

## PUENTE DEL FORTH

---

Nos proponemos dar á nuestros lectores, en el presente artículo, una sucinta idea del gigantesco puente construido sobre el golfo de Forth, cerca de Edimburgo, que ha llamado tan poderosamente la atención del mundo científico durante el curso de su interesante construcción, y que bien puede asegurarse ha colocado el nombre de su autor, Mr. B. Baker, á la envidiable altura de los Brunel y de los Stephenson.

El puente está emplazado á unos 12 kilómetros al Oeste de Edimburgo y tiene por objeto establecer la continuidad en la vía férrea que desde este punto se dirige al Norte de Escocia suprimiendo los traspados en el golfo que durante algún tiempo se han verificado por medio de barcas. Este puente, junto con el que salva el golfo de Tay (véase la fig. 1.<sup>a</sup>) permite enlazar directamente á Edimburgo y el Norte de Inglaterra con Dundee y Aberdeen, evitando el rodeo de 45 kilómetros que supondría contornear los golfos por Stirling y Perth.

No es de extrañar, tratándose de introducir un acortamiento, siquiera sea pequeño, en un país como Inglaterra, que tan clara conciencia tiene de lo que vale el tiempo, que no se retrocediera desde un principio ante los enormes gastos y magnitud de la empresa de establecer un puente sobre el golfo en las inmediaciones de Edimburgo, y que por el contrario, arraigara esta idea hasta el punto de convertirse en una aspiración constante, como lo prueba las diferentes tentativas llevadas á cabo en diversas épocas.

En 1865 la compañía del North British Rail-way, obtuvo la primera concesión para construir un puente sobre el Forth á unos 8 kilómetros al Este de Queensferry, en donde el golfo ofrece un ancho mucho más considerable que el que se ha salvado posteriormente con el emplazamiento definitivo. Fué encargado de la redacción del proyecto Sir Thomas Bauch, el desgraciado autor del puente del Tay.

Constaba el puente de cuatro grandes tramos de 152 metros de luz, que junto con otros de menor importancia sumaban la longitud extraordinaria de 3.500 metros.

Los sondeos mostraron que la capa de fango que recubría el fondo del canal contaba unos 36 metros de profundidad, lo que dificultaba extraordinariamente las fundaciones de los apoyos, y fué causa de que se abandonara definitivamente el proyecto en 1867 después de haberse empezado la construcción.

Por el mismo tiempo se renunciaba la concesión alcanzada para cons-

truir el puente del Tay, cuya posterior historia y desgraciada suerte son de todos conocidas.

En 1873 apareció un nuevo proyecto del mismo autor, que mereció la aprobación del parlamento, y que á no dudar sería el que se hubiese llevado á la práctica si el famoso accidente del Tay no hubiese venido á infundir muy justos temores, obligando á suspender los trabajos para revisar detenidamente las condiciones del proyecto.

Consistía éste en un atrevido puente colgado, rígido, de dos claros de 488 metros cada uno, con torres de 167 de altura sobre la marea alta destinadas á soportar los cables de suspensión. La torre central contaba 152 metros de ancho y las dos vías se hallaban separadas 30 metros de eje á eje para permitir el establecimiento de un fuerte arriostrado horizontal entre los dos tableros.

Se estimaba la acción del viento en 50 kilogramos por metro cuadrado y se suponía una carga móvil de 600 toneladas.

La contrata se adjudicó á Mrs. Arrol y Vickers por la suma de 28.900.000 pesetas.

Suspendidos los trabajos por la causa antes indicada, se nombró una comisión compuesta de los Ingenieros Mrs. Harrison, Barlow y Sir John Fowler, con objeto de que estudiaran la estabilidad probable del puente de Bauch y propusieran las modificaciones que fuera necesario introducir en él.

En el informe emitido por los citados Ingenieros se puso de manifiesto la necesidad de modificar de un modo radical, en lo sucesivo, las ideas universalmente admitidas acerca de la presión del viento, debiendo elevarse la cifra de **50** kilogramos por metro cuadrado antes aplicada, á la de **273**, es decir, unas 5,5 veces mayor.—Propúsose al mismo tiempo aumentar la carga móvil de 600 toneladas á 1.600.

El exceso de coste que estos nuevos elementos exigirían se estimó en unos 16.000.000 de pesetas, en vista de lo cual se resolvió abandonar la obra.

Estaban, sin embargo, las Compañías férreas del Norte de Inglaterra demasiado interesadas en asegurar una comunicación directa con el Norte de Escocia, para que desistieran fácilmente de ver realizado su propósito, y decidieron acudir de nuevo á sus Ingenieros para que informaran acerca de la posibilidad de cruzar el golfo *como y donde se pudiera*.

