

## OBRAS DE PUERTOS

por el Ingeniero

SEÑOR DON SALUSTIO G. REGUERAL.

Sr. Director de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

Muy señor mío: en los números 4.º y 5.º del ilustrado periódico que V. dirige, han aparecido unos artículos en que se da á conocer y se critica al mismo tiempo, un sistema de construcción para las obras de puertos, recientemente propuesto entre nosotros y que se separa del de bloques concertados empleado en algunos puertos de Inglaterra, no ménos que del de escolleras, seguido hasta estos últimos tiempos en la mayoría de las obras que se han llevado á cabo.

El sistema á que aludo, mediano ó malo, ha sido propuesto por mí en el proyecto de puerto de refugio de la costa de Asturias, que he tenido el honor de someter á la aprobación de la superioridad; y creo que no habrá por parte de esa Redacción inconveniente en manifestarlo así, cuando hasta el dibujo que como tipo se presenta está calcado sobre uno de los cortes que acompañan á mi proyecto, y por cierto que se refiere á una parte especial de la obra; por lo que no dá idea de la sección general de los malecones ó espigones que yo propongo: si bien es verdad que esto no afecta en nada á la cuestión de construcción submarina, que la publicación de los expresados artículos provoca.

Como la importancia de esto es indudable, creo que emitiendo sus ideas los entendidos Ingenieros que han efectuado trabajos de esta clase, ha de ser el periódico que V. dirige patenque de un debate, de que no podrá menos de retirar provechosa enseñanza el constructor; por mi parte no seré perezoso para contestar á las objeciones que se hagan al sistema que creo más conveniente, y que defenderé hasta que más poderosas razones me convenzan de la preferencia que otro merece. Pero entre tanto, me parece oportuno que los lectores de la Revista adquieran un conocimiento del sistema aludido y los principios en que se funda, más extenso que el que en los citados artículos ha podido darse; y al efecto, ruego á V. se sirva disponer en ese periódico la inserción de los párrafos que tengo el honor de incluir, extraídos del proyecto presentado por mí, para cuya publicación estoy debidamente autorizado.

SALUSTIO G. REGUERAL.

Madrid 28 de Marzo de 1865.

Tomo XIII.

## ESCOLLERAS.

El sistema comunmente empleado para construcción de diques, muelles ó cualquiera clase de obras que han de ser fundadas en el mar, es el llamado por escolleras de piedra perdida, que, como indica su nombre, está reducido á arrojar bloques de ciertas dimensiones en el paraje en que se quiere construir, hasta que por su amontonamiento empieza el conjunto á elevarse sobre el nivel del agua constituyendo una especie de isla, en cuyo caso se procede al asiento de la fabrica superior. Este sistema es muy antiguo, como lo comprueban los restos de obras notables, y por elemental y simple que sea la idea en que está basado, hay que confesar que hasta hace muy pocos años, el arte habia podido añadir muy poco ó nada á los métodos que se seguian para construir en el mar, en los tiempos primitivos. Se encuentra en los tratados antiguos de construcción la descripción de alguno que otro método mas original, que debidamente estudiado acaso hubiera conducido á sentar brillantes resultados; pero siempre ó se ha retrocedido ante las dificultades que toda innovacion trae consigo, ó no se ha llegado á comprender que hubiera nada preferible al sistema de las escolleras irregulares. Es indudable que en tiempo de Vitruvio se hacia uso del hormigon para los trabajos hidráulicos, pues en su obra se encuentran noticias, aunque sobrado vagas, de los procedimientos que se seguian, ya para echar el hormigon en el mar por medio de cajas sin fondo, ó ya para arrojar al agua bloques de hormigon contruidos en tierra. Modernamente, Belidor da razon de un procedimiento usado en los parajes en que no hay abundancia de piedra para la fundacion de obras en el mar, consistente en usar de hormigon pequeñas cajas rectangulares de 0,35 metros cúbicos que se bajaban por medio de cuerdas hasta el fondo, y las unas encima de otras y enlazarlas convenientemente. Aun cuando los sistemas descritos por estos famosos constructores adolezcan de muchos inconvenientes, que un estudio atento de ellos hubiera evitado ó disminuido notablemente, nos parece que en ellos se hubiera podido encontrar el germen de fecundos adelantos, si los bloques de piedra perdida no hubieran alcanzado una boga de que el éxito seguramente no les hacia merecedores. La obra mas notable de este genero emprendida en el último cuarto del siglo pasado es el dique de Cherbourg, y en ella se halla aplicado de varias maneras el sistema de escolleras de piedra perdida y se han podido estudiar debidamente sus efectos. Después las obras de Argel, de Cette, de Plimout, de Holyhead y otras varias han ofrecido ejemplos notabilísimos del mismo sistema, que no creemos ya al nivel de los conocimientos que hoy posee la ciencia del Ingeniero, y que por tanto les necesitan reemplazar por otro de resultados mas seguros y libre del empirismo que caracteriza las apreciaciones y los procedimientos de aquel tiempo.

