

y al fin de su contracción térmica y alargamiento elástico á las

$$T_i = pa_i : l_i = a_i \left( e^{\frac{d}{2a_i}} - e^{-\frac{d}{2a_i}} \right) : T_i = T_0 + T'$$

en donde la tensión final  $T_i$  es igual á la inicial  $T_0$ , más la producida por el alargamiento elástico. La variación de longitud entre la catenaria final y la inicial es igual al acortamiento producido por la contracción térmica menos el alargamiento producido por el aumento de tensión; luego

$$l_0 - l_i = \lambda_t - \lambda_e$$

ó sea:

$$l_0 - a_i \left( e^{\frac{d}{2a_i}} - e^{-\frac{d}{2a_i}} \right) = kl_0(t_0 - t_i) - (T_i - T_0) \frac{l_0}{A_1 E}$$

que atendiendo al valor de  $T_i$  antes mencionado, resulta:

$$(41) \quad a_i \left( e^{\frac{d}{2a_i}} - e^{-\frac{d}{2a_i}} \right) - pa_i \frac{l_0}{A_1 E} = l_0 - kl_0(t_0 - t_i) - T_0 \frac{l_0}{A_1 E}$$

de aquí puede hallarse ya el valor de  $a_i$ , que resuelve el problema; pero como en el caso de una catenaria de poca flecha, del que ahora se trata, el valor de  $a_i$  es muy grande, puede fácilmente hallarse una primera aproximación, ya muy aproximada, desarrollando en serie, lo que da:

$$a_i \left[ 2 \frac{d}{2a_i} + 2 \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} \left( \frac{d}{2a_i} \right)^2 + \dots \right] - pa_i \frac{l_0}{A_1 E} = l_0 - kl_0(t_0 - t_i) - T_0 \frac{l_0}{A_1 E}$$

que limitada al primer término da:

$$(42) \quad a_i = \frac{d - l_0 \left[ 1 - k(t_0 - t_i) - \frac{T_0}{A_1 E} \right]}{pl_0} A_1 E$$

y también se puede hallar la tensión final  $T_i$  de la anterior, que da:

$$(43) \quad pa_i = T_i = \left[ \frac{d}{l_0} - 1 + k(t_0 - t_i) \right] A_1 E + T_0$$

teniendo en cuenta las relaciones (34) y (35) resulta:

$$\frac{l_0 - d}{d} = \frac{1}{24} \frac{d^2}{a_0^2}$$

y como la diferencia entre  $d$  y  $l_0$  es muy pequeña, con pequeño error se podrá sustituir en el valor de  $T_i$  la cantidad

$$\frac{d}{l_0} - 1 \text{ ó sea } \frac{d - l_0}{l_0} \text{ por } \frac{d - l_0}{d} = -\frac{1}{24} \left( \frac{d}{a_0} \right)^2$$

que da para la tensión buscada:

$$(44) \quad T_i = T_0 + \left[ k(t_0 - t_i) - \frac{1}{24} \left( \frac{d}{a_0} \right)^2 \right] A_1 E$$

con lo que queda resuelto el problema.

Aplicándolo, para que sirva de ejemplo, á un cable de alambre de cobre de 10 milímetros de diámetro sostenido por postes á 30 metros de separación y colocado con una flecha de 0<sup>m</sup>,20, con lo que quedará con una tensión de 394 kilogramos, ó sean de 5 kilogramos por milímetro cuadrado de sección, si se supone colocado en estas condiciones un día de verano en que la temperatura al sol sea de 30°, cosa que no tiene nada de exagerada, al llegar un día de invierno á 0°, quedará el cable sometido á una tracción de 794 kilogramos, ó sea más de 10 kilogramos por milímetro cuadrado, más del doble de la inicial, y que teniendo en cuenta el aumento que todavía introducirán las oscilaciones debidas al viento y á los troles de los carruajes que circulen, explican bien que dicho cable, encontrándose en condiciones de resistencia muy precarias, llegue á romperse por pequeños defectos ó algún punto débil que presente y que sin aquéllas no habrían determinado la ruptura. Se impone, pues, como medida de seguridad, colocar los cables todos, y especialmente los conductores eléctricos, con una flecha suficiente para no desarrollar en ellos tensiones demasiado elevadas y dársela mayor en verano á fin de impedir aumentos de tensión en los mismos, que por el ejemplo acabado de mencionar pueden fácilmente elevarse del simple al doble.

El resumen de las fórmulas generales y las particulares antes tratadas, y la pequeña tabla puesta á continuación, podrán ser de alguna utilidad en los cálculos referentes á problemas de esta naturaleza.

