

MADRID, 15 DE JULIO DE 1874.

TOMO XIX.

NÚM. 14.

## PASO DEL CANAL DE LA MANCHA.

## VIA FÉRREA SUBMARINA.

(Continuacion.)

## CAPÍTULO IV.

## DESCRIPCION DEL CASTILLO.

**Sus dimensiones principales.**

Las dimensiones generales del castillo, segun indicamos en el capítulo I, son las siguientes:

- Longitud total, 120 metros;
- Ancho en la parte superior, 30 metros;
- Ancho en la base, 44 metros;
- Altura, 64 metros.

**Forma del castillo. — Consideraciones generales.**

En cuanto á la forma general del aparato, es cuestion en extremo delicada y que exige un estudio detenido y profundo del objeto especial de la obra, así como de la naturaleza de los esfuerzos á que ha de estar sometida cada una de sus partes.

No trataremos, pues, de resolver esta cuestion, porque, ni á ello se presta la naturaleza especial de este escrito, ni, por otra parte, importa mucho para nuestro propósito la solucion que á este punto se dé. Si en principio general un armazon de hierro con las dimensiones y el peso efectivo ántes señalado, tiene condiciones de equilibrio, problema es ya de un orden inferior, aunque sin duda alguna de gran importancia, buscar la forma apropiada á las funciones que el nuevo aparato ha de ejercer. Término medio entre el buque de vapor y la locomotora, buscando, como ésta, su punto de apoyo en una via férrea, apoyando, como aquél, si no su peso total, su peso excedente al ménos, en las aguas del mar, flotando y rodando, si así puede decirse, á un mismo tiempo, pudiendo á voluntad buscar para su propulsion un punto de apoyo,

ya en las barras-carriles, ya en la resistencia del agua, su forma, sus dimensiones, la distribucion de sus diferentes elementos, ha de resultar de un doble estudio en que la estática y la dinámica por una parte, la hidrostática y la hidrodinámica por otra, entren á concurso para dar solucion á los varios problemas que para realizar este proyecto habrian de presentarse al ingeniero constructor.

**Partes principales de que se compone el castillo.**

Podemos, sin embargo, fijar algunos principios generales que deberán presidir en todo caso á la construccion del nuevo mecanismo. Deberá, en efecto, estar formado el castillo de tres partes esencialmente distintas y que han de cumplir con muy distintas condiciones, á saber:

- 1.º El cuerpo inferior del aparato que constituye á la vez la gran base, sobre la cual ha de insistir el mecanismo y el órgano propulsor de todo el sistema;
- 2.º La plataforma superior ó parte destinada al servicio de pasajeros y mercancías;
- 3.º El sistema de enlace de las dos partes precedentes.

**Dimensiones de los cuerpos del castillo.**

El primero de los tres grandes cuerpos en que puede considerarse descompuesto el castillo, deberá estar constantemente bajo el agua, exceptuando los casos de reparacion, y por lo tanto, su altura queda determinada por la mínima profundidad del agua. Fijemos, pues, á la dimension vertical de la base 20 metros.

El segundo cuerpo, ó más bien plataforma superior, deberá situarse á 64 metros próximamente sobre los carriles de la via, toda vez que ha de estar constantemente á cubierto de las más altas olas.

Por último, la parte intermedia que, segun la posicion del castillo en la via, podrá estar más

ó menos sumergida, y cuyo único objeto, según hemos dicho, es sostener la plataforma superior. tendrá una altura total de 44 metros.

#### **Planos de simetría del aparato.**

El castillo, en su conjunto, deberá presentar, no sólo respecto á las piezas de su armazon, sino también á sus máquinas, propulsores y flotadores, dos planos de simetría. Uno que pase por el centro del mecanismo y que sea perpendicular á la direccion del movimiento; otro vertical, que pase también por el centro y que sea paralelo al eje de la vía. La marcha alternativa del castillo, ya de la costa de Inglaterra á la de Francia, ya de esta última á la primera, y la circunstancia de no poderse invertir al terminar cada una de sus travesías para comenzar otra nueva, hacen indispensable la igualdad absoluta de los dos extremos del castillo que alternativamente han de hacer oficio de popa y proa en su marcha. Las condiciones generales del movimiento y la estabilidad del mecanismo exigen también una perfecta simetría en el sentido trasversal.

