

circulación. Sobre este muro hay un parapeto de 1,20 metros de altura (fig. 7.^a).

En fin, el dique está terminado por un morro que tiene por base un bloque de hormigón de 16 metros de diámetro y 9 de altura, sobre el cual se eleva un faro que señala la entrada del puerto.

Muro de muelle.—El muro de muelle, que es en cierto modo la parte verdaderamente útil del puerto de escala, tiene un desarrollo total de 1.571 metros, de los cuales 746 están fundados á 8 metros por debajo del cero, 375 lo están á la cota —9,50 me-

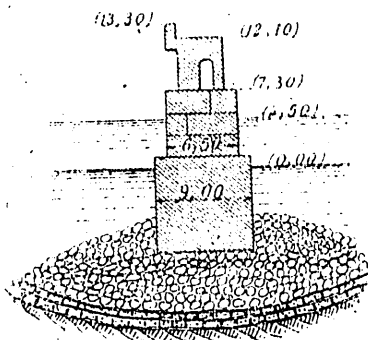


Fig. 8.^a

tros y 450 á la cota —11,50. El intervalo de 74 metros que queda entre la coronación interior de este muro y el paramento exterior del dique se ha rellenado con tierras que constituyen un terraplén, sobre el cual se han establecido las vías, almacenes y cobertizos necesarios para la explotación (fig. 7.^a).

Esclusa marítima.—La esclusa marítima que da acceso al canal que une Brujas al mar está á su vez precedida de un canal, que tiene una longitud de 750 metros y 50 metros de anchura en la superficie. Al atravesar la costa está bordeado de dos diques bajos, contruidos de grandes mampuestos en bruto, cubiertos por un revestimiento de argamasa. Sobre estos diques se elevan unas estacadas de madera que llevan una pasadera.

La longitud total de la esclusa de Zeebrugge es de 282 metros, de los que sólo 158 pertenecen al depósito.

En cada extremo la esclusa está cerrada por una puerta rotante, constituida por una sola hoja, que sirve á la vez de puerta de flujo y de reflujo. La figura 9.^a es una vista del extremo de agua arriba en el momento de la abertura de la puerta y del puente giratorio.

Explotación.—La explotación del puerto de escala de Zee-

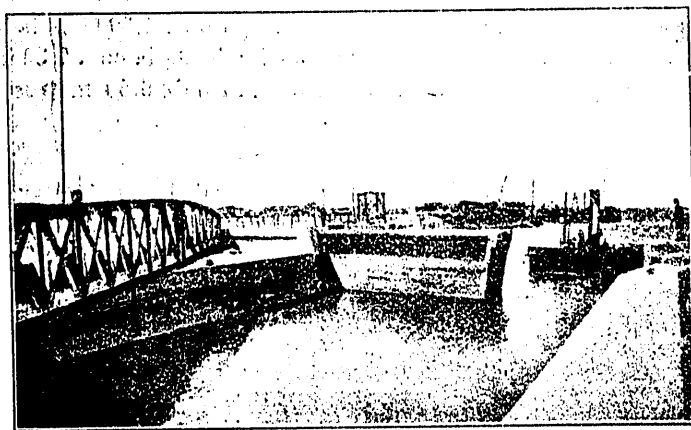


Fig. 9.^a

brugge, del canal marítimo y del puerto de Brujas se hace, como ya hemos dicho, por una Sociedad especial con un capital de 9 millones de francos, designada con el nombre de Compañía de las Instalaciones marítimas de Brujas, á la cual se ha transferido, por setenta y cinco años, la concesión de las instalaciones.

Desde que se han puesto en servicio las instalaciones de Zeebrugge han dado resultados muy interesantes: en 1912 recibie-

ron 1.039 buques, aforando 613.972 toneladas y cargando 690.832 toneladas; el producto de la explotación fué de 418.120 francos.

Desde su ocupación por Alemania en Octubre de 1914, estas instalaciones han servido de base á submarinos y destroyers de esta nación, que han encontrado en ellas condiciones de seguridad particularmente favorables; de aquí la importancia de que este puerto quedase cerrado, y M. Poidloné termina el artículo que extractamos haciendo una narración de las operaciones llevadas á cabo por los ingleses los días 22 y 23 de Abril para obstruir la entrada del puerto que hemos descrito.

Puente levadizo sobre el canal de Trollhattan (Suecia).

