

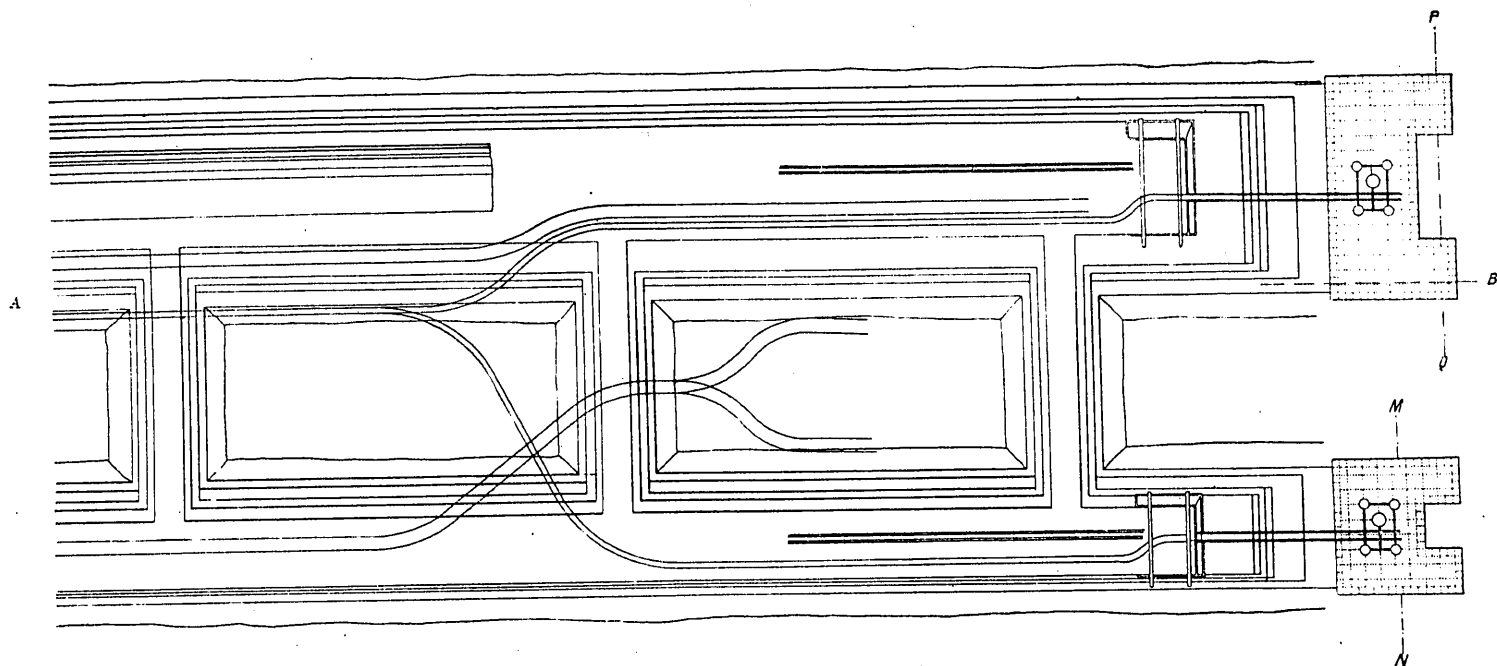
CIMENTACIÓN DEL DIQUE NORTE DEL MUSEL

POR EL AIRE COMPRIMIDO

En las obras del dique Norte del puerto del Musel, que el Estado ejecuta en Gijón, se ha empleado un sistema de cimentación completamente original y digno de ser conocido en España y en el extranjero.

Dicho dique, que con una longitud de 1.050 metros alcanza sondas de más de 15 metros en baja mar equinoccial,

Planta.



es completamente concertado y podrán apreciarse sus dimensiones y disposición en los dibujos que se presentan.

Está formado por dos muros paralelos, *dique* y *muelle*, situados á 40 metros de distancia, que se enlazan por muros transversales de refuerzo, también á 40 metros, formando así una cuadrícula concertada, cuyos huecos se rellenan con pedraplén.