#### **Forma de las diversas piezas del castillo.**

La forma general de todas las piezas que constituyen los diferentes cuerpos del castillo deberá cumplir con los dos principios siguientes:

1.º Agrupar estas piezas de tal modo, que la relacion entre las partes llenas y las vacías sea un mínimo.

2.º Dar á cada pieza la seccion de menor resistencia á la accion del agua.

#### **Lámina 2.ª — Figura 10.**

Por consiguiente, tanto las diversas piezas aisladas del mecanismo, como el conjunto de todas ellas, deberán presentar en los dos sentidos longitudinal y trasversal, y hasta el punto en que esta combinacion sea posible, la forma indicada en la figura; tendiendo, sin embargo, á disminuir, ante todo, la resistencia sobre la seccion trasversal del castillo, pues ésta ha de ser la que se oponga directamente al movimiento.

#### **Cuerpo inferior del castillo.**

El cuerpo inferior del aparato deberá contener los elementos principales siguientes:

1.º Las máquinas de propulsion;

2.º Los propulsores;

3.º Los flotadores;

4.º Los ejes y las ruedas.

Examinaremos cada uno de estos elementos.

#### **Máquinas.**

Poco diremos sobre las máquinas que han de poner en movimiento el mecanismo. Determinada su fuerza por las consideraciones expuestas en el capítulo II, nada más fácil que fijar el número de máquinas de vapor en que esta fuerza motriz deberá repartirse; y en cuanto á su posicion y enlace, claro es que dependerán ambas cosas de la forma y disposicion especial que se dé al cuerpo inferior del castillo. Sólo harémos notar que dichas máquinas deberán ser encerradas en grandes cajones de hierro impermeables, que deberán hacer el oficio de flotadores fijos. Por este medio se podrá disminuir la presion del aparato sobre los carriles, aligerando su peso, hasta que quede reducido próximamente al que para la estabilidad del mecanismo se considere necesario.

Al traves de las paredes de estos cajones pasarán por medio de cajas de estopa, los grandes árboles de las hélices, ó en general, los órganos que transmitan el movimiento á los propulsores.

Por último, se pondrán en comunicacion los receptáculos de las máquinas con el aire libre, por medio de altas chimeneas, que, atravesando los cuerpos superiores del castillo y guarecidas por los sostenes verticales de éste, se eleven hasta la plataforma superior.

#### **Propulsores.**

Dós medios se presentan para la propulsion del aparato: ó bien aplicar directamente la fuerza de las máquinas á comunicar un movimiento de rotacion á los ejes, y por lo tanto, á las ruedas, como en las locomotoras, ó bien emplear grandes hélices que busquen su punto de apoyo en el agua.

No es imposible, aunque sería muy difícil, transmitir el esfuerzo de las máquinas motrices á varias ruedas del mecanismo; pero es á todas luces preferible el empleo de grandes hélices, análogas á las usadas en los buques de vapor. Debemos, sin embargo, ántes de decidirnos so-

bre este punto tan importante, averiguar si hélices de dimensiones no exageradas podrán, apoyándose en el agua, vencer en cada instante las resistencias que se oponen al movimiento del mecanismo.

Suponiendo que se sustituye á la hélice, propiamente dicha, una placa circular del mismo diámetro, y representando por  $R$  el radio de esta placa, que será también el de la hélice, la superficie del agua sobre la cual ha de apoyarse buscando un punto resistente, mientras el árbol de la hélice empuja al mecanismo en sentido inverso, será igual á

$$\pi R^2.$$

Esta placa, que representa en nuestra hipótesis el punto de apoyo para el movimiento, estará sostenida por una columna de agua, cuya base será  $\pi R^2$ , y cuya altura variará, según la posición que ocupe el castillo en el canal, entre 54 metros, límite superior, y 10 metros, límite inferior de la carga; tomando este último, como más desfavorable, obtendremos para el peso de la columna de agua en que la placa se apoya, el valor

$$\pi R^2 \times 10 \times 1.000 = 31.416 R^2.$$

Las resistencias que deberá vencer el árbol de la hélice serán los rozamientos, la componente del peso paralela á la rampa, y por último, la resistencia del agua al movimiento. De ésta, sin embargo, debemos prescindir en el caso presente, pues sólo se trata de resistencias que tengan un punto de apoyo invariable, y éstas son únicamente las comprendidas en las dos primeras categorías.

