el Tamesis, propuesto en 1892 por M. Max am Ende. Una parte del tablero de esta obra debía levantarse para dejar paso á los barcos cuyos mástiles ó chimeneas no podrían pasar por la altura libre normal de 27 metros. Este mismo Ingeniero es el que ha estudiado el proyecto de puente sobre el Hudson, en Nueva York, citado en primer lugar en el cuadro de M. Fowler. Esta obra (figuras 2.ª á 4.ª) que tendría 2.850 pies (868,70 metros) de luz, estaría constituido por un arco de dos articulaciones, en celosía, teniendo una flecha de 440 pies (134,10 metros), ó sea el 15,5 por 100 solamente de la longitud. La altura del arco en su vértice sería de 100 pies (30,48 metros), ó sea el 3.5 por 100 de la longitud, en lugar del 7,5 por 100 recomendado por M. Waddell.

Una variante de este proyecto, concluye el autor del artículo, consiste en un puente en el cual el arco está invertido y que resiste como un puente suspendido, teniendo el arco en celosía la forma de una cadeneta, aproximadamente.

La construcción de una obra de esta naturaleza constituirá una enseñanza muy interesante y un progreso considerable con relación á las obras existentes en la actualidad.

(1) Se trata del pie inglés, que vale 0,3048 metros.
 (2) El signo * indica los puentes que sólo han sido proyectados.
 (3) H, puentes de tablero superior; B, puentes de tablero inferior; I, puentes de tablero intermedio.
 (4) R, puentes carreteros; C, puentes de ferrocarril.