Los muros, dique y muelle están constituidos por un cimiento de hormigón en sacos con cemento portland, sobre el que van asentados sillares artificiales, también de cemento portland, hasta un metro por encima de la baja mar.

Sobre estos sillares se levanta un cuerpo de hormigón en masa, formando parapeto, cuyo paseo se eleva hasta seis metros por encima de la pleamar.

Sobre los sillares del muro muelle se construye un muro de mampostería ordinaria hasta un metro por encima de la pleamar.

Estas últimas partes del cuerpo de la obra son las únicas en las que se admite el cemento de Zumaya.

La colocación de los sacos de dos á cuatro metros cúbicos y de los bloques que tienen un volumen mínimo de 24 metros cúbicos, pero que alcanzan pesos de 60 á 80 toneladas, se efectúa por medio de una grúa titán, representada en la figura, de dimensiones extraordinarias, cuyos carros se apoyan sobre los dos muros.

El hormigón en masa del muro, dique y parapeto y el cuerpo del muro muelle de mampostería hidráulica (que en la práctica se hace de hormigón), se ejecuta por medio de unos encofrados de hierro, que también se ven en la

figura, que permiten avanzar por tramos monolíticos de tres metros, contruídos en una marea.

Pero aunque estos detalles de la obra son muy interesantes y están perfectamente comprendidos, son conocidas sus disposiciones generales, y por ahora nos limitaremos á describir la parte más original de la obra, que consiste en el enrase del cimiento de hormigón en sacos por medio de campanas de aire comprimido, sistema nuevo que se ha imaginado por los inconvenientes y dificultades que presentaba el enrase en dichos sacos por medio de buzos.

Como las dimensiones transversales de los cimientos de los muros, dique y muelle son diferentes, según se aprecia en los planos, las campanas que han de emplearse para su cimentación también son distintas; pero como su disposición y manejo no difieren en nada, sólo necesitaremos describir la *campana grande*, que es la que ejecuta el cimiento del muro dique.

Esta campana es de palastro de acero, formando un cajón completamente estanco, sólidamente armado y arriostrado, en ninguno de cuyos detalles de ejecución nos detenemos porque se pueden deducir de los planos que presentamos.

Sus dimensiones exteriores son $15 \times 6 \times 4 = 360$ metros cúbicos en la parte rectangular, y $2 \times 2,50 \times 4 \times 4 = 80$ ídem en los dos cuerpos salientes, que forman un total de 440 metros cúbicos.

De los dos testeros del cajón, el posterior va rebajado en una altura de un metro y afecta la forma del cimiento sobre que descansa, de modo que hecho el cierre con cemento, según esta línea de contacto, se ejecuta en seco dentro de la campana toda la obra que hay que hacer.

La alimentación de aire se efectúa por un compresor de tres cilindros de simple efecto movido por un electro-motor de 25 caballos, capaz de inyectar cinco metros cúbicos de aire por minuto á tres atmósferas de presión máxima.

La campana lleva cinco chimeneas; cuatro de 0^m,60 de diámetro para el suministro de materiales, y una de 0^m,80 para entrada y salida de operarios, con sus correspon-

dientes esclusas, válvulas y puertas autoclaves convenientemente dispuestas.