La Suecia central está atravesada, como sabemos, por una serie de canales que hace que se comuniquen entre sí los grandes lagos de esta comarca, y que constituyen una vía navegable continua de Estocolmo á Göteborg, poniendo en comunicación el mar Báltico con el Kattegat y el mar del Norte. Esta vía de agua tiene una longitud de 400 kilómetros, pero en realidad no cuenta más que con 100 kilómetros de canales propiamente dichos, constituidos por varios trozos que reúnen los lagos.

El más importante de estos trozos es el canal de Trollhattan, que une esta población con el puerto marítimo de Göteborg. Ha sido transformado de 1909 á 1916, como lo hemos expuesto hace algún tiempo en esta REVISTA, de manera de permitir el paso de los buques de 4 metros y bien pronto de 5 metros de calado y de reducir el número de esclusas; el paso de los saltos de Trollhattan se ha realizado por medio de cuatro esclusas en lugar de una de las dos escalas de ocho ó de once esclusas que debían franquear los barcos.

Esta transformación ha llevado consigo la construcción de un cierto número de obras de arte, la principal de las cuales es el puente levadizo construido hacia el extremo meridional del Wenersee, cerca de Wenersbourg, y que es actualmente la obra de este género más importante de Europa por tener la parte móvil una longitud de 42 metros.

Este puente es el que vamos á describir, extractando para ello el artículo que el Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas M. A. Goupil publica en *Le Génie Civil*.

La obra debía servir para el paso de la vía normal única de Uddevalla á Herrlunga, cuyos carriles no podían elevarse más que 2,25 metros sobre las altas aguas. A causa de las dificultades de las fundaciones que exigían pilotes de gran longitud, sobre todo hacia el Este, el Servicio hidráulico sueco dió la preferencia al puente levadizo sobre el giratorio, y para reducir en lo posible la parte móvil intercaló por el lado oriental un tramo fijo de 10,75 metros, correspondiendo la culata por el lado occidental á una abertura de 11,50 metros; entre el tramo fijo y la culata la parte móvil de 42 metros de longitud corresponde normalmente á una desembocadura del canal de 30 metros (figuras 1.^a y 2.^a; elevación y plano del puente; la 3.^a es un corte transversal de la viga móvil).

A causa de las curvas de enlace que llegan hasta la proximidad inmediata de la obra, que está en alineación recta, el eje de la vía debió desviarse con relación al del brazo móvil 145 milímetros hacia el Sur y de aquí una desviación correspondiente de la ensambladura de los largueros y de las piezas de puente.

Las grandes vigas de la parte móvil tienen una longitud de $1,50 + 6 \times 6,75 = 42$ metros, una separación de 5,35 metros entre los planos medios y 6,70 metros de altura medida á los centros de gravedad de las vigas parciales; éstas han recibido en el montaje una contraflecha de 40 milímetros.

Los largueros, que miden 6,75 metros de largo y 0,90 de alto, están ensamblados, en toda su altura, á las piezas de puente, no han sido, sin embargo, calentadas como piezas incrustadas.

Las vigas parciales, cuyas secciones son de doble $\square$, están

unidas por dos contravientos de los cuales el inferior está unido á los largueros por grandes pernos (figuras 1.^a á 4.^a).