La suma de estas dos resistencias es igual — véase el capítulo II — á 28.000 kilogramos.

Igualando este valor al anterior, resultará

$$31.416 R^2 = 28.000$$

de donde

$$R = 0^m,94.$$

Así, pues, teóricamente, basta una hélice de dos metros de diámetro para vencer la inercia; esto es, para poner el aparato en movimiento, si bien con una velocidad pequeñísima, suponiendo, por otra parte, que el vapor desarrolla un

trabajo superior al de todas las resistencias pasivas.

En resumen, con el empleo de varias hélices, cuyo número y posición se fijarían convenientemente, pudiendo llegar dicho número hasta 56, está completamente asegurada la propulsión del mecanismo.

#### Flotadores.

Deberán establecerse para la conveniente distribución del peso de la máquina, dos sistemas de flotadores, que podemos designar con los nombres de flotadores de fuerza constante y flotadores de fuerza variable.

Los primeros estarán formados por los grandes cajones en que las máquinas se hallen establecidas, y es fácil formarse una idea de cuál podrá ser su potencia, con sólo observar que un cajón de hierro de 20 metros de ancho, 10 de altura y otros 10 de largo, paralelamente á la longitud del castillo, desaloja un volumen de agua de 2.000 metros cúbicos, y puede sostener, por lo tanto — prescindiendo de su propio peso — 2.000 toneladas.

Los segundos, ó sean los flotadores de fuerza variable, consistirán también en capacidades de hierro impermeables, puestas en comunicación con el aire exterior por medio de tubos verticales, llenas de agua, cuando los flotadores no deban actuar, y de las que se extraerá aquélla por medio de bombas, que la misma máquina pondrá en movimiento, cuando convenga aligerar el peso del aparato.

Siempre que el mar esté tranquilo, cuando las olas se quiebran sin fuerza contra las claraboyas del castillo, el cálculo que hicimos en el capítulo II es exageradísimo á todas luces. Un peso muy ligero bastará para la estabilidad del aparato, y los flotadores deberán actuar con toda su fuerza, descargando á los carriles de un peso ya inútil, para ir á apoyarlo sobre las aguas del mar.

En un mar algo más agitado, en que la presión sea, por ejemplo, de 1.000 kilogramos por metro, aún será exagerado el peso de 2.000 toneladas, que deberá, sin duda alguna, reducirse á la quinta parte, ó sean 400 toneladas.

Sólo en casos extremos, que rara vez podrán presentarse, será preciso acudir á la inercia del aparato, buscando en su propio peso y en la resistencia de los carriles punto de apoyo contra los embates de las olas, y sólo entonces deberán cargarse por completo los flotadores variables.

Lo dicho hace ver cuán distintas son las condiciones en que, por lo general, se halla el castillo, de lo que á primera vista podría creerse. No es, en efecto, una pesadísima y colosal máquina que casi aplasta los carriles bajo su peso, que presenta un inmenso desarrollo al choque de las olas, y que, por decirlo así, cede y se deforma bajo la acción de su gravedad. Es, por el contrario, un cuerpo esencialmente flotable, que se aproxima más al buque que á la locomotora, en que cada parte está sostenida por la presión del agua que desaloja, y cuya estabilidad se encuentra asegurada en virtud de fuerzas que la sostienen en cada uno de sus puntos; en la base los carriles, en el resto el agua.

#### Ejes y ruedas.

El número total de ruedas, según dijimos al tratar de los rozamientos, es de 44; y hemos fijado provisionalmente estas dimensiones; 5 metros para su diámetro, y 0<sup>m</sup>,45 para el ancho de la llanta.

La única cuestión que deberémos tratar aquí es la relativa al diámetro de los ejes, y sobre ella dirémos algunas brevísimas palabras.