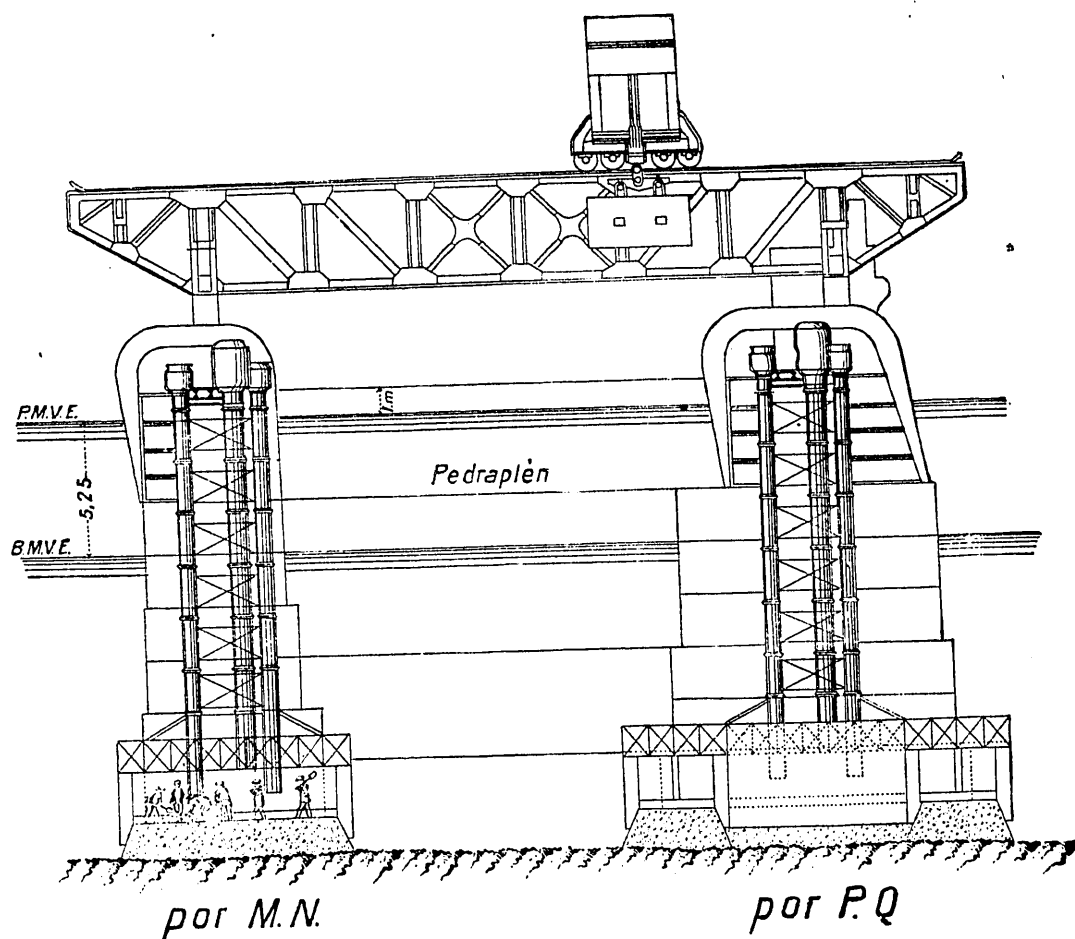
Un ligero puente de servicio comunica la parte superior del grupo de chimeneas con el extremo de la otra ya ejecutada.

El movimiento de avance del cajón se efectúa desde la cámara de trabajo suspendiéndolo ligeramente sobre cuatro gatos hidráulicos que descansan sobre zapatas y carriles de resbalamiento y empujándolo sobre estos carriles por medio de otros dos gatos hidráulicos horizontales.

ca de Mieres, D. Buenaventura Junquera, á cuyo establecimiento industrial se confió el estudio y ejecución de las campanas, habiendo logrado vencer dicho Ingeniero todas las dificultades que parecían ofrecerse, tanto en lo que se refiere á la construcción de los cajones en los talleres de la fábrica de Mieres, como á su manejo submarino y trabajo en las cámaras.

Verdad es que en el dique del puerto de la Pallice, cerca de La Rochelle, se han empleado también para su cimentación unas campanas de aire comprimido (1), pero,

Sección transversal



Naturalmente, durante la operación del avance el agua en la cámara de trabajo se encontrará á la rasante del cimiento, que es la de la pared posterior, y una vez colocado el cajón de manera que las vigas anteriores se apoyen sobre el borde de lo ejecutado el día anterior, se cierra con zumaya la punta ó línea de contacto de la pared posterior con el cimiento, y por medio de la compresión del aire se hace bajar el agua todo lo que permiten las otras paredes, es decir, un metro por debajo del cimiento, que será el espesor del hormigón que pueda ejecutarse en seco.

