

1. c. 69

TRATADO RUDIMENTAL

DE

FUNDACIONES

Y CIMIENTOS.

POR E. DOBSON, T. C.

Traducido libremente del inglés

POR D. FRANCISCO JAVIER DE BONA,

*Miembro de varias sociedades científicas y literarias,
constructor de obras públicas, etc.*



MADRID : 1856.

IMPRENTA DE D. FELIX DE

Calle de Sta. Maria, núm

TRATADO RUDIMENTAL

Capítulo 2. Cálculo

FUNDACIONES
Núm 2.435

Sec 15. A.

FOR E. DORRIZ, E. D.

Traducción libremente del inglés

FOR D. FRANCISCO LAVIERRE DE ROMA.
Miembro de varias sociedades científicas y literarias,
constructor de obras públicas, etc.



MADRID: 1826.

IMPRESA DE D. FELIX DE

Calle de San María, núm.

1. c. 69

TRATADO RUDIMENTAL

FUNDACIONES Y CIMIENTOS.

POR E. DOBSOM, I. C.

Asociado del Instituto de Ingenieros Civiles, autor de los "Ferrocarriles de Bélgica" y otras publicaciones.

CONTIENE :

LOS PRINCIPALES CASOS QUE OCURREN EN LA FUNDACION DE OBRAS Y LOS MEDIOS DE RESOLVERLOS,

CON OBSERVACIONES PRACTICAS

SOBRE FAGINAS, ENTABLONADOS, ARENA, MEZCLAS, BETUNES, PILOTES, CAJONES, ATAGUIAS Y RECINTOS,

Y

UNA RELACION DEL NUEVO MUELLE EJECUTADO CON BETUN EN EL PUERTO DE ARGEL.

Traducido libremente del inglés

POR D. FRANCISCO JAVIER DE BONA.

Miembro de varias sociedades científicas y literarias, constructor de obras públicas, etc.

ILUSTRADO CON TREINTA Y DOS FIGURAS

ajudadas por el traductor y grabadas por **Severini.**

MADRID, 1856.

Imprenta de D. Felix de Bona,
Calle de Sta. Maria, 32, pral.



PRÓLOGO DEL TRADUCTOR.

En un ramo tan vasto como las obras públicas, que empieza en las elevadas regiones de la ciencia y termina en el astil del zapapico, todos los que á él se dedican necesitan instruccion en mas ó menos grado, y la falta de ella, forzoso es decirlo, se hace notar entre nuestros obreros y agentes auxiliares.

En otros paises, por la organizacion, ó mejor dicho por la falta de organizacion en la enseñanza facultativa, solo llegan á los primeros puestos los hombres eminentes que se abren paso por su talento: las medianías ocupan el suyo y los demas su lugar en un rango inferior, constituyendo, sin embargo, esas inteligencias intermediarias entre la ciencia y su aplicacion, que tanto concurren al buen resultado de las empresas acometidas.

Esta gradacion de inteligencias, que no es otra cosa que la division del trabajo tan recomendada y de todos reconocida como el mejor medio de producir bien, pronto y barato, puede y debe conseguirse en España propagando entre las personas que en mas ó menos importante escala se dedican á la construccion, la mayor suma de conocimientos posible. Ningun medio mejor de obtenerlo que la publicacion de obras sucintas, como la presente, desprovista de la nomenclatura que tanto dificulta el estudio en la generalidad de los no iniciados en ella.

Sin duda, como dice su autor en el Prefacio, no hallarán los lectores un tratado completo y ordenado del dificilísimo arte de las

fundaciones ; pero considerando que lo que se omite ó reseña ligeramente, es aquella parte que entre nosotros está mas vulgarizada, hemos dado la preferencia, en el orden de publicacion de las obras de Mr. Dobson, á este reducido volumen por ser el ramo de la construccion á que naturalmente corresponde el primer lugar, y que sin la menor duda es el mas influyente en el buen ó mal resultado de los trabajos.

La galante acogida que nuestros escasos conocimientos han tenido de parte de ingenieros distinguidos, asi nacionales como extranjeros, en las obras que hemos ejecutado en calidad de contratistas, nos han hecho conocer de cuánta utilidad es para el resultado de las mismas que existan un inteligente acuerdo entre el proyecto y su aplicacion. Descargado un director de minuciosos detalles, puede consagrar su atencion á mas elevados objetos, sin tener que descender de su esfera propia y elevada.