(Concluirá.)

## LOS PUERTOS DE HAMBURGO, AMBERES

Y VARIOS OTROS DE EUROPA

POR EL INGENIERO GUIDO JACOBACCI

(CONTINUACIÓN)

### PUERTO DE AMBERES

La oportunidad de esta sencilla é ingeniosa disposición debida á la clara inteligencia del Sr. G. Royers, Ingeniero Jefe de la Oficina Técnica Municipal de Amberes, resultó comprobada por todas las modificaciones que fué posible introducir en la distribución de los galpones, sin alterar el concepto fundamental de la organización y adaptándose á las circunstancias continuamente variables, con resultados siempre buenos y á completa satisfacción de los interesados.

El sistema estudiado se prestó con la mayor facilidad aun para cambios que no estaban previstos ni podían preverse. Así, por ejemplo, cuando por el mayor largo que fueron adquiriendo los vagones se creyó necesario sustituir trasladores á las vías férreas transversales, el cambio se hizo simplemente suprimiendo un galpón elemental, es decir, dejando dos zonas libres en lugar de una entre dos galpones sucesivos.

Como son fáciles las modificaciones en sentido paralelo al muelle, igualmente lo son en sentido perpendicular. En efecto, cada galpón elemental está formado por una serie de armaduras paralelas al muelle, á distancia de 3,50 metros una de otra y sostenidas cada 10,50 metros (tres espacios) por columnas. Así, el largo de los galpones elementales es

indeterminado, y una vez construídos es fácil alargarlos ó acortarlos según las necesidades, poniendo ó quitando tramos de 10,50 metros y aun de 3,50 metros.

La utilidad de esto resultó evidente especialmente para las vías férreas al lado del agua. En la época de la construcción, dadas las costumbres locales y la escasez relativa del transbordo directo, se colocó allí una sola vía férrea; cuando el movimiento requirió un mayor número de vías, éstas pudieron con toda facilidad colocarse, quitando algunas armaduras del galpón y aumentando la zona libre sobre el agua.

Las grúas puestas en servicio en estos muelles son de fuerza hidráulica, como todas las demás del puerto, y están armadas en pórtico para una sola vía, tipo que se ha considerado suficiente, dada la ausencia de cambios en las vías férreas. Entre ellas no hay grúas especiales para bultos de gran peso, siendo su poder de 1.500 kilogramos, salvo algunas que alcanzan á 2.000. Todas son de pistón diferencial para mitad carga y carga completa. Para no dar excesiva altura á los aparatos, los cilindros se han colocado en el pie derecho exterior del pórtico. El radio de las grúas es de 11,30 metros y la polea de suspensión se halla á 14 metros sobre el piso del muelle.

El ancho de los muelles varía entre 90 y 100 metros, de los que 73 á 80 están ocupados por las instalaciones del puerto, quedando destinado lo demás á calle pública. La separación entre las dos partes está hecha por medio de una verja de hierro de 2.40 metros de alto, subdividida en tramos de 4 metros, siguiéndose también en este detalle el criterio de las zonas elementales. En correspondencia de los espacios libres entre los galpones se han dejado puertas para la entrada de los peatones y carros y se han colocado pasos adoquinados sobre las vías férreas. Las puertas están constantemente vigiladas y se cierran en las horas ó días de descanso.

También hay vigilancia en el interior de los muelles por parte de agentes del puerto y de la aduana, pues los galpones están totalmente abiertos. Para facilitar la vigilancia, existen bajo los tinglados espacios cerrados con rejas (*enclos de douane*), donde la aduana guarda las mercaderías valiosas ó las que consistiendo en bultos pequeños pueden con mayor facilidad ser sustraídas.

#### Nuevos muelles del Escalda.

Debido al constante incremento del tráfico del puerto, el Gobierno belga, de acuerdo con la ciudad de Amberes, decidió en 1895 la construcción de nuevos muelles sobre el Escalda por un largo de 2.000 metros al Sur de los antiguos. Á ese efecto se abrió un concurso internacional; en el cual los concurrentes debían proponer el tipo de muro y el modo de construcción, fijando los precios y acompañando los cálculos justificativos, sobre las bases especificadas en el pliego de condiciones. Entre los 30 proyectos presentados por varias Empresas, fué elegido uno de la casa Hersent, quien tuvo á su cargo la nueva construcción como ya había tenido la anterior. La altura del muro entre el coronamiento y la cara superior de las fundaciones fué fijada en 14,15 metros, es decir, 0,50 metros menos que en los muros de la sección ya existente, debiendo ser igual para ambas secciones la cota de los muelles. En la parte superior del muro y en todo su largo se hizo correr un túnel de 2 metros de altura, con vereda á 0,50 metros sobre el fondo, para colocar en él las canalizaciones de agua comprimida, gas, etc.