La parte de cimiento que queda por debajo de este nivel se ejecuta con hormigón en sacos, que se cosen y echan desde la cámara de trabajo, pero siempre se ejecutará en seco, poco menos de un metro de espesor, que es, precisamente, el enrase del cimiento que interesa nivelar con precisión para el asiento perfecto de los sillares artificiales.

Este original sistema de cimentación, que por primera vez se aplica en la construcción de diques marítimos, ha sido imaginado y realizado por el sub-director de la fabri-

ca de Mieres, D. Buenaventura Junquera, á cuyo establecimiento industrial se confió el estudio y ejecución de las campanas, habiendo logrado vencer dicho Ingeniero todas las dificultades que parecían ofrecerse, tanto en lo que se refiere á la construcción de los cajones en los talleres de la fábrica de Mieres, como á su manejo submarino y trabajo en las cámaras.

En la Pallice, y por medio de campanas de $22^m \times 10^m \times 3,80$ (en lugar de $15 \times 8,50 \times 4,00$, que tiene la campana grande del Musel), se construían sobre la roca del cimiento grandes bloques de mampostería con portland de 21×8 de base y de altura variable, pues se iba subiendo poco á poco la campana, hasta que dicho bloque saliera de las bajas mares. Entre estos bloques quedaban huecos de tres metros, que se unían por medio de una bóveda, y sobre el conjunto se edificaba en seco el resto del macizo del dique.

En el Musel se procede de distinta manera. La campana sólo tiene por objeto ejecutar el cimiento de hormigón, convenientemente enrasado, sobre el que han de apoyarse

(1) Se describen estas campanas en el número de Abril de 1890 de la revista *Nouvelles Annales de la construction de Oppermann* y en una nota de los contratistas de aquellas obras MM. Thurniger et Constolle en el número de Noviembre de 1889 *Des Annales des Ponts et Chaussées*.

los bloques concertados que constituyen el macizo del dique.

En la Pallice se traslada el cajón de un bloque á otro del modo siguiente: se quita el lastre y al mismo tiempo se vacía el agua contenida en la cámara de equilibrio, que cae en la de trabajo durante la baja mar.

Cuando sube la marea se eleva el cajón, transformado así en flotador. Una vez en el emplazamiento del bloque siguiente, se vuelve á lastrar con agua y lingotes móviles. Los movimientos verticales, que son necesarios para levantar el cajón á medida que va subiendo la fábrica que se ejecuta dentro de él, se obtienen por medio de 24 gatos de tornillo, movidos á mano, que se apoyan sobre la mampostería hecha y levantan el techo del cajón.

En las campanas del Musel, ya hemos dicho que los movimientos del cajón sólo tienen lugar en el sentido longitudinal del dique por avances diarios de un metro á 1,50 por medio de gatos horizontales movidos á brazo. En el día se ejecuta la parte de cimiento contenida dentro de la campana, y á las ocho horas de terminado este hormigón tiene ya suficiente dureza para resistir el peso correspondiente del cajón y puede efectuarse el corrimiento longitudinal de éste. Quedan, pues, los cajones siempre sumergidos y sólo se mueven horizontalmente sobre el enrase del cimiento por ellos ejecutados.

Aunque el haber resistido sin movimiento las campanas sumergidas los más fuertes temporales del invierno pasado, basta para demostrar sus buenas condiciones de estabilidad, añadiremos sobre esto algunas palabras, y para mayor claridad, presentamos adjunto un croquis acotado de la semi-planta y sección de la campana mayor.

CONDICIONES DE ESTABILIDAD DE LAS CAMPANAS

Su volumen total es de 440 metros cúbicos; está dividido en varios compartimientos, cada uno de los que desempeña distinto fin.