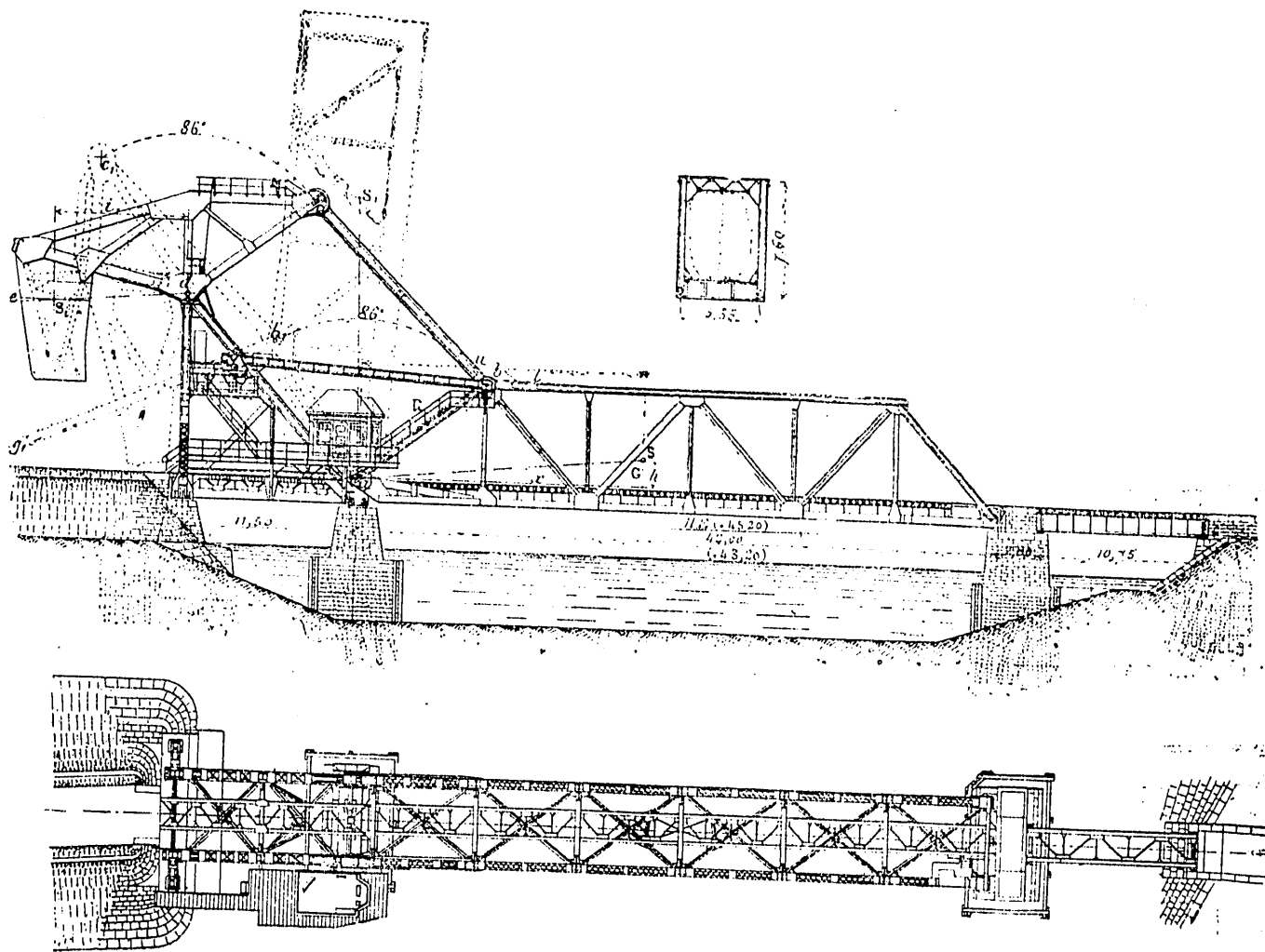
La plataforma de la vía no presenta ninguna particularidad: las traviesas de madera de 2,60 metros de longitud, 22,5 centímetros de escuadría, se han fijado á los largueros por abrazaderas y pernos; llevan directamente los carriles y contracarriles, estando dispuesto en el interior un piso de tablonés. Se reducen así al minimum las superficies sobre las cuales puede actuar el viento ó la nieve.

El movimiento se ha establecido según las disposiciones empleadas en América. El brazo móvil que gira alrededor del eje a está unido á la báscula ó contrapeso cdf por dos barras bc que parten de los primeros nudos b de la viga parcial superior. El con-

viles y también por las acciones del viento. Los esfuerzos se han estudiado en consecuencia para inclinaciones del brazo móvil iguales á 0, 15, 30, 43, 60 y 86°, interviniendo las cargas móviles solamente para cero grados. El esfuerzo S_1 sobre la varilla de ligazón que resulta del peso propio está dado por la ecuación:

$$S_1 = G \frac{R \cos \alpha + u \sin \alpha}{x \cos \alpha - h \sin \alpha},$$

en la cual se ve que S_1 es un máximo para $\alpha = 0$, ó sea al principio de la abertura; el estudio de las derivadas primeras de los otros esfuerzos hace conocer las combinaciones de cargas más desfavorables para las piezas laterales y las vigas parciales.



Figs. 1.^a á 3.^a

trapeso se halla sobre el caballete adf á una altura suficiente para que, en la posición de cierre, quede debajo de él la altura libre deseada para el paso del gálibo.

En la elevación (fig. 1.^a), el trazado de puntos representa la posición de las partes móviles que corresponde á la abertura máxima, ó sea á un ángulo de 86°.