Los ingenieros tambien, por su parte, si bien nada tienen que aprender en esta clase de publicaciones, en cuanto á principios, pueden hallar en ellas la historia de algunas notables obras, cuyo resultado confirme la bondad de tal ó cual sistema empleado, para determinadas condiciones, cuando traten de aplicarlo en circunstancias análogas.

Por todas estas razones creemos prestar un servicio, traduciendo y publicando, en un lenguaje de propósito poco fluido y elegante, pero claro y comprensible, las obras de Mr. Dobson, de que damos hoy esta primera muestra.

Nos holgaremos mucho, sin embargo, al saber que nuestra tarea ha parecido imperfecta ó insuficiente á personas entendidas, siempre que, en vez de ejercer contra nosotros una fria y estéril crítica, hagan otro trabajo mas perfecto y acabado ; en cuyo caso nos consideraremos mas enaltecidos que humillados, por ser hasta cierto punto compartícipes, siquiera como meros móviles, del servicio por ellos prestado al importantísimo arte de la construccion.

FRANCISCO JAVIER DE BONA.

PREFACIO.

Terminado ya el último de los cuatro tomos, que constituyen mi colaboración á la série de tratados rudimentales que publica Mr. Weale, diré algunas palabras sobre las circunstancias en que los escribí, las cuales creo que no estarán aquí fuera de su lugar.

Todos estos tomos han sido escritos mientras me ocupaba de obras propias de mi profesion, cuyos deberes no me dejaron tiempo para estudios ni trabajos literarios, y por esta causa la publicacion de estos tomos se ha retardado mucho mas de lo que, tanto Mr. Weale como yo, habíamos pensado, no habiendo podido darles aquella claridad en el plan y perfeccion en los detalles que se pueden obtener por medio de una division cuidadosa y detenida. Espero, sin embargo, que aunque algo defectuosos en su estilo, y en su orden, y en muchos puntos menos completos de lo que hubieran sido, pudiendo consagrar mas tiempo á su composicion, estos tomos serán útiles para aquellos á quienes están especialmente dirigidos: es decir, á los obreros y otras

personas ocupadas en el arte de edificar, que desean obtener un conocimiento general de los principios de su arte, como fundamento para el estudio de los ramos particulares á los cuales se dirige su atencion especialmente.

A los que no hayan leído mi «*Tratado del Arte de edificar*» será necesario advertirles que el presente volumen es una continuacion del capítulo que en aquella obra está consagrado al asunto de las fundaciones, y mi intencion es dar todavia en la presente mas pormenores sobre ciertas materias que entonces no pude describir sino con brevedad. Por esta razon tambien, muchos asuntos tratados en los otros tomos, aqui se omiten ó se indican superficialmente, v. gr.: el desmonte por medio de barrenos, la naturaleza y propiedades de cementos y argamasas, la construccion de grúas móviles y otras, y la maquinaria de suspension en general.

En las observaciones que en el capítulo IV he hecho sobre la mezcla, y sobre la práctica ordinaria de los arquitectos al usarla, reconozco que se debe un gran respeto á las opiniones de los miembros de la profesion que tienen mas edad que yo, y de las cuales difiero con disgusto; pero en todas las observaciones de este especie que son contrarias á la rutina comun, he escrito segun mi propia esperiencia, y despues de cuidadosas observaciones de obras ejecutadas bajo mi inspeccion ó que he podido examinar con entera libertad y detenimiento; pues he puesto el mayor conato

en no decir nada ligeramente y sin la debida reflexion. Por desgracia, la actual generacion de obreros trabaja empíricamente y segun las costumbres que vienen por tradicion de padres á hijos, con muy poca conciencia acerca de sus inconvenientes, y sin pensar en si pueden ó no mejorarse.

Ayudar al obrero, para que piense y para que examine los principios por cuyos medios deben regularse los detalles de su obra, ha sido mi principal ahinco al escribir los tomos que ahora acabo de completar, y será para mí una gran satisfacion, mientras que estoy empleado en inventar nuevos modos de construir, para vencer los obstaculos que se presenten en la práctica de las obras de las colonias, pensar que los últimos momentos que he pasado en Inglaterra han sido consagrados, aunque tal vez con poco éxito, al adelantamiento de la habilidad é instruccion de los obreros de la metrópoli.

E. DOBSON,

Ingeniero Civil.

CONTIENE.