La parte rayada de la figura en el espacio comprendido entre las paredes laterales se rellena de hormigón de portland, que se eleva también por encima del techo, formando así una pared de un espesor mínimo de 0^m,50 que hace completamente estanco el cajón, pues es conocida la impermeabilidad del portland, y contribuye, además, poderosamente á la resistencia de la campana. Estos huecos, rellenos de hormigón, los llamamos *cámara de lastre fijo*, y su volumen es:

$$(0,50 \times 3 \times 50) + (0,375 \times 35 \times 5) + (0,90 \times 14) = 75 + 13 + 16,60 = 104 \text{ metros cúbicos.}$$

Entre los dos techos queda el espacio CC, que se llama *cámara de las-*

tre móvil, destinada á recibir un lastre de agua, cuyo volumen es:

$$(14 \times 5 \times 1,20) + (3 \times 2,50 \times 1,20 \times 2) = 94 + 18 = 112 \text{ metros cúbicos.}$$

El volumen BB es el que ha de ser ocupado por el cimiento. El testero posterior *ad* del cajón va rebajado, como hemos dicho, en un metro para tomar la forma del cimiento.

El piso inferior BB es el que ha de ser ocupado por el cimiento, y tiene un volumen de:

$$5,50 \times 14 \times 1 + 2 \times 2,50 \times 3 \times 1 = 77 + 15 = 92 \text{ metros cúbicos.}$$

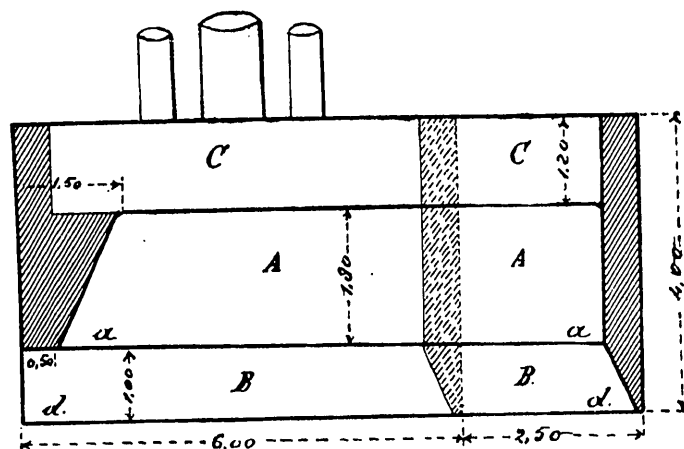
Queda, pues, únicamente libre el espacio AA, que llamamos *cámara de trabajo*, y cuyo volumen será la diferencia de los que hemos ido calculando, es decir:

$$440 - (104 + 112 + 92) = 132 \text{ metros cúbicos.}$$

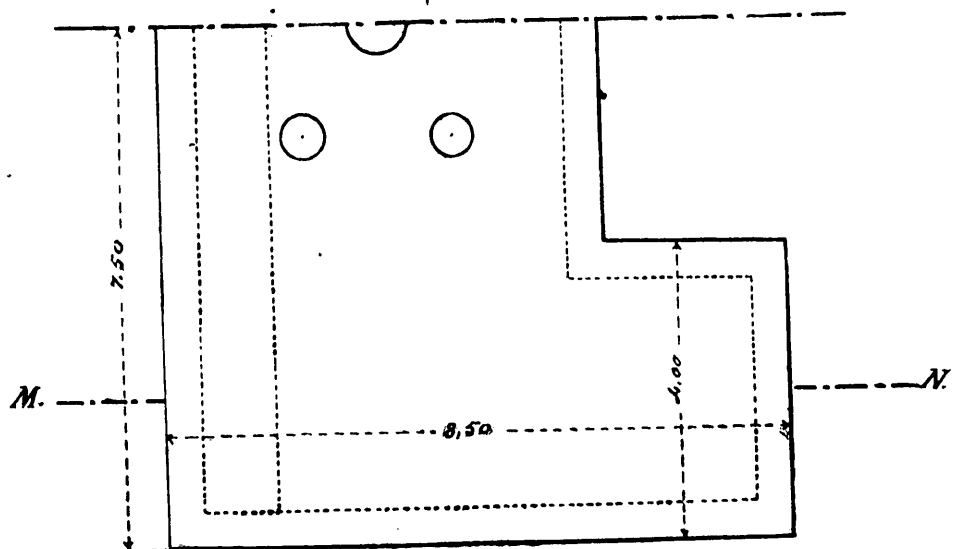
Antes de botar al agua la campana se colocará un falso fondo de palastro, de quita y pon, indicado en aa en el

Campana grande.