Este sistema móvil asegurará el equilibrio en todas las posiciones de la oscilación, si $abcd$ son los lados de un paralelogramo y si la línea aS que termina en el centro de gravedad S del brazo móvil es paralela á dS , que termina en el centro de gravedad de la parte oscilante.

El peso total de ésta, concentrado en S_1 , estará con el peso total del trazo móvil G en la relación inversa de los brazos de palanca.

Estas condiciones de equilibrio no han podido cumplirse rigurosamente porque las barras bg necesarias para vencer las resistencias al movimiento deben unirse de algún modo al brazo móvil y su peso propio viene á destruir el equilibrio. Los cálculos estáticos se encuentran así complicados; mucho más que para un tablero fijo, por las posiciones diversas de las piezas mó-

No pudiéndose realizar el equilibrio riguroso, se han dispuesto los pesos de las diversas partes y los centros de gravedad de manera que exista estancio el brazo móvil cerrado y, para abrirlo, debe ejercer el motor por el intermedio de la barra motriz un esfuerzo evaluado en 4,5 toneladas. Al fin del movimiento (trazado de puntos), la barra motriz debe todavía ejercer una tracción que llega á 3,5 toneladas. Estas condiciones son favorables á la seguridad del cierre, independientemente del sistema de cerrojos que está dispuesto en cada cojinete por medio de la viga parcial inferior, donde un orificio recibe el extremo cónico de un cerrojo movido eléctricamente, ó por un torno á mano; el primer objeto de la disposición de enganche es solidarizar la posición de las señales de la vía con la del brazo móvil.

En medio de la última pieza de puente hay fijado un tope neumático que amortigua el final del movimiento. La varilla del émbolo está terminada en una cabeza redondeada que viene á colocarse sobre una placa de palastro incrustada en la pila (figuras 5.^a y 6.^a).

El contrapeso consiste en un bloque de hormigón á la dosificación 1 : 3 : 5, armado con hierros redondos de 13 milímetros y

con carriles. Se ha construido sobre un andamiaje de hierro, detrás del tablero levantado á toda altura y el andamiaje se quitó después de fraguar el mortero y de estar colocadas las barras *bc*.

Dos motores de 42 caballos cada uno, para corriente alterna de 380 voltios, 25 períodos y 735 vueltas por minuto, con una transmisión en la relación de 1 : 73, mueven los árboles de los dos piñones que gobiernan las barras motrices; la maniobra del brazo móvil se hace en noventa segundos, de los que diecisiete corresponden al cierre y á la preparación.

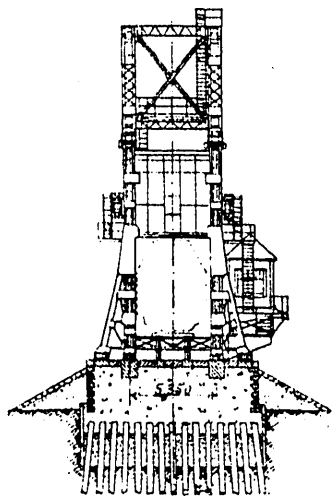


Fig. 4.ª

Cuando la presión del viento no es más que de 15 kilogramos por metro, las máquinas obran en marcha normal; con 50 kilogramos por metro cuadrado tienen un 60 por 100 de sobrecarga y de 100 por 100 con 75 kilogramos por metro cuadrado, sin que el recalentamiento venga á ser exagerado. Cada motor está provisto de un freno magnético.