PRÓLOGO DEL TRADUCTOR.	III
PREFACIO.	V
CAPÍTULO I. Esposicion sinóptica de las principa- les maneras de fundar obras.	1
II. Zócalos.	26
III. Tablonaje.	32
IV. Arena, hormigon y betun.	54
V. Pilotes.	71
VI. Cajones.	103
VII. Cajas-esclusas ó recintos.	118
NOTAS.	147
INDICE.	163
LISTA DE LAS OBRAS QUE SE CITAN.	171

TRATADO RUDIMENTAL

DE

FUNDACIONES Y CIMIENTOS.

CAPITULO I.

ESPOSICION SINÓPTICA DE LAS PRINCIPALES MANERAS DE
FUNDAR OBRAS, Y DE LOS MEDIOS MAS COMUNES DE
LA CONSTRUCCION DE CIMIENTOS.

ANTES de entrar en materia debemos manifestar que con la voz *fundacion* nosotros significamos todo lo necesario para establecer la obra superior, no concretándonos á lo preciso para formar una capa artificial soportadora, en cuyo restringido sentido se toma por lo general esta palabra. Así, nosotros, al hablar de *fundacion natural* y *artificial*, queremos decir, en el primer caso, una formacion sólida natural, en que se puede edificar con toda confianza; y en el segundo, una capa sostenedora artificial, preparada con madera, hormigon ó faginas, y colocada en un terreno que por sí mismo seria demasiado blando para soportar la presion del edificio, si no se apelara á cualquier recurso de esta especie que tuviera por objeto distribuir el peso so-

bre una superficie bastante ancha. El lector, por consiguiente, debe tener en cuenta que en adelante usaremos la palabra *fundacion* en su acepcion mas lata.

El objeto propuesto al hacer cualesquiera fundacion, es formar una base tan sólida que la construccion proyectada no tenga el menor movimiento despues de erigida.

Debemos tener presente que todas las obras, principalmente las construidas en hiladas, sean de piedra ó de ladrillo, se asentarán hasta cierto punto, y que con pocas escepciones todos los terrenos llegan á comprimirse mas ó menos bajo el peso del edificio, cualquiera que fuere su importancia, siquiera parezca esta insignificante. Nuestras miras, por consiguiente, deben dirigirse, no tanto á impedir el asiento, como á conseguir en él uniformidad; de manera que la obra superior esté libre de grietas y otras contingencias, por mas irregularidades que presente el área sobre que se construya.

Vamos á esponer brevemente las reglas que deben observarse en todos los casos donde el suelo natural ofrece un carácter dudoso.

1.^a Distribuir el peso de la construccion sobre una ancha área de superficie soportadora.

2.^a Impedir el escape lateral de los materiales empleados con este objeto.

Ademas las fundaciones en general pueden dividirse en dos grandes grupos.

Grupo 1.º Fundaciones en sitios donde el suelo natural es bastante firme para soportar el peso de la construccion proyectada.

Grupo 2.º Fundaciones en posiciones donde la blan-

dura del terreno exige la ejecucion de una capa artificial para evitar este inconveniente.

A su vez cada uno de estos dos grandes grupos puede ser dividido como sigue :

Division A.—Fundaciones en parajes donde el agua no pone obstáculos á la ejecucion de las obras.

Division B.—Fundaciones bajo el agua.

Los métodos empleados para construir fundaciones bajo el agua pueden ser divididos tambien en tres capítulos, á saber :

1.º Fundaciones en esqueleto ó sea formadas con pilotes, traviesas, emparrillados etc.

2.º Fundaciones sólidas construidas desde luego bajo el agua.

3.º Fundaciones, tambien sólidas, hechas en seco, escluyendo temporalmente el agua por medio de cajones-esclusas ó ataguías.

La clasificacion anterior puede ser brevemente reasumida de este modo :

Objeto. . . . Uniformidad de asiento.

Medios. . . . { Estender la superficie soportadora.
Retener los materiales de que se componga dicha superficie.

Las fundaciones, como se ha dicho, se dividen en dos clases.

Clase 1.ª FUNDACIONES NATURALES.

Division A.—Fundaciones en terreno seco.

Division B — Fundaciones bajo el agua :
que pueden subdividirse :

1. ° En fundaciones de esqueleto.
2. ° Fundaciones sólidas hechas directamente bajo el agua.
3. ° Fundaciones sólidas formadas dentro de cajas ó esclusas.

Clase 2.ª FUNDACIONES ARTIFICIALES.

Division A. — Fundaciones ordinarias.

Division B. — Fundaciones bajo el agua.