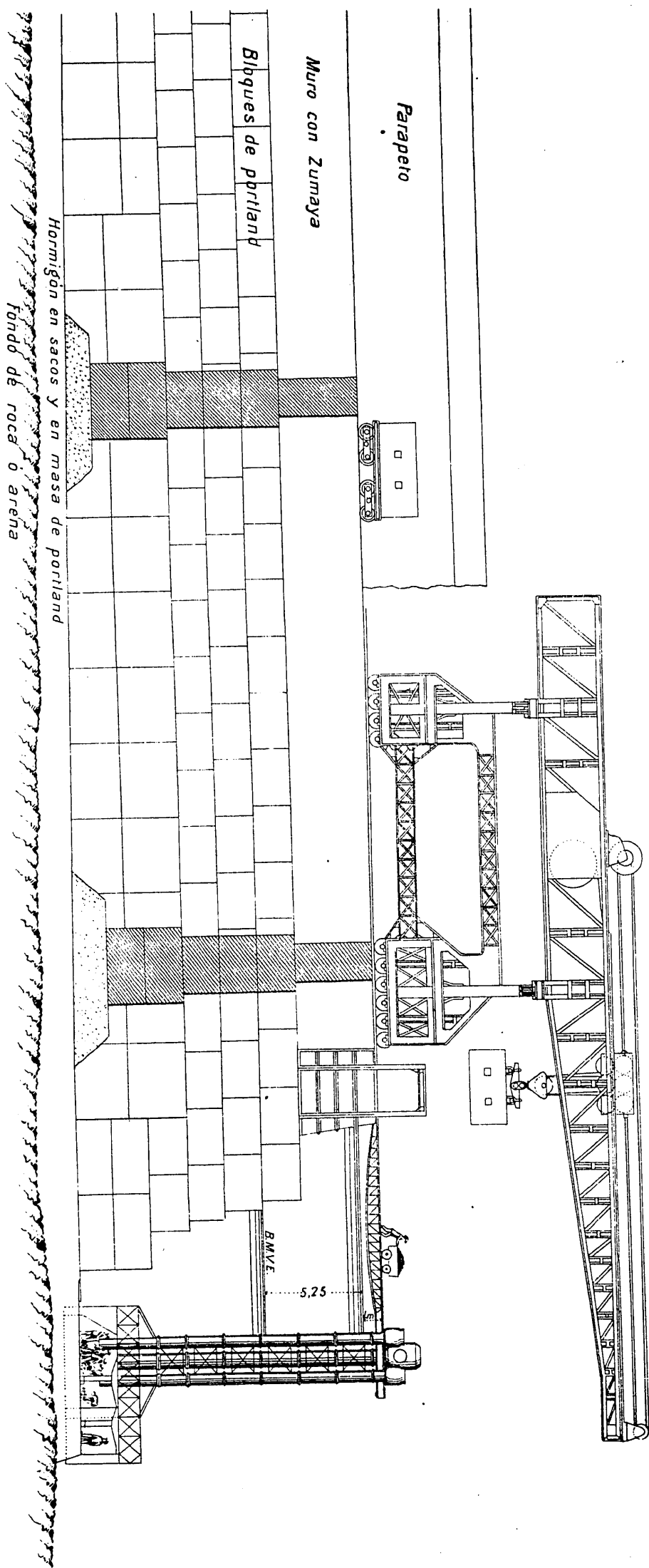
Sección por M.N.