Los materiales de que las escolleras están contruidas, son por lo general removiidos por la acción de las olas y por consiguiente con el estado de agitación del mar varía el perfil que á aquéllas corresponde. Este es un hecho, fuera de duda, y está comprobado con la observacion constante de que el perfil de las escolleras que han sufrido algun tiempo la acción del mar, presenta dos taludes, uno sumamente saue desde la superficie de aquel hasta los 407 metros de profundidad,

Madrid 15 de Julio de 1865.

y otro mas rígido, desde este punto hasta el pié de la escollera, cuando es evidente que si no fuese por la accion indicada el talud unico seria el que correspondiese al resbalamiento de los bloques, dependiente tan sólo del tamaño y á lo sumo de la forma de estos. Se toma la indicacion que acabamos de hacer como un dato para fijar a priori el perfil de una escollera que se trate de construir, y por tanto para arreglar la cantidad de material que en ella se ha de invertir; pero como no puede asignarse con firmeza la profundidad hasta donde se hace sentir el efecto de las olas, que es lo que determina el punto de union de los dos taludes indicados, se comprende que aquel calculo carece de una base racional ni medianamente aproximada. Se calcula que por lo regular el efecto de la marejada no se hace sentir a mayor profundidad que la indicada de 7 metros; pero esto esta desmentido por varias observaciones practicas, cuales son las rompientes en los bajos recubiertos con 33 y 40 metros de agua y la aparicion de ciertas algas y plantas acuaticas que sólo crecen en las grandes profundidades y que son arrancadas por el impulso de las olas en las marejadas. Mediante esta incertidumbre y variando en tan inmensa escala el punto de aplicacion de la accion de la marejada contra las escolleras, mas bien podria demostrarse que nunca llegarán estas á una estabilidad completa, prescindiendo del enlace que entre las piedras puedan determinar las costas marinas y el musgo que se agarra á los objetos algun tiempo sumergidos. Si la disposicion de la localidad es tal que los productos arrancados de la escollera por un temporal pueden ser arrastrados á otro punto fuera de ella, es innegable que el efecto de cierto tiempo, aqui destruido por completo, y esto es lo que debe observarse en la practica, cuando vemos que todos los dias se están reforzando escolleras muy antiguas que sólo se conservan á fuerza de cuidados y numerosos dispendios. El tamaño de los materiales influirá poderosamente en el efecto que sobre las escolleras hagan las temporales; pues que si son muchos serán mas fácilmente removidos que si son mas pocos; algunos metros cúbicos. Y desde luego está cuestionada dividida la opinion de los partidarios de las escolleras. Se dice por las que defienden el empleo de pequeños materiales, desde bloques de 0,30 á 2 metros cúbicos, que las escolleras al cabo de cierto tiempo toman una forma que es la que conviene á su estabilidad, y que este resultado se obtiene tanto mas pronto cuanto mayor fuer la habilidad del mar para disponer los materiales en esa forma. El cual ha librado hasta á la exageracion de proponer el empleo de toda clase de productos ideales, canchales, guijos, los últimos detritos. Por el contrario, los partidarios de los bloques recidos de 40 á 60 metros cúbicos, afirman que con estos se obtiene inmediatamente una estabilidad perfecta, que nunca se asegura en el caso. Los asientos y desarreglos que constantemente se observaron en las primeras escolleras, de que han sido notables ejemplos la llamada del Banco Boyardo, en la rada de la Isla de Aix, la famosa del rompeolas de Cherburgo, la del puerto de Cette, y la antigua del muelle de Argel, condujeron naturalmente á la opinion de aumentar el cubo de los bloques; y á Mr. Poirel, que en 1835 se encargó de las obras del ultimo puerto, cupo la satisfaccion de proclamar los defectos de las antiguas escolleras, sentando el principio de que para que una construccion de este género resistiera á la accion destructora de la marejada es preciso que esté compuesta de piezas tales que cada una pueda resistir aisladamente dicha accion. De esta manera creemos que puede expresarse la teoria que desarrolló ante los constructores en su excelente Memoria sobre los trabajos en el mar, el citado Ingeniero, que al mismo tiempo pensó el modo de construir los bloques del enorme tamaño que á aplicacion de su principio pudiera haberlos necesarios. Los bloques podían ser de dos clases: uno de