Esta clasificacion , como se verá , se refiere simplemente á los diferentes casos que ocurren en la práctica general, sin tener en cuenta los detalles de construccion, ni las modificaciones que pueden ocurrir en determinadas circunstancias, en las cuales deben obrar los encargados de los trabajos, si bien con arreglo á estos principios, de la manera que les sugiera su buen juicio.

En consecuencia nos bastará considerar solamente si el terreno es duro y resistente , ó flojo y comprimible; si es aguanoso ó seco; y si aguanoso definir cuándo la obra necesite ejecutarse bajo el agua, y cuándo esta puede ser escluida temporalmente.

Así , ocupándonos primero de los principios que son constantes y permanentes , y separando los detalles que varían á cada paso con los progresos de la ciencia mecánica y con las circunstancias locales, reservaremos para los subsiguientes capítulos el exámen de los procedimientos mas en uso, segun los adelantos del dia.

Pasaremos , pues , á enumerar los principales casos

que pueden ocurrir, y el tratamiento especial en cada caso.

CLASE PRIMERA.

FUNDACIONES FORMADAS EN SITIOS DONDE EL SUELO NATURAL ES BASTANTE FIRME PARA SOPORTAR EL PESO DE LA OBRA.

DIVISION A.—FUNDACIONES EN QUE EL AGUA NO OFRECE IMPEDIMENTO PARA SU EJECUCION.

Caso 1.º Aquel en que se presenta una capa, á la cual no puede afectar su esposicion al aire y al agua, como roca sólida, graba endurecida etc.

Al fundar sobre un suelo natural de esta especie, la única precaucion necesaria es nivelar el fondo de las zanjias, de manera que la fábrica arranque de una superficie perfectamente horizontal.

Si algunos huecos ó hendiduras se presentasen en la superficie del terreno firme, es preferible rellenarlos de antemano con hormigon, que despues de apisonado es casi incompresible, á igualarlos con la primera tongada. La razon es bien sencilla: subiendo la fábrica hasta el enrás, y siendo el asiento de la fábrica en proporcion de su espesor, el plano superior del cimiento resultará desigual cuando se verifique este asiento.

En los casos en que sea indispensable que la fundacion se establezca en planos de diferente nivel, ya sea en el de zanjias escalonadas, ó bien en el de varias pilas construi-

das sobre un plano inclinado, se debe cuidar con especialidad de que los tendeles ó juntas de mezcla sean todo lo delgadas posible, ó construir la diferencia de profundidad del cimiento con cemento ó alguna dura argamasa que apenas ceda á la presion ; de lo contrario será muy difícil mantener las hiladas de la obra superior en un mismo plano horizontal, verificándose mayor asiento en donde haya mayor número de tendeles.

La graba fuerte puede considerarse como uno de los mejores suelos para edificar. Casi incompresible (1), su volumen no se altera espuesto á la atmósfera, y su fondo se nivela con mas facilidad que el de roca.