Las construcciones se empezaron en 1898, terminándose cinco años más tarde.

Por lo que se refiere á las disposiciones adoptadas para los servicios, los nuevos muelles pueden dividirse en dos partes distintas: la primera de 700 metros de largo entre los antiguos muros y las fortificaciones, y la segunda de 1.300 metros, fuera de la zona cerrada.

La primera parte no tiene instalaciones uniformes. La ejecución de los nuevos muelles permitió utilizar mejor la parte terminal de los antiguos, y por lo tanto se colocaron allí algunos galpones y vías, siguiendo el sistema ya examinado y ocupando también una pequeña fracción de los nuevos muelles. En el espacio siguiente, hasta el embarcadero frente al Arsenal de Guerra, debido al escaso ancho del muelle no se colocó ningún galpón, limitándose las instalaciones á vías férreas y grúas. Al Sur del embarcadero se colocaron dos galpones aislados para el servicio de las comunicaciones con Inglaterra, vía Harwich, en combinación con el Great Eastern Railway.

En la segunda parte de muelles, de 1.300 metros de largo, pudiéndose disponer de mayor espacio, se variaron notablemente las disposiciones. En la idea de que esa parte habría podido destinarse al servicio de vapores de grandes dimensiones, se subdividió el muelle en secciones de 160 metros de largo, dándose á cada una de éstas una entrada independiente para las vías férreas. Temiéndose que los trasladadores pudieran resultar insuficientes, como ya había sucedido con las mesas giratorias, se proyectaron dichas entradas por medio de vías en S, asignándose de este modo á cada buque un espacio romboidal en vez de rectangular.

Con esta disposición, el antiguo tipo de galpones divididos en secciones rectangulares resultaba inaplicable, y convenía estudiar un tipo de galpón continuo, con apoyos todavía menos frecuentes que en los anteriores, que permitiera fácilmente el paso de las vías férreas de unión. Por otra parte, no existían para ese punto consideraciones de orden decorativo que impusieran el empleo de galpones abiertos y adornados. Entonces se resolvió construir un solo galpón grande de 1.280 metros de largo (8 secciones de 160 metros, completamente cerrado y con techo plano).

La distribución de las vías se hizo en base á las uniones en S ya mencionadas, que dividen el muelle en secciones de 160 metros de largo, dotándose cada sección de sus servicios independientes.

Para completar la descripción de las instalaciones, hay que añadir algunos datos sobre las grúas colocadas en este muelle. Habiendo tres vías en la zona de descarga y estando reunidas por medio de cambios, fué preciso adoptar grúas de medio pórtico, cuyo riel alto se hizo correr á lo largo de la viga longitudinal del galpón en su frente hacia el agua. Las grúas son hidráulicas, como todas las demás en uso en el puerto de Amberes. La extremidad superior de su brazo queda á 14 metros arriba del muelle y su radio de acción alcanza á 12,50 metros. Los cilindros están colocados en el pie derecho de las grúas; los pistones son diferenciales y pueden desarrollar una fuerza de una y de dos toneladas. Por medio de una polea de inversión colocada en el centro del brazo, estos aparatos pueden levantar peso doble á mitad del radio.

Por la descripción de todas estas instalaciones se comprende que su conjunto representa un sistema orgánico y cuidadosamente estudiado. Pero si se le compara con el correspondiente aplicado en los antiguos muelles, se advier-

te en él una cierta rigidez que puede dificultar su adaptación á circunstancias variables, ya por cambios en las dimensiones de los buques, ya por exigencias diferentes en el tráfico terrestre. El nuevo sistema no parece tener la elasticidad del antiguo, que se presta lo más fácilmente á cualquier modificación. Esto quedó comprobado en seguida de abrirse al servicio los nuevos muelles, por una circunstancia que, aun estando relacionada tan sólo con las condiciones marítimas del muelle, llegó á dificultar en modo notable el servicio de las vías férreas.

#### Indicaciones complementarias sobre los muelles del Escalda.

Antes de dar por terminada la descripción de estos muelles, agregaremos algunos datos generales referentes á las vías y grúas y á las estaciones y usinas que las sirven, y se mencionarán además algunos servicios especiales que en ellos se practican.

El desarrollo de las vías férreas en los muelles del Escalda es de 49 kilómetros, correspondiendo 24 á los antiguos y 25 á los nuevos. Exceptuando el muelle del Rhin, que depende de la estación Bassins, el movimiento de estas vías está regulado por las estaciones de Amberes-Sud y Amberes-Kiel.