#### Determinación del diámetro de los ejes.

Partiendo siempre de un peso de dos mil toneladas, ó sean dos millones de kilogramos, tendrémos para el peso que carga sobre cada eje el valor

$$\frac{2.000.000}{44} = 45.450 \text{ kilogramos.}$$

Según el cálculo que hicimos al ocuparnos de la determinación del ancho del carril, este peso debe repartirse para que no altere la elasticidad del material en una superficie de 76 centímetros próximamente, y fijando en un metro el espesor del cubo de la rueda, si ésta va loca so-

bre el eje, resulta para la longitud de la línea de contacto de las dos circunferencias O O'

$$\frac{0,76}{100} = 0,0076$$

#### Lámina 2.<sup>a</sup> — Figura 11.

Calculemos ahora la distancia CC' que deberá aproximarse la cuerda *ab* al punto A, para que al confundirse el arco *aAb* con el *a'Aa'* en virtud de la ligera compresión de una ó ambas piezas, el contacto á lo largo de dicha línea sea igual á 0<sup>m</sup>,0076.

Representando por *r* el radio del eje y por *R* el del cubo de la rueda, tendrémos

$$\begin{aligned} ac^2 &= Ac(2r - Ac) \\ a'c'^2 &= Ac'(2R - Ac') \end{aligned}$$

ó despreciando *Ac*<sup>2</sup> y *Ac'*<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} ac^2 &= 2r \times AC \\ a'c'^2 &= 2R \times Ac' \end{aligned}$$

de donde

$$Ac - Ac' = \frac{ac^2}{2r} - \frac{a'c'^2}{2R}$$

y suponiendo

$$ac = a'c' = 0,0076$$

resultará

$$aa' = 0,00005776 \frac{R - r}{2Rr}$$

ó finalmente

$$\text{Compresión del eje} = 0,000028 \times \frac{R - r}{Rr}$$

en cuya fórmula podemos disponer de los radios *R*, *r*, para hacer tan pequeña como se desee la compresión del eje.

#### Cuerpo superior ó plataforma.

El cuerpo superior del castillo no es otra cosa que una gran plataforma que insiste sobre fuertes puentes de hierro, y en la cual se efectuará todo el servicio de transporte de viajeros y mercancías.

La organización especial de estos servicios determinará, desde luego, la disposición de sus diferentes partes; pero no insistiremos sobre este punto, que, por lo demás, no presenta dificultades de ningún género.

**Union de la plataforma al cuerpo inferior.**

Varios sistemas pueden emplearse para efectuar la union del cuerpo inferior con la gran plataforma. Presentaremos uno, sin pretender que sea el que deba adoptarse; el estudio detenido de este problema de construccion aconsejará, sin duda alguna, nuevas y ventajosas modificaciones, mas hay siempre algunos principios generales que conviene fijar, y con sujecion á los que deberá procederse al estudiar el proyecto definitivo del aparato.

1.° El sistema de union deberá combinar dos condiciones indispensables, á saber: solidez y ligereza.

2.° El conjunto de pilas, columnas, piezas inclinadas, tirantes, puentes de refuerzo, escuadras, etc., que constituyan el armazon, presentará un sistema de claraboyas que oponga la menor resistencia posible á la accion del mar.

3.° Con el mismo objeto, las piezas todas del aparato, así como la reunion de estas piezas, deberán—segun dijimos al principio de este capítulo—presentar la seccion que ya hemos indicado.

**Lámina II. — Figura 10.**

4.° Los diferentes cuerpos de la construccion deberán ser tanto más ligeros, y presentar, por consiguiente, una seccion tanto más pequeña á la accion de las olas, cuanto mayor sea la altura á que estén situados.

Esta última condicion tiene por objeto compensar el aumento del brazo de palanca con que las olas obrarán á grandes alturas, con una menor superficie de resistencia.

**Ejemplo de un sistema de construccion para el castillo.**

Veamos el aparato tal como le hemos imaginado.

A Cuerpo inferior del castillo provisto de máquinas, flotadores, hélices, y 22 pares de ruedas, que se apoyarán sobre los carriles.

**Lámina II. — Figura 1.ª**

B Sistema de union ó sosten de la plataforma.

C. Plataforma para el servicio de viajeros y mercancías.

El cuerpo inferior estará provisto de dos proas *aa*, que facilitarán su marcha á través del agua, y hemos representado debajo otra proyeccion de este mismo cuerpo.

El sistema de union se compondrá de tres grandes pilas en forma de pirámides, satisfaciendo de este modo á la importantísima condicion de presentar una superficie tanto más extensa para el paso de las olas, cuanto mayor es la altura. Las pirámides extremas están formadas por tres grandes cuchillos *b*, *b'*, *c*. La pirámide intermedia por otros tres *d*, *d'*, *c*. Todos estos cuchillos estarán formados de piezas verticales é inclinadas, cuya seccion transversal será la seccion tipo que ya indicamos. Todas estas secciones disminuirán á medida que la altura es mayor, y por el interior de estas piezas pasarán los grandes tubos de servicio, que irán á terminar por encima de la plataforma superior.