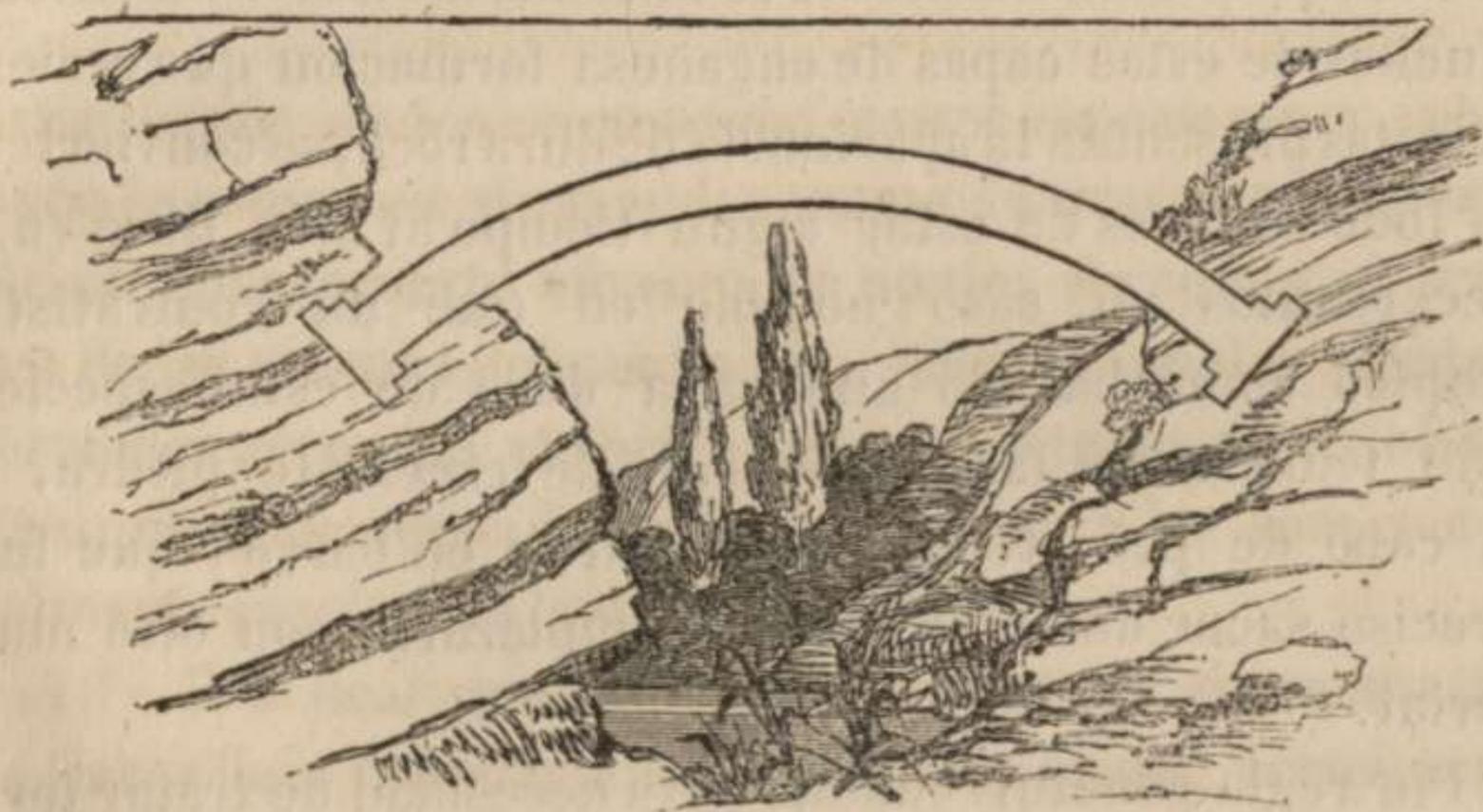
La arena es tambien casi incompresible, y forma una excelente fundacion mientras se pueda evitar su escape lateral ; pero como carece de cohesion y obra como fluido cuando está espuesta á la corriente del agua, debe ser considerada como sospechosa y tratada con precaucion.

Un fondo de roca sólida, aunque parece á primera vista muy ventajoso para el constructor, tiene grandes inconvenientes. El trabajo de formar un plano á nivel es, en general, considerable (2), á menos que las capas estén casi horizontales naturalmente. Sucede con frecuencia que en el área de un grande edificio algunas porciones de él descansan sobre roca, y otras sobre una capa adyacente de graba ó arcilla; la irregularidad del asiento procedente de esta causa hace muy incómodo su tratamiento.

Los lechos de roca, interpuestos con otros de arcilla, no deben inspirar confianza cuando la estratificacion es muy inclinada, porque están predispuestos á resbalamientos que pueden causar graves perturbaciones en la

obra construida sobre ellos. Mucho depende esto, sin embargo, de la posicion de la obra misma, respecto del sentido en que las capas presenten su inclinacion : por ejemplo, si se edifica un puente sobre un barranco, como aparece en la *fig. 1.^a*, las fundaciones de un lado estarán perfectamente seguras, mientras que las del opuesto correrán el riesgo de descomponerse á causa de la inclinacion de las capas.

Figura 1:



Caso 2.^o Aquellas capas que pueden ser afectadas al esponerse al agua ó al aire.

Suelos de esta especie deben protegerse cuidadosamente contra la accion atmosférica, haciendo las fundaciones tan profundas que estén fuera del alcance de los calores del estío y de los frios invernales, ó cubriendo el fondo de las zanjias con una capa impenetrable de argamasa. Por falta de estas precauciones, muchos edificios fundados

someramente sobre suelos arcillosos, llegan á ser seriamente injuriados por la expansion y contraccion del terreno sobre el cual descansan.