La primera comprende una importante estación de pasa-

jeros y un servicio para cargas locales y para cargas en tránsito de y para el puerto por medio de carros. Hay en ella un gran galpón de 285 metros por 77, análogo al de la estación Bassins, pero desprovisto de grúas hidráulicas. La estación ocupa una superficie de 30 hectáreas y tiene un desarrollo de 49 kilómetros de vías. De éstos, 15 son para servicios interiores ó para pasajeros y carga, y los demás sirven al tráfico del puerto.

Las vías principales que atraviesan la estación Sud se dirigen al puerto por un extremo, bifurcándose y empalmándose á derecha é izquierda con las vías generales del muelle, y por el otro extremo se dirigen al interior, formando dos líneas distintas hacia Bruxelles y hacia Boom.

Sobre esta última se injerta la estación Amberes-Kiel, la cual fué construída al extenderse los muelles del Escalda. Su construcción se hizo en vía provisional y deberá modificarse en relación con lo hecho en la estación Sud. La estación Kiel quedará entonces destinada principalmente á los trenes en salida. La superficie ocupada por dicha estación es de casi 20 hectáreas, y el desarrollo de las vías de clasificación es de 31 kilómetros. La tracción se hace por gravedad. La estación Kiel está directamente unida con las instalaciones para petróleos, de que se hablará más adelante.

(Continuará.)

## Revista de las principales publicaciones técnicas.

### Nueva esclusa de Meppen, en el canal de Dortmund, en el Ems (Alemania). Disposición para la maniobra de una puerta.

Conocidas son las diversas disposiciones concebidas hasta el día para operar la maniobra de las compuertas y de las puertas de esclusa bajo la acción de la presión producida por un salto de agua en el lugar de estas obras. Alemania tiene de estas disposiciones numerosos ejemplos.

Sobre el canal de Dortmund, en el Ems, y sobre el de la Sprée, en el Oder, el salto de agua se utiliza en accionar turbinas para la creación de una corriente eléctrica, y las compuertas y las puertas se maniobran por electromotores. En las esclusas del canal del Elba, en la Trave, las puertas se ponen en movimiento por una disposición del sistema Holopp, que acumula por el efecto de la presión hidráulica el aire comprimido necesario para su maniobra. En cuanto á las puertas y á las compuertas de las nuevas esclusas del Wéser, su funcionamiento estará asegurado por el juego de unos émbolos á los cuales se enlazarán las puertas y las compuertas por cadenas y por cables, que también se moverán por la fuerza hidráulica debida al desnivel existente entre los dos tramos de agua arriba y agua abajo. Este es el sistema Nyholm.

Todavía existe otra disposición para proceder á la apertura y al cierre de las puertas de esclusa, utilizando el salto de agua de que se dispone; es la que se ha aplicado recientemente en la nueva esclusa para trenes de barcos, establecida en Meppen sobre el canal de Dortmund, en el Ems, y que está basada en el principio de Arquímedes, en virtud del cual todo cuerpo sumergido pierde una parte de su peso igual al del líquido desalojado

La aplicación de este principio que se ha hecho en la esclusa de Meppen se representa esquemáticamente en la figura 1.<sup>a</sup>

Supongamos su cable que pasa por dos poleas de cambio de dirección y que lleva en una de sus extremidades un peso  $Q$ , para ser elevado ó descendido sucesivamente de una altura  $h$ , y en la otra un émbolo sumergido, que se mueve en un pozo que comunica alternativamente con el tramo de agua arriba y agua

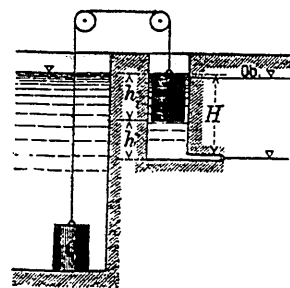


Fig. 1.<sup>a</sup>

abajo. Sea  $P$  el peso de este émbolo sumergido, y admitamos que  $P$  sea igual  $Q + p$ , siendo  $p$ , por otra parte, suficiente para vencer las resistencias de rozamiento. Supongamos, además, que el volumen  $V$  del émbolo sumergido sea igual á  $\frac{2p}{1.000}$ .

Cuando el pozo esté en comunicación con el tramo de agua arriba, se tendrá:

$$P = Q + p - V \times 1.000 = Q - p$$

y el peso  $Q$  permanecerá en la base de su carrera, en virtud del exceso de peso  $p$ .