En planta, los cuchillos extremos presentarán, en conjunto, la forma de dos proas, que cortarán las aguas del Estrecho en toda la altura del castillo, á medida que éste avance.

Por otra parte, grandes piezas horizontales, sirviendo de escuadras, cuyo contorno afectará la forma D E F, y cuyas secciones transversales tendrán la figura tipo, reforzarán á diversas alturas las tres grandes pilas que constituyen el sistema intermedio.

Los cuadriláteros formados por las piezas verticales ó inclinadas y por los bordes de las escuadras estarán reforzados con fuertes tirantes, que se cruzarán.

Por último, sobre las tres líneas *b b' d d'*, *b b'*, que están proyectadas verticalmente en *b''*, *d''*, *b''*, y que constituyen las tres cabezas de las pirámides, se apoyarán fuertes puentes, en que insistirá la plataforma superior.

**CAPÍTULO V.****SISTEMA DE EJECUCION.****Dificultad de fijar el sistema de ejecucion.**

No puede fijarse un sistema completo de construccion sino hasta tanto que, empezada la obra, se vayan viendo paso á paso todas las dificultades, y estudiando la manera de vencerlas.

No pertenece esta obra al género de aquellas que pueden estudiarse en un gabinete, previendo hasta el número de obreros, y los movimientos que cada hombre y cada máquina deben ejecutar hora por hora.

Sin embargo, abrigamos el convencimiento íntimo de su posibilidad; y para hacer entrar en el ánimo de todos este convencimiento, indicaremos; aunque sea ligeramente, un sistema de construcción posible, sin pretender por eso que sea el más económico ni el definitivo.

#### **Partes de que se compone la obra.**

Consideremos la parte fija de la obra.

Dos muelles en las costas; dos desmontes en las orillas; una escollera de cincuenta metros de anchura tendida sobre el fondo del Estrecho; dos fajas rectas y paralelas de hormigón hidráulico, de cinco metros de anchura cada una, á cuarenta metros de distancia, agarradas fuertemente á las escolleras y perfectamente aplastadas en su superficie; por último, dos líneas paralelas de carriles sobre dichas fajas de hormigón. Éste es el conjunto de la obra.

#### **Muelles.**

Nada hablaremos de los muelles. Ejecutados ya en Boulogne, Calais, Douvres y Folkestone, es inútil detenernos en probar la posibilidad de una obra demostrada por la práctica.

#### **Operaciones que se atacarán al mismo tiempo.**

En cuanto á la vía férrea submarina, suponemos que al mismo tiempo se establecen las siguientes operaciones.

Abrimos en las costas las canteras para las escolleras del fondo. Un servicio de buques conduce los bloques á la línea del trazado, y los arroja en los lugares convenientes.

Atacamos los desmontes de las costas por medio de minas, cuidando de bajar el desmonte algo más que la línea del proyecto, de modo que el arreglo para llegar á la plataforma se haga con pedraplen, y no con desmonte.

#### **Preparación de dos pequeños trozos de línea en las dos costas.**

Empezando en las costas y en los extremos más lejanos del mar, haremos el desmonte en el

principio de las dos líneas horizontales del proyecto; pero sólo en una longitud de cincuenta metros, en los cuales terminaremos toda la obra definitiva de escollera, hormigón y asiento de rails. Esta operación, limitada á tan corta longitud de línea, hecha en la costa y á poca profundidad, podrá ejecutarse sin grandes dificultades, por medio de tubos de aire comprimido, campanas de buzos y escafandras.

Supondremos también que durante la ejecución de estos dos pequeños trozos de vía, uno en Francia y otro en Inglaterra, se han construido dos aparatos ligeros, que llamaremos torres de construcción, y que consistirán en dos altos andamios, montados sobre ruedas y terminados en una plataforma horizontal, superior á las más altas olas, que, como el gran aparato ó castillo antes descrito, sean de dimensiones convenientes para marchar sobre los carriles de la vía submarina.