Algunas capas tan duras, que exigen barrenos para su removimiento (3), se descomponen con rapidez al esponerlas á la atmósfera, cuya accion química destruye completamente su cohesion. Por consiguiente estos terrenos requieren grandes precauciones para guarecerlos contra los numerosos peligros á que estén afectos, principalmente en los puentes de paso superior de los caminos de hierro, que ordinariamente se hacen cruzando desmontes. Muchas de estas capas de engañosa formacion que recien abiertas presentan la apariencia de dura roca, se convierten en lodo despues de estar algun tiempo al aire libre (a). Recordamos un caso notable en que un contratista empleó como balasto una capa dura de esta especie, que tenia todas las apariencias de escelente piedra, y al cabo de poco tiempo se convirtió en barro, que fué preciso sacar de la via para reemplazarlo con otro material.

Por regla general, cuando haya necesidad de tratar terreno de esta clase expansible, y digámoslo así, traidora, conviene que se esponga al aire lo menos posible, y que se recubra inmediatamente.

(a) Nuestra propia esperiencia nos ha proporcionado casos prácticos de esta verdad. En el ferro-carril de Almansa, terrenos en que por su dureza solo se habia dado 0'5 de base á los escarpes de los desmontes, exigieron que se duplicara á los pocos meses, y en algunos sitios fué preciso revestirlos de mampostería en seco.

Las precauciones contra los inconvenientes de esta clase son mas necesarias, donde los trabajos han de ejecutarse contrarrestando el empuje lateral, como en la construccion de túneles, alcantarillas, muros de sostenimiento, estribos de puentes y otras semejantes, en cuyo estudio práctico puede el constructor hacer importantes observaciones.

Caso 3.º Cuando la capa firme se encuentra á considerable profundidad debajo de una gran masa de tierra floja.

En lugar de los cuantiosos gastos que siempre ocasiona la remocion de grandes masas de tierra, es preferible establecer cierto número de puntos de apoyo, á traves de las mismas masas flojas, sobre las cuales pueden formarse arcos ó plataformas para construir sobre ellos. Esto puede hacerse de varias maneras, y las mas generalmente empleadas son las siguientes :

1.º Practicar pozos ó agugeros en todo el espesor de la tierra floja rellenándolos con arena, grava, hormigon ó cualquiera otro material incompresible. Este sistema es poco conocido en Inglaterra; pero ha tenido mucho uso en el resto de Europa, siendo lo mas comun clavar pilotes hasta la profundidad apetecida, que se retiran para ocupar su hueco con arena. En los «*Annales des Ponts et Chaussées*, (año 1835), y en el cuarto tomo de los *Papers on Subjects connected with the Duties of the Corps of Royal Engineers*,» (Londres año 1840), se encuentran detalles completos sobre el método de emplear arena en las fundaciones.

2.º Clavar pilotes de madera ó de hierro , que atravesando el terreno flojo , descansen en la estratificación firme.

3.º Introducir á rosca pilotes de hierro , los cuales tienen sobre los anteriores mucha ventaja , tanto por entrar con mas facilidad , cuanto porque su agarramiento á las capas flojas por que pasa , contribuye poderosamente á evitar el desplomo en obras muy espuestas al viento , como grandes chimeneas , faros y otras.

4.º Por medio de cilindros huecos de hierro fundido , cuyo descenso se verifica quitando de su interior la tierra floja á medida que van bajando . Estos cilindros suelen rellenarse de hormigon , fábrica de ladrillo etc.

Bajo este mismo género puede ser comprendido el pilotaje clavado por percusion , por gravedad , ó por medio de la presión atmosférica , segun el procedimiento del Dr. Pott.

Caso 4.º *Cuando una corteza de buen terreno descansa sobre una capa inferior movediza.*

Puede establecerse como regla general , para los casos de esta naturaleza , la conveniencia de contentarse con lo suficiente absteniéndose de provocar el movimiento del terreno por medio de apisonamientos , pilotajes y otros recursos semejantes ; tomando ciertas precauciones para que la capa dura no sufra la menor lesión , y para que en la floja no tengan lugar resbalamientos ni escapes laterales . Parece ocioso añadir que en ocasiones como estas conviene reducir el peso de la construcción tanto como sea posible y distribuirlo sobre una grande área.

Cuando la capa inferior , á que llamaremos *subcapa* , es

marcadamente comprimible, puede reducirse al límite de estabilidad necesario poniendo peso sobre la fundacion, antes de comenzar la obra superior, con cuya prevencion puede despues edificarse sin temor de subsiguientes movimientos.

Si la *subcapa* es arcilla plástica y jabonosa, debe evitarse el cortar profundas zanjas de desagüe en las inmediaciones de la obra, porque podrian ser causa de resbalamientos que comprometieran su seguridad.

Siendo la *subcapa* de arena, habrá probablemente poco ó