El resultado del informe fué aconsejar á las Compañías la conveniencia de abrir un concurso de proyectos, para el cual fijaban las condiciones, partiendo de la base de que el emplazamiento debía hallarse en Queensferry, donde el canal tiene 1.600 metros de ancho, con la circunstancia muy favorable de encontrarse en el centro la isla de Inch-Garvie, que divide aquél en dos brazos de 500 metros próximamente.

Este emplazamiento, en realidad, venía á ser el único aceptable, pues el golfo se ensancha considerablemente á derecha é izquierda de Queensferry para no ofrecer estrechamiento notable hasta muy cerca de Stirling.

Las condiciones del concurso eran las siguientes:

Proyectar un puente rígido para ferrocarril de doble vía que pudiera:

1.º Soportar dos trenes de una tonelada de peso por pie lineal, ó sean 3.328 kilogramos por metro corriente, colocados uno sobre cada vía y de longitud ilimitada.

2.º Soportar sobre cada vía un tren formado con dos locomotoras con sus tenders, de 71 toneladas, á la cabeza y 60 vagones para carbón de 15 toneladas cada uno.

3.º Permitir el paso de trenes exprés marchando á la velocidad de 100 kilómetros por hora.

4.º Resistir á los más fuertes temporales, lo mismo durante el montaje que después de su terminación, admitiendo que la presión ejercida por el viento fuera de 56 libras por pie cuadrado (273 kilogramos por metro cuadrado próximamente).

5.º Dejar libres bajo el puente una altura y un ancho tales, que en las mareas más altas, los mayores navíos de vela pudieran pasar fácilmente sin necesidad de verificar maniobra alguna preparatoria.

Y 6.º Una vez cumplidas todas estas condiciones, no debía trabajar el acero (metal del que se compondría el puente) á más de 10,5 kilogramos por milímetro cuadrado en ningún punto de la construcción.

Cuatro fueron los proyectos que se presentaron al concurso. Tres de ellos pertenecían al tipo de puentes colgados, en que los cables estaban constituidos por fuertes vigas, trianguladas y arriostradas convenientemente.

El cuarto proyecto, presentado por sir Jhon Fowler y Benjamín Baker, que fué el adoptado, y del que pretendemos hacer un ligero bosquejo, era un puente grúa.

Sabido es que se conoce con este nombre (en inglés Cantilever system) aquellos puentes en que los apoyos intermedios van ensanchando hacia su parte superior en sentido longitudinal del puente y á uno y á otro lado de su eje de simetría, constituyendo un todo perfectamente equilibrado, y asemejándose en su conjunto á dos grúas adosadas ó grandes ménsulas sobre las que vienen á descansar los tramos contiguos, que no necesitan de este modo tener toda la luz que en realidad se salva. Este sistema ofrece grandes ventajas cuando se trata de salvar luces considerables, es decir, cuando el peso propio del puente se convierte en el factor imperante, pues entonces permite realizar un *minimum* de materia. Así se comprende cuán acertados estuvieron los autores del proyecto al proponer un puente de este

sistema para el paso del Forth, en donde era necesario emplear tramos de una longitud mayor que la del mayor tramo conocido.

En el siguiente cuadro, que indica las luces principales de algunos grandes puentes, podrá comprobarse lo que decimos.

| Nombre del puente.              | Luz<br>de su mayor tramo.<br>Metros. |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Forth (puente grúa). . . . .    | 521                                  |
| Brooklyn (id. colgado). . . . . | 488                                  |
| Niágara (id. colgado). . . . .  | 250                                  |
| Sukkur (id. grúa). . . . .      | 250                                  |
| Manangahlo. . . . .             | 244                                  |
| Clifton (colgado).. . . .       | 214                                  |
| Garabit (de arco). . . . .      | 165                                  |
| Duero (de arco). . . . .        | 160                                  |
| Haarlem (de arco). . . . .      | 155                                  |
| San Luis (de arco). . . . .     | 153                                  |
| Britannia (tubular).. . . .     | 144                                  |

El proyecto fué aprobado por el Parlamento en 1882, dando principio á las obras en los primeros meses del año 1883.

Hora es ya de que entremos en su descripción. Se compone (fig. 2.<sup>a</sup>) de dos viaductos de acceso de 10 y 5 tramos respectivamente, cuyas luces varían de 51,24 metros á 54,60, y del puente grúa propiamente dicho. Este tiene cuatro claros; dos de 520,90 metros y otros dos de 210,35 metros.

La longitud total del puente es de un poco más de milla y media, esto es, 2.468,02 metros, correspondiendo 1.630,10 metros al puente grúa, y el resto de 837,92 metros á los viaductos de orilla. No nos ocuparemos de estos últimos, que nada ofrecen digno de mención, y estudiaremos solo lo que se refiere al primero.

(Se continuará.)

A. F.

MADRID: 1890.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.