escala de este sistema de construccion para las escolleras, se ha extendido bastante el uso de los bloques artificiales, ya para construir otras nuevas, ya para reforzar las construidas, de que son ejemplos los muelles de Cette, la Ciotat, Portvendres, y últimamente el puerto de Marsella; y estos mismos ejemplos comprueban que si con la indicacion de Mr. Poirel se dió un gran paso en el difícil arte de construir en el mar, quedó aún mucho por hacer. La mayor parte de los vicios señalados por este Ingeniero en las escolleras antiguas quedó subsistente en las de grandes bloques, pues es evidente que lo que de aquellas pudiera decirse para cierta accion de la marejada, podria ser extensivo á estas para acciones mayores. Si el principal argumento contra ellas era la movilidad de sus partes bajo las grandes presiones producidas por las olas, era preciso asegurarse de que esta movilidad no existiera en los bloques nuevamente propuestos, y esto constituye la dificultad que aun está por resolver. Realmente es muy difícil asignar el tamaño que un bloque de cierta naturaleza ha de tener para resistir al empuje de las olas, pues que ni se conoce el modo de obrar estas, ni hay datos seguros acerca de la intensidad de su accion. Se dice: supuesto que la accion del mar sobre un bloque es proporcional á la superficie que recibe el choque, y la resistencia de aquel lo es al peso del bloque, ó sea á su cubo, aumentando este forzosamente llegará un caso en que hará equilibrio el expresado peso á la accion del mar, y esto es todo lo que se sabe. Pero se ignora, y esto es lo principal, cual es el volumen que produce ese equilibrio, porque si (lo que es difícil) en una marejada pudieron hacerse experiencias, no se puede asegurar que no ocurra otra marejada mayor que venga á echar por tierra los resultados de aquellas. Esto precisamente ha sucedido en la obra de Mr. Poirel, en la que por el consentimiento que las construcciones anteriores le habian proporcionado de la localidad, fijó en diez metros cúbicos el tamaño de los bloques que en su escollera habia de emplear para que resistiera al empuje de las olas. Durante una porcion de tiempo el mas completo éxito coronó sus esfuerzos; pero en Enero de 1841 y en Noviembre de 1845 se encargaron dos terribles temporales á demostrar que aquel cubo era insuficiente, pues la obra construida fué completamente destruida en los 25 á 30 metros próximos á su base, y en el último de los temporales citados. Para dar á la obra mas seguridad, en lo sucesivo se adoptaron bloques de 15 metros cúbicos; pero puede darse la seguridad de que con estos no suceda lo que con los anteriores, cuando se construyan nuevos.

Después de todo, la experiencia que ya suponemos obtenida en Argel sirve de poco para auxiliar al arte en las construcciones de otros puertos; es evidente que en el Océano será diferente la fuerza de las olas de la que estas tendrán en el Mediterráneo, y aquí dentro de cada uno de estos mares variará según la exposicion del punto que se considere con relacion á la direccion de las marejadas, de los vientos, etc. Solamente se puede proceder de esta manera empírica y como por tanteos en la importante determinacion del volumen que en cada punto deberian tener los bloques que en las escolleras se empleen. En el puerto de Argel se observó que en un temporal un bloque de unos 40 metros cúbicos que se hallaba sobre la roca Algale, fué derribado y arrojado á 40 metros de distancia. Luego si este dato manifiesta que á tan enormes bloques no se hallan seguros de ser atacados por tan poderosa accion, ¿por qué se fija en 15 metros y por en 20 ó en 30, para lo que habia el mismo motivo? Si esta norma podria adoptarse para el Mediterráneo, ¿cómo obtendremos el volumen que debiera darse á las escolleras en el Océano? Será preciso antes de que sobre este particular puedan fijarse las ideas que se repiten en esto, las costosas experiencias de las obras alternativamente ejecutadas, y destruidas tantas veces en el otro mar?

Desde que en Argel se hizo la aplicacion en grande

Para que se comprenda la irregularidad que se observa en la determinación de este importante dato y los inseguros resultados que se han obtenido con las escolleras de grandes bloques artificiales, citaremos las dimensiones que se ha llegado a darles en varios puertos del Mediterraneo, cuyas obras en su mayor parte no puede decirse que hayan alcanzado aún la estabilidad deseada.

En el puerto de la Ciotat ha sido preciso proteger la prolongación del dique occidental por medio de bloques artificiales de 10 metros cúbicos de volumen.