Semi-planta



Escala 1:100



croquis, que al impedir que el agua entre en la cámara de trabajo, aumentará al máximo el desplazamiento de la campana, que será entonces de

$$132 + 112 + 104 = 348 \text{ ms. cúbicos.}$$

Una vez botada al agua se comienza á echar hormigón en la cámara de lastre fijo hasta que quede con una flotabilidad de 20 toneladas, para lo que se ha calculado será necesario llenar el espacio que aparece rayado en la figura. En este estado se la echa á pique, introduciendo los 112 metros cúbicos de agua que caben en la cámara de lastre móvil, y la campana, que antes tenía 20 toneladas de flotabilidad, tendrá á pique un peso que llamo relativo, y que será:

$$112 - 20 = 92 \text{ toneladas.}$$

Si en este momento suponemos que se expulsa el agua de la cámara CC, volvería á quedar con — 20 toneladas; luego si sobre el techo exterior ponemos unos bloques de hierro que pesen

$$20 + 100 = 120 \text{ toneladas,}$$

quedará, estando vacío el espacio CC, con un peso relativo de 100 toneladas, que es la potencia de la grúa titán establecida en el extremo del dique, y que ha de moverla en caso necesario.

Vemos, por lo tanto, que son tres los estados en que la campana puede encontrarse:

1.º Efectuando el avance, el agua estará en el interior á la rasante del cimientó. El peso relativo en este caso, en que debe estar vacía la cámara de lastre móvil, será:

$$92 + 120 - 112 = 100 \text{ toneladas,}$$

pero suficiente para asegurar la estabilidad con mares ordinarios.

2.º Durante el trabajo, la rasante del agua ha de estar al nivel inferior del borde *dd*, y el peso relativo será de

$$100 + 112 - 92 = 120 \text{ toneladas.}$$

3.º Con todos los espacios libres anegados de agua, lo que ocurrirá cuando durante los temporales haya que suspender el trabajo. Su peso relativo será, el primitivo, de 92 toneladas, más el

Sección longitudinal por A B

de la cámara de trabajo llena de agua, más el del lastre exterior, ó sea

$$92 + 132 + 120 = 344 \text{ toneladas.}$$

Para darnos idea ahora de la estabilidad de la campana, consideremos que los pesos de 100 y 120 de toneladas que encontrábamos en el primero y segundo caso para peso relativo, son suficientes, puesto que se supone la mar tranquila. Cuando hay temporal, se llena todo de agua y estamos en el tercer caso, en que hemos deducido un peso de 344 toneladas, y aun cuando entonces su densidad por unidad de desplazamiento sea algo inferior á la de un bloque de hormigón, el peso por metro cuadrado de superficie exterior sobre el que ha de actuar la fuerza del mar, es más del triple del que corresponde al mayor sillar artificial de los que se emplean en la obra, quedando, por tanto, la inmovilidad asegurada aun con los mayores temporales que puedan ocurrir.

Sólo nos resta explicar, brevemente, cómo se efectúa la marcha de los trabajos.

MARCHA DEL TRABAJO EN LAS CAMPANAS

Estando en tierra la campana, se le coloca el falso fondo de que antes hablamos, haciendo impermeable la junta con cemento de portland. Se la bota después al agua y se lastra como antes dijimos. A pique la campana, y completo el lastrado exterior, se retira el falso fondo que cerraba la cámara de trabajo y se procede al enrase perfecto de todo el cimientó que abarca dicha cámara, continuándose por avances sucesivos de 1,50 metros próximamente.

Estas campanas se probaron ya en toda la campaña del verano pasado, y su funcionamiento es perfecto y el trabajo en ellas se efectúa con completa comodidad; se han retirado, para modificar, algunos pequeños detalles y reforzar algunos elementos, pero puede asegurarse, desde ahora, que han de dar un resultado en extremo satisfactorio.

Se ha podido ejecutar un avance al día, y bastan ocho horas para que el hormigón ejecutado con portland adquiera la dureza necesaria para resistir el peso de 100 toneladas que ha de actuar sobre el borde del hormigón ejecutado el día anterior, sometido á una compresión de cuatro kilogramos por centímetro cuadrado (1).