Sobre el primer árbol intermedio está montado un mecanis-

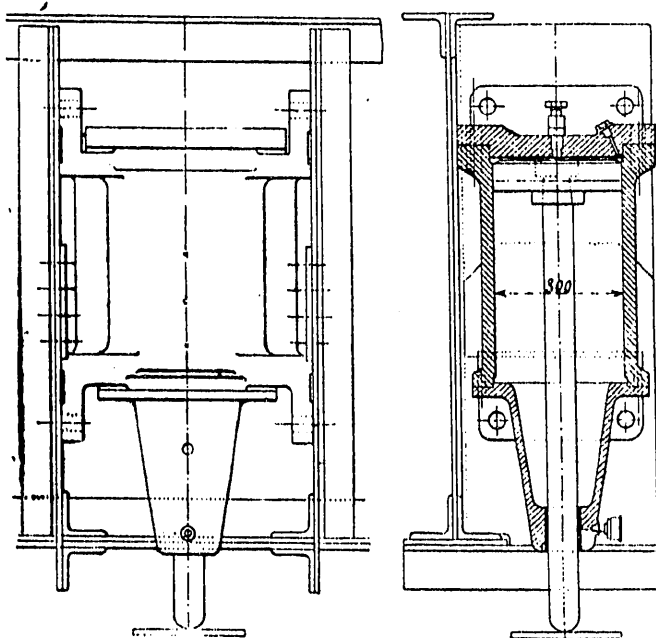


Fig. 5.ª

Fig. 6.ª

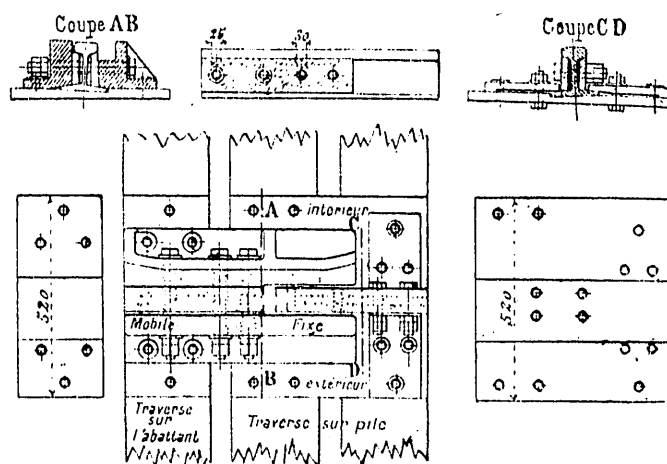
mo á brazo que permite á cuatro hombres maniobrar el tablero en noventa minutos. Las figuras 7.ª á 12 muestran la disposición de la junta de los carriles en el extremo del brazo móvil.

Los gobiernos están agrupados en la cabina establecida á la derecha del caballete de oscilación sobre la pila occidental. El cuadro está dispuesto de modo que el guarda del puente vea sin moverse todas las partes móviles de la obra.

El autor señala á continuación algunas particularidades en los cálculos de resistencia del proyecto. Los pesos propios calculados exactamente se han aumentado en un 20 por 100 en el cálculo de los esfuerzos, para tener en cuenta las sacudidas producidas en el curso del movimiento. El tren de prueba reglamentario comprende una locomotora I. D. con ejes de 13 y 18 toneladas, después un tender y vehículos de ejes de 16 y 17 toneladas.

Cuando los esfuerzos propios producidos por los pesos propios y las cargas móviles eran en sentidos contrarios, los primeros no se han contado más que á razón de 80 por 100.

Las cargas se han aumentado con coeficientes dinámicos que varían de 1,75 para una extensión de aplicación de un metro á 1,27 para una extensión de 45 metros. Para las piezas de puente la extensión de aplicación se ha contado en dos longitudes de



Figs. 7.ª á 12.

cuadro. Se ha tenido en cuenta la fuerza centrífuga á razón de 30 kilómetros por hora. La adherencia debida al enfrenamiento se ha contado á razón de 0,10 y la adherencia á los pernos de las articulaciones á razón de 0,15.

Las especificaciones para la resistencia á la tracción y al alargamiento eran más severas que en Alemania:

	Resistencia en kilogramos por milímetro cuadrado.	Alargamiento por 100.
Palastros, hierros planos, abrazaderas y barras.....	39 á 45	20
Roblones.....	32 á 38	28
Acero colado ..	45	15

El estudio de los proyectos de detalle y los trabajos se han confiado á las Casas alemanas Gollnow é Hijo, de Stettin, Siemens y Schuckert, de Siemenstadt. La obra completa ha empleado 364 toneladas de metal, de las que 165,4 han correspondido al brazo móvil y 16 á la armadura del contrapeso.

La armadura del brazo móvil se han ensamblado en la posición de cierre; es de notar que en América estos tableros móviles se ensamblan con frecuencia en la posición levantada, lo que simplifica los andamiajes, lleva el contrapeso á su posición más baja y conserva, en el curso de las obras, un paso para la navegación.

Concluye M. Goupil diciendo que esta importante obra constituye una solución de los puentes levadizos, interesante por algunas disposiciones originales y que merece ser estudiada por los constructores franceses que tendrán, en un porvenir próximo, que reaccionar contra el disfavor que sufren en Francia, sin duda por consideraciones estéticas injustificadas. En muchos casos, estas obras permitirán resolver con sencillez y sin gastos exagerados los problemas complejos que plantea el servicio por vías férreas de los puertos fluviales y marítimos.