La entrada del puerto de Cassis ha sido obstruida en gran parte por las piedras de la escollera que constituye el dique, a pesar de tener un volumen de cerca de un metro cúbico. Para remediar el daño y evitar que siga en aumento, se ha reforzado el exterior con bloques artificiales de 10, 15 y 20 metros de volumen.

El muelle de Portvendres ha sido construido, como el de Argel, de escollera perdida de bloques artificiales, y aun cuando estos tenían un cubo de 15 metros ha sido removidos, de modo que en 1854, año de su terminación, fueron completamente arruinados dos trozos de mas de 120 metros de longitud.

El famoso puerto de Cette ha proporcionado en su rompe-olas otra prueba de la escasa resistencia de las escolleras de bloques naturales contra la acción del mar. Notablemente deteriorado aquel hacia su centro, se determinó repararle por medio de una nueva escollera de bloques artificiales de 12 metros cúbicos, que después de emprendida se vió que no era suficientemente sólida. En virtud de esto se ha determinado proteger aquella por bloques de 26 metros cúbicos.

Estos hechos constituyen el más elocuente proceso que ante la ciencia se puede formar a las escolleras. Mr. Porret juzgó con mucha acierto á las que hasta su tiempo se habían construido, hoy se puede juzgar del mismo modo las inauguradas por él en el mismo puerto de Argel. Ni unas ni otras satisfacen el objeto que de ellas debe esperarse, y por tanto ambas deben ser substituidas por métodos que estén más en armonía con los adelantos de las ciencias. Hemos manifestado que si después de los inconvenientes que a las escolleras irregulares ó de piedra perdida hemos asignado, se propone un semejante sistema para la ejecución de obras proyectadas en actualidad, será porque la disposición particular de su emplazamiento, dada la seguridad de que no han de verse atacadas por las impetuosas olas, de cuyos efectos siempre nos hemos ocupado. A esto deberemos atribuir el que en Marsella y Barcelona se ejecuten escolleras de pequeñas dimensiones, resguardadas por un puerto por una fila de bloques artificiales de 10 metros cúbicos, y sin necesidad de semejante precaución en este lugar, esta consideración no puede aplicarse a la obra que nosotros tenemos que proyectar situada en la costa más brava y combatida por las olas de cuantos limitan el Océano Atlántico, y para la cual serían escasas las precauciones que pudieran hallarse suficientes en la costa del Mediterraneo, á que principalmente se han referido nuestras consideraciones.

#### SISTEMA DE BLOQUES CONCERTADOS.

El sistema de bloques concertados que se ha adoptado hace años que en Inglaterra se ha empezado á poner en práctica un sistema de construcción para esta clase de obras que nos parece preferible á las escolleras de piedras que con los perfeccionamientos que los adelantos de las ciencias pueden introducir en ellas, nosotros ha de darla solución de los mismos problemas que hasta el presente ha constituido la edificación submarina. Consiste en que los bloques artificiales de formas regulares y de dimensiones convenientes para que puedan sentarse por sí mismos y enlazados entre sí como los sillares de una pared, se edifica construido al aire libre. La fabricación de los bloques de hor-

migon proporciona el medio de obtener esos sillares de las dimensiones que se juzguen convenientes: ni su construcción ni su manejo ofrece dificultades de ningún género, cualesquiera que aquellas sean. Las excelentes cales hidráulicas que hoy se emplean, fraguando instantáneamente, suministran el cemento á propósito para enlazar aquellos bloques, que por último vienen á constituir una construcción monolítica. Las máquinas de inyección de aire, que tan brillantes resultados han dado en las fundaciones tubulares de moderna aplicación, garantizan el éxito de la mano de obra, que se coloca mediante ellas en estas construcciones en condiciones análogas á las que presentan las obras al aire libre.