El avance de la campana se efectúa, en la forma que antes indicamos, por medio de dos peones que manejan los dos gatos hidráulicos, operación que se hace en poco más de media hora, quedando libre el espacio que ha de cimentarse, cuyo hormigón se ejecuta fácilmente en unas diez horas de trabajo.

Una vez ejecutados dos ó tres avances de cimientos, que dejen espacio suficiente para colocar por detrás una hilada de bloques, la grúa titán empieza el asiento de éstos hasta salir del agua; después se ejecuta con hormigón de zumaya, en seco, y dentro de unos cajones de hierro sin fondo y de tres paredes (véase la figura) la parte su-

perior del muro, sobre la que puede correrse la titán, avanzando así, simultáneamente, toda la sección de los dos muros del dique.

Este sistema, no sólo ofrece la ventaja de enrasar el cimientó en seco y permite obtener, por lo tanto, un cimientó monolítico que se nivela y replantea con la mayor precisión, con lo que, no sólo gana la obra en seguridad y resistencia, sino en estabilidad y perfecto asiento de los bloques, sino que, además, ofrece la ventaja de su rapidez.

Con el sistema de cimientó de sacos extendidos por los buzos, la más insignificante marejada impide á éstos efectuar su trabajo, y la práctica ha demostrado que escasamente si se encuentran ochenta días al año en que la mar permita bajar á los buzos; como en un día de trabajo y aun empleando los sacos de dos y cuatro metros cúbicos, no pueden los buzos avanzar el cimientó más de un metro, es casi seguro que con este sistema no se hubieran podido ejecutar los 800 metros de dique que faltan en los seis años de plazo que aún quedan.

En cambio, con las campanas es menester que sean los temporales muy duros para impedir el trabajo. Hemos bajado en días de bastante resaca y no ofrece serios inconvenientes la permanencia en las cámaras. Aun suponiendo solamente doscientos días útiles de trabajo, y calculando un avance medio diario de 1^m,20, podrán ejecutarse con las campanas 240 metros de cimientó al año, que es más que suficiente para asegurar la terminación de la obra en el plazo concedido.

Por último, debemos añadir que, no alcanzando estas campanas mayor profundidad de 20 metros de agua, la presión máxima y excepcional á que han de estar sometidos los operarios será de tres atmósferas, que es aceptable.

El trabajo en ellas es cómodo y los obreros prefieren, generalmente, bajar á las campanas, en donde tienen temperatura constante y no muy fría, que trabajar al aire libre.

Las cámaras de trabajo están iluminadas por lámparas eléctricas, y aunque hasta hoy se ejecutaba el hormigón en ellas, se piensa, en lo sucesivo, verter el hormigón, ya hecho, por una de las chimeneas, lo que facilitará aún más el trabajo.

En resumen, este nuevo sistema de ejecución ofrece, para la obra y para el contratista, innegables ventajas; merece ser aplicado en otros muchos casos, y acredita la inteligencia del Ingeniero Sr. Junquera que, como hemos dicho, ha imaginado y llevado á cabo esta original disposición, que demuestra una vez más que los Ingenieros españoles no van á la zaga de los demás países.

J. EUGENIO RIBERA.

REVISTA EXTRANJERA

Leyes de las corrientes eléctricas y su influencia sobre el éter ambiente (1).

Art. IV.—*Campo de dos corrientes rectilíneas indefinidas no paralelas.*

Sean c y c' (fig. 7) dos corrientes de posición, dirección é intensidad cualesquiera, y m un punto del espacio. Tracemos por

(1) Véase el número anterior.

(1) A este propósito debemos hacer constar un hecho curioso. Creíamos al principio que para poder efectuar estos avances diarios sería necesario emplear cementos rápidos de zumaya, pero los hormigones ejecutados con este cemento se aplastaban á las ocho horas. Por el contrario, los hormigones de portland, al cabo de este tiempo, están ya lo suficientemente duros y resisten con creces el avance, lo que evidencia una vez más la confusión que se establece entre el fraguado y el endurecimiento y la superioridad que por todos conceptos ofrece el portland.