Colocaremos cada una de las torres de construcción sobre el trozo de vía férrea terminado en las dos costas y por medio de palancas, ú otro sistema de impulsión cualquiera, haremos avanzar las torres al extremo de los dos pequeños trozos ejecutados, y veamos ahora cómo, sirviéndonos de planos fijos, con sus plataformas superiores, podremos continuar los trabajos submarinos.

#### **Continuación de la obra por medio de las torres de construcción.**

Durante las primeras operaciones habrá podido ser transportada una gran cantidad de escollera á las partes de la línea vecinas á la costa, de manera que las torres de construcción puedan encontrar ante sí una capa de escollera que, aunque imperfecta, llegará próximamente á la altura necesaria.

Ayudemos nuestra explicación con las figuras que representan dos proyecciones, una horizontal y otra vertical, de una de las torres y de la zona de escollera.

#### **Lámina II. — Figura 2.<sup>a</sup>**

Una vez sentados los trozos AB, AB, de rails, se trata de sentar los trozos BC, BC.

La plataforma superior de la torre vuela más

allá del plano vertical anterior del andamio una porcion *a b*. En este trozo voladizo, como una parte fija, pueden determinarse las posiciones de los puntos *c, d, e, f*, tales como el cuadrado de que son los vértices, sea la proyeccion de la zona de hormigon que queremos sentar en el fondo.

Pasemos por estos cuatro puntos otras tantas guías verticales, sujetas fuertemente al cuerpo de la torre. Corramos por estas guías hasta tocar con la escollera del fondo los tableros *ed, ef*, proyectados verticalmente en *M*, y detengámoslos á una altura tal, que sus cantos superiores *r s* determinen el plano rasante superior de la capa de hormigon, é inferior de los carriles.

Bajemos desde arriba el hormigon al espacio limitado por los tableros, que será de cinco metros, en cantidad suficiente para llenar los intersticios superiores de la escollera y formar una masa compacta.

Cuando la masa de hormigon esté echada — operacion que deberá ejecutarse rápidamente para cada trozo — se bajarán á los puntos que les correspondan los cubos de hierro que han de servir de apoyo á los carriles, y que estarán, por ejemplo, á distancia de cinco metros. Se hundirán en el hormigon sus ramas dentadas, y el paralelepípedo entero, hasta que su cara superior enrase con el palon de rasante.

Terminada esta operacion, se bajarán sobre la masa de hormigon pisonos que la golpeen y compriman, y por último, despues de cubrir la superficie con una ligera capa de mortero hidráulico, se calizará la parte superior con un rodillo — manejado tambien desde arriba — apoyado en los bordes de los tableros.

En fin, se bajarán trozos de rails á la posicion exacta que deban ocupar, haciendo entrar el agujero ó agujeros en ellos practicados en el tornillo saliente de los cubos de hierro, al que se les asegurará por una tuerca, que no sobresalga de la cara superior del carril.

Una vez sentado el trozo de via, la torre marchará adelante sobre la nueva porcion *BC*, para ejecutar al extremo de ella la misma operacion con el trozo siguiente.

### **En qué puede estar la dificultad de las operaciones.**

Las operaciones que acabamos de describir son complicadas — no lo negamos — y presentarán dificultades; pero debe observarse que no son éstas tan grandes como á primera vista parece, y sobre todo, no son insuperables.

¿Cuáles pueden ser? — La agitacion del agua. — La inseguridad de una obra que se ejecuta sin verla. — La necesidad de comunicarse desde la plataforma con el fondo á una gran altura.

### **Modo de vencer las dificultades.**

La agitacion del agua puede vencerse, puesto que, subdividido el trabajo, y limitado á rectángulos poco extensos, podemos rodear estos rectángulos en la altura de la zona de agua agitada con un tubo, indicado en la figura, y trabajar en pozos de agua tranquila.

### **Lámina II.—Figura 2.<sup>a</sup>**

La inseguridad no existe desde el momento en que podemos referir matemáticamente á nuestra plataforma todos los puntos del suelo, y obsérvese que ella nos sirve tambien de plano nivelador, al que podemos referir todas las alturas.

Por último, la dificultad de comunicacion tambien puede vencerse, y vamos á demostrarlo con un ejemplo.

### **Explicacion detallada de una de las operaciones.**

Estudiemos una de las operaciones que pueda parecer complicada: el empotramiento de los cubos de hierro en el hormigon.

Sobre la plataforma, y en su parte voladiza, podemos trazar las dos rectas que coincidan verticalmente con los ejes de los carriles. En ellas podemos marcar tambien los puntos en que terminan las porciones de vía sentada, y medir la distancia del extremo del trozo de carril que va á colocarse al agujero correspondiente al tornillo del cubo, y esta medida dará exactamente la proyeccion sobre la plataforma del punto donde debe caer el centro del cubo.

Tomaremos una fuerte barra de hierro, en cuya parte inferior vaya practicada una tuerca, en la que entre el tornillo que lleva el cubo en su cara superior. Harémos pasar la barra — con el cubo

atornillado — por el punto fijo de la plataforma, y la harémos descender verticalmente — guiándola en su descenso — hasta que las ramas dentadas y el cubo mismo hayan penetrado en el hormigon, y la cara superior de dicho cubo haya quedado á la debida altura. La fijacion de esta altura es muy sencilla, porque como la posicion de la plataforma es conocida, y la barra que lleva el cubo puede graduarse, es fácil apreciar — hasta por milímetros — el punto donde debe detenerse.

Una vez las cosas en este estado, se apisona el hormigon al rededor del cubo, dejándolo fraguar. Entónces se destornillará la barra, y el cubo habrá quedado, con estas sencillísimas operaciones, en su posicion definitiva.

#### **Modo de vigilancia.**

Lo mismo esta operacion que todas las demas pueden vigilarse en el fondo, bajando á él — sujetas á la torre — campanas transparentes, cerradas por abajo, en comunicacion, por una chimenea, con el aire exterior, y encerrando luz con la fuerza necesaria para iluminar completamente la zona de los trabajos. Otras campanas, tambien en comunicacion con la atmósfera, servirán para alojar los empleados que deban seguir con la vista las operaciones, y prevenir cualquier falta á los que trabajan en la parte superior.

#### **Duracion de los trabajos.**

Muy difícil es fijar época de duracion á una clase de obra no practicada hasta ahora. Pero como la parte más larga será el arreglo del hormigon y carriles de la via submarina, y podrá atacarse este trabajo un año despues de empezada la escollera, no siendo exagerado suponer que cada torre de construccion avance seis metros por dia, puede calcularse una duracion aproximada de ocho años.

#### **Ejecucion de los castillos.**

Corresponderia hablar ahora de la ejecucion de los castillos, máquinas interiores, etc.; pero con su teoría y descripcion creemos haber demostrado en los capítulos precedentes la posibilidad de construirlas, puesto que hemos obtenido para las diversas resistencias y fuerzas de todo género que en ellas van á actuar, resultados

en armonía con los límites á que la industria moderna ha llegado.

Una vez fijadas aquéllas, una vez apreciadas todas las circunstancias en que el sistema va á encontrarse, y fijado un tipo general que á él convenga, el constructor tiene los datos necesarios para la ejecucion.

### **CAPÍTULO VI.**

#### **EXPLOTACION.**

##### **Establecimiento de un servicio regular.**

Explicado nuestro pensamiento bajo los puntos de vista de la teoría y ejecucion, veamos cómo podrá ponerse en práctica estableciendo un servicio regular para los viajeros y mercancías.

##### **Duracion de cada viaje.**

Hemos fijado en el curso de esta Memoria un límite de velocidad demasiado pequeño para la práctica.

Los resultados obtenidos para las resistencias permiten aumentarla, y aún en los casos más desventajosos podrémos admitir que el castillo pasará el Estrecho en tres horas, comprendiendo en ellas el tiempo para embarques y desembarques.

##### **Número de viajes cada 24 horas.**

De este modo, podrá atravesarse el canal ocho veces cada 24 horas, suponiendo una sola via; esto es, cuatro viajes de ida y cuatro de vuelta.

##### **Cabida de la plataforma.**

Contamos con una plataforma de 120 metros de longitud por 30 de anchura ó sean 3.600 metros cuadrados. Supongamos que 600 metros de esta plataforma estén destinados á las comunicaciones con el piso de las máquinas y resto del servicio. Quedarán 3.000 metros disponibles para viajeros y mercancías.

*Se continuará.)*

### **TRAMVIA DE MADRID.**

En los primeros meses del año 1869 acudió al Ayuntamiento de Madrid D. José Domingo Trigo, manifestando que siendo concesionario de la em-