Causa extrañeza el considerar que después de tantos años como hace que se emplean los bloques artificiales de formas regulares, no se haya generalizado la idea de colocarlos, constituyendo hileras y enlazados de modo que mutuamente se auxilien para la estabilidad, sobre todo siendo conocida de los constructores la indicación de Belidor, que dejamos apuntada. Efectivamente, la forma paralelepípedica que se ha dado constantemente á los bloques artificiales, es la más cómoda para su construcción, y por sus proporciones análogas á las del ladrillo, es la más acomodada para yacer sobre una de sus caras mayores y para constituir rimeros estables por la superposición; pero no puede negarse que es la menos á propósito para el objeto á que se ha destinado. Presentando aristas largas y aristas agudas, la posición en que los bloques quedan, apoyándose unos en otros, muchas veces por tres puntos, es sumamente inestable y por lo tanto, que el menor esfuerzo les derriba de ellas, causando una perturbación en la masa total compuesta de los bloques, unidos por tan esencial encaje. Comprenderíamos que para las escolleras no hubiese empleado los bloques de otros modos y cualquiera clase de sólidos regulares, ó por lo menos prismas hexagonales ó octogonales, que cualquiera de estas formas darían lugar á un contacto más completo y seguro no comprendemos que se sigan empleando los regulares al que nos hemos referido, ni que se usen se haya hecho con tanta frecuencia sin manifestarse amilanchos, convección y la irresistible tendencia de desplazarlos por hileras. Por la misma parte, solo podríamos agregar que tratándose de los dibujos y perfiles en que este sistema de construcción está representado, separados siempre la vista de un conjunto que instituyeran intermedios satisfactorios. Creemos haber demostrado que nuestra apreciación está conforme con los resultados que el sistema ha producido al edificar la tanquique, obra más notable que bajo el principio que dirigamos en su construcción en Inglaterra, es, no que seremos el puerto de refugio de Dover, que aun no ha llegado á su terminación. En el muelle principal de este puerto que alcanza profundidades de 40 pies ingleses debajo de la baja marea vivas, se ha segurado rigurosamente el fondo de hileras horizontales y se ha llegado en este tal grado de perfección que el nivel subyacente no ofrece inconvenientes en la extensión construida en un año, no llegaba á una hilera de los bloques, que eran naturales albos y esquadrales artificiales otros cubrían precisamente cuatro metros y se colocaban en obra por medio de rampas de bazo, con las que se podía subir á una altura de operarios que eran poderosamente auxiliados por otros provisionales de balsa de balsa. El servicio de las obras se hacía por medio de unánimes mudando de madera y hierro que se abastecía de alta y de desmontables se utilizaba el trabajo de los bloques de mismo que el de las camaras y el de las escalas y el de cemento y demás materiales que habían de emplearse en las hileras de bloques a una regularidad y a excelencia del trabajo y de la que se deseara en el trabajo de bloques que según parece estas cualidades se han comprado á alto precio y á costa de una lentitud que excitaba la impaciencia.

Verdaderamente que la cláusula transcrita respecto de la mayor facilidad para el transporte de los materiales parece que fue escrita por Mr. Poirer para aplicarse al caso que nos ocupa con más propiedad que cuando se refería a la sustitución de bloques de uno ó dos metros cúbicos por los que él empezó a usar de 10 metros cúbicos y llegaron a alcanzar 25 y 29 según dejamos indicado.

La disminución en el cubo del material que un muelle llevara por el sistema seguido en Dover respecto de las escolleras perdidas es evidente, pues pudiendo reducirse mucho el talud de los muros de los muelles, que no habria inconveniente en hacer verticales, se reduce la seccion de una manera considerable. Para fijar las ideas sobre este particular, supondremos un muelle que debiendo tener 12 metros de ancho en la coronacion a flor de agua, hubiera de edificarse en un paraje en que tuviese 20 metros de profundidad aquella. El muelle paramentado, ó sea por hiladas horizontales, podra muy bien construirse con talud de  $\frac{1}{4}$  por ambos lados; la escollera gruesa de bloques artificiales exigira un talud de  $45^\circ$ , y la de bloques menudos la tomara mucho mas tendido, y aun cuando sin duda el exterior lo seria mas que el interior, supondremos ambos iguales y de 1,50 de base por 1 de altura. En estas hipotesis, en la escollera ordenada se invertira por metro lineal un cubo de 510 metros: la escollera perdida de grandes bloques artificiales haria necesario un cubo de 640 metros, y la de bloques menudos consumiria la enorme cantidad 840 metros cúbicos, que es 2,50 veces mas de lo que se consume en el muelle paramentado. Se ve, pues, como el muelle paramentado ahorra de material que el sistema de escolleras, sobre el de grandes bloques artificiales, sin aumento de mucho mayor que el que en este sistema se logra respecto de las antiguas escolleras supuestas, que habia economia antes en la relacion de 16 a 176, y la que ahora se observa al llegar a la de 10 a 36, como se comprende que se puede llegar a ser mayor, pues el talud supuesto de un cuarto puede disminuirse al paso que el de la escollera perdida es constante para cada clase de bloques. Comprehendemos que se nos objetara que esta economia en el material no representa la que realmente se obtenga en la practica de la obra dada; porque para poderlo conseguir habria que el mismo sistema para colocar los bloques en la relacion muy diferente de la que es la supuesta, y perdidas correspondientes. Asi es, en efecto, en lo que se refiere particular a los bloques mas adelantados, tratando de evaluarlos a mano de obra; pero si se fija la relacion del valor de su numero en un cubo de metros cúbicos de bloques artificiales, que se suponen, en el trabajo enorme invertido en la manipulacion del material, en el transporte, en el trabajo de la piedra, en la confeccion del hormigon, en el transporte y en el de los materiales, no se podra menos de encontrar en que el exceso del coste de la mano de obra en el cubo que se ejecuta importa mucho menos que el valor de la obra que se suprime en cada caso resultando una considerable economia.

Por último en la fabricacion de los bloques necesarios para los muelles concebidos es mas sencilla que para las modernas escolleras, supuesto que siendo menores son mas faciles de ejecutar, mudas mas obras de lasta que lleva consigo la confeccion, no siendo la mano de obra de la misma especie suadada y oréo, que tiene lugar en los bloques de grandes dimensiones. El trabajo de los bloques se va realizando con motivo de las obras de puertos que cada vez se emprenden en mayor escala, y de las fundaciones para las represas de hierro, que en estos ultimos años se han ejecutado en gran cantidad, los perfeccionamientos introducidos en el uso de la dinamita, de la confianza en los trabajos de quipras, usando de ella indistintamente, y bien pronto el edificio dejara de ser un edificio especial. En una obra de este ultimo género, que en la actualidad estamos dirigiendo en esta provincia, se han

[illegible]

dimensiones de los primeros han sido fijadas en vista del empleo á que los dedicamos, tratando de hacerles manejables en lo posible sin perjudicar al progreso de la obra, que se retardaría notablemente si las dimensiones expresadas fuesen demasiado exiguas. Damos á estos bloques una longitud de 3 metros por un ancho de 1,5 é igual espesor ó grueso con lo que el cubo de cada uno es de 6,75 metros, en el que nos parece se reúnen las circunstancias indicadas. El objeto que nos hemos propuesto, haciendo iguales dos dimensiones en cada bloque, ha sido el de facilitar la construcción de la obra haciendo más expedita su colocación, pues no encontramos ventaja alguna en hacer los bloques chatos, y de este modo además hay la seguridad de que un bloque caerá siempre bien en el punto donde ha de colocarse aun cuando la disposición de un aparato ó cualquiera otra circunstancia le hubiese obligado á torcerse en el descenso. Los bloques naturales serán de todas dimensiones, con arreglo á lo que se fijará en el pliego de condiciones; generalmente el cubo de ellos deberá estar comprendido entre uno y dos metros, no siendo un inconveniente el que excedan de esta dimensión, pero el material menudo tendrá también escelente aplicación, para rellenar los huecos que entre aquellos queden y para regularizar los encames de que luego hablaremos.

Esto supuesto, manifestaremos que la obra se ejecutará por tramos de 30 á 40 metros de longitud, pudiéndose variar esta, según se crea conveniente, y siendo extensivo á toda ella lo que de uno de aquellos vamos á decir. Con arreglo á los datos que dejamos apuntados de ancho del fuelle y alturas de la parte de obra sumergida, se deducirá fácilmente el ancho que en cada punto corresponde á la base de aquel, según la profundidad del agua, y por tanto se podrá hacer un replanteo aproximado de las líneas exteriores de la escollera, fijando señales en el terreno por medio de bloques especiales, que los tizos colocarán en los puntos convenientes. Verificada esta operación, se procederá á regularizar un tanto el suelo que ha de recibir la fábrica, elevándose en la parte inferior por medio de las necesarias capas de hormigón, que se correrán con el auxilio de cajones sacos del modo que diremos más adelante, de manera que se formarán unos escalones horizontales, cuya diferencia de altura sea de 1,5 metros, á fin de que cada uno de ellos coincida con la hilada que se ha de colocar sobre el inferior, contiguo. Una vez corrida esta tongada de hormigón, cuya máxima altura no pasará nunca de un metro y medio, indicados deberá repetirse el replanteo, que ya se hará con más comodidad, á fin de establecer sobre el hormigón con la precisión que las líneas exteriores de la primera hilada de bloques que se debe colocar. Esto se verificará después de haber dispuesto los tizos y tizos, pero ántes de las sogas de modo que resulte una hilada con el espesor constante de 5 metros. Inmediatamente encima de esta se colocará otra, también á sogas y tizos, pero á las tizos, en vez de las sogas, de modo que los tizos de esta caigan sobre la mitad del espacio ocupado por las sogas inferiores. Las sogas de esta última hilada que serán sencillas, corresponderán al medio de la hilada inferior, de modo que sus caras estén á 0,75 por cada lado de las de la inferior, mientras que las hiladas inferiores, á medida que los bloques se van colocando, se irán rellenando sus juntas con mortero hidráulico, y practicando la misma operación que hemos descrito para una de las líneas del replanteo con la otra, vendremos á tener dos paredes de 3 metros de altura, que constituirán un recinto cuya amplitud naturalmente dependerá de la profundidad del agua en el paraje que se considera, sabiendo que con cada metro de aquella aumenta otro y un tercio la separación de dichas dos paredes por la relación de los taludes que hemos establecido. Una vez terminado de

esta manera un tramo de la fábrica que podemos llamar sillería, se procede á la construcción de la mampostería, arrojando escollera en el espacio comprendido entre las dos hiladas que hemos descrito. Cuando esta se halle próxima á alcanzar la altura de 5 metros que aquellas constituyen, se irán arreglando los bloques en la inmediación de los de hormigón, relleno los huecos de consideración por medio de bloques menores, en cuyo trabajo podrán auxiliar poderosamente las campanas de buzo; y por último se correrá una tongada de hormigón en todo el espacio comprendido entre las hiladas concertadas. Se procurará que este hormigón presente un aspecto regular en la inmediación de aquellas, con cuyo lecho superior debe quedar rigurosamente nivelado. Después que esto se haya conseguido, se colocará una tercera hilada en la misma disposición que la primera y retirada 2 metros respecto de ella, con lo que vendrá á quedarle un metro respecto de las sogas de la segunda. Sobre ella se colocará la cuarta en la misma disposición que para esta explicamos, con lo que se levantará una pared, ó sea uno de los revestimientos concertados, otra altura de 5 metros. Aplicando al otro paramento la misma construcción, volveremos á formar una especie de cajón de la misma altura y 4 metros menos de amplitud que el anterior, dentro del cual se volverá á arrojar escollera hasta enrasar con su parte superior, con la que se encamará mediante una capa de hormigón que sujetará y dará consistencia á todas las partes de la escollera. De este modo se continuará hasta que la obra asome á dar al agua, en cuyo caso se correrá una última borta de hormigón, que recibirá directamente la fábrica de la parte superior del fuelle, y así quedará terminada la obra. En estas dos observaciones para terminar lo que por ahora nos proponemos decir acerca de este sistema de construcción, supueste que todas las hiladas de los bloques concertados son iguales en altura, es evidente que la proximidad del lecho de hormigón sobre que se ha de sentar la primera, respecto de la línea de baja mar, está determinada, y esta consideración servirá para arreglar la disposición de los escalones horizontales á que nos hemos referido, no siendo indispensable que la altura de los paramentos concertados sea rigurosamente constante, se puede siempre corregir cualquier error que se haya cometido en el replanteo, reemplazando más ó menos las hiladas que se van á colocar respecto de las inferiores, ya sea una ó á cuyo efecto deberá verificarse en todas ellas el replanteo, á fin de comprobar la exactitud del primitivo. Como el trabajo de replanteo se comprende que este sistema debe ser muy sencillo y económico, que el segundo en el orden de importancia, pues que se reduce considerablemente la operación del asiento de los bloques, que es la que más desembolsos ocasiona. En cuanto al coste de la sillería, mampostería y escollera, es evidente que no guarda relación con el que tiene la fábrica de bloques artificiales. Basta reflexionar que para realizar esto hay que arrancar la piedra, partirla para la confección del hormigón, manipular este en las convenientes proporciones de arena y cal hidráulica, y por último construir los bloques, el peso que para nuestra mampostería sólo es indispensable la primera de estas operaciones, que es la más barata, siendo completamente innecesarias todas las demás. La capa de hormigón que con un espesor de 0,50 por término medio enlazará de 5 en 5 metros los bloques naturales, constituyendo una especie de riostras horizontales, proporciona á nuestro juicio suficiente estabilidad á esa escollera defendida por un muro compuesto de 2,5 metros de espesor medio. La resistencia de esta es tal, en razón principalmente del excelente cemento con que ha de construirse, que en la opinión de alguna persona muy inteligente en esta clase de obras, con quien hemos consultado, no debería reforzarse la escollera interior con hormigón alguno, bastando las paredes ex-

teriores para resistir á la acción del mar. Confesamos que nuestra primera intención fué hacer entrar el hormigon en mayor cantidad de la que proponemos, repitiendo las tongadas ó capas á menores distancias; pero en vista de las observaciones que se nos han hecho, y reflexionando maduramente sobre los efectos del imponderable hormigon fabricado con cal de Zumaya, hemos fijado en los tres metros expresados la separación de las capas de hormigon, con lo que creemos queda dotada la obra de una estabilidad completa. Si esto es así, aparece evidente que el empleo de los bloques concertados en el interior es innecesario y ocasiona un gasto, que en buenas reglas de construcción entra siempre el evitar. Por lo demás agregaremos que aunque toda la escollera interior debiera estar bañada en hormigon, su coste seria muchísimo menor que el de la fabrica concertada de bloques artificiales; no tanto por el exceso de gasto que la mano de obra ocasiona, cuanto por el coste de construcción de aquellos.

Este sistema es expedito al mismo tiempo que económico; pues con la variedad de materiales y operaciones que exige, se puede disponer el trabajo de modo que se lleven á la vez varias clases de obra con la conveniente independencia unas de otras. Corrida la capa de fundación de un tramo se puede pasar á verificar la misma operación en otro, mientras en el anterior se colocan las primeras hiladas concertadas, y se puede después arrojar la escollera en esta, mientras en otro se colocan bloques artificiales y se corre de nivel el lecho de un tercero. Se comprende, que necesitando diferentes materiales y medios de ejecución para realizar cada una de estas clases de obras, no hay inconveniente alguno en realizarlas todas simultáneamente. Según se manifiesta en los correspondientes perfiles transversales, este sistema se aplicará á la construcción de todos los muelles que proyectamos en el mismo plan de los exteriores ó principales, á los cuales se rellenará la sección de la lámina n.º 39, que es la del que llamamos llamado del antepuerto, y á la de los de las bocanetas que á la del muro de revestimiento de la bodega y de las pequeñas variaciones que se indican en los dibujos correspondientes. Advertiremos, que el talud que hemos fijado como conveniente para la fabrica concertada de bloques de los muelles exteriores, y que para más facilidad de los cálculos suponemos extensivo á los demás muelles, podrá variarse en tanto en los de carga y descarga y en los de revestimiento si así se cree necesario para proporcionar á los buques mejor medio de acercarse á ellos. Dejamos ya el sistema que proponemos á la ilustrada crítica de las personas que han de juzgarle, prometiendo ocuparnos en otra descripción, si nos fuere posible, de hacer algunas consideraciones relativas á la parte práctica de la construcción que hemos proyectado.

### PROYECTO

DEL PLAN GENERAL DE FERRO-CARRILES, sancionado por el Real decreto de 20 de Abril y 10 de Mayo del presente año para la formación del Proyecto del Plan general de ferro-carriles, queda constituida el día 1.º del mes de Junio proximo pasado. En esta prime-

ra reunion, celebrada en el expresado dia, se tomaron los acuerdos siguientes:

1.º Aprobar cuantas disposiciones habian sido adoptadas por el presidente hasta la fecha, relativas al personal que habia de auxiliar los trabajos de secretaria, así como las que tenían por objeto reclamar del Gobierno datos y documentos de la mayor importancia para los trabajos confiados á la Comision. Quedó tambien autorizado para proceder en lo sucesivo en estas cuestiones como lo creyese más conveniente, aumentando aquel personal si no lo juzgase bastante para llevar á cabo el proyecto en un breve plazo, y reclamando de la Direccion de Obras publicas cuantas noticias y expedientes considere necesarios para la formación del Plan.

2.º Nombrar una Subcomision encargada de redactar el Proyecto, para la que se designaran siete vocales, á saber: el Sr. Barzanallana como presidente, y los Sres. Ardanaz, Santa Cruz, Sierra, Page, Aliranda y Oca, habiéndose resuelto al mismo tiempo que los dos individuos últimamente designados, fueran elegidos á la suerte entre los siete que en representación de las Compañias de ferro-carriles figuraran en la Junta.

3.º Se acordó, por último, que esta Subcomision empezase por redactar las bases del Plan, las que serian discutidas en la Comision especial antes de todo otro trabajo. Estas bases estan ya formuladas, y aprobadas por la Subcomision, debiendo ser sometidas al examen de la Comision tal vez antes de la publicación de este número.

Además para terminar con la brevedad que merecen de estos trabajos cuya importancia es tan reconocida, diremos tambien que para la Secretaria se continua con actividad el extrase de los expedientes siendo ya cerca de 700 los que existen hasta ahora en poder de la misma.

Ofrecemos á nuestros lectores generales al corriente de la marcha que llevan los trabajos de esta Comision, á cuyo objeto consagramos algunos artículos atendida su superior importancia. La Comision especial, nombrada por Reales decretos de 20 de Abril y 10 de Mayo del presente año para la formación del Proyecto del Plan general de ferro-carriles, queda constituida el día 1.º del mes de Junio proximo pasado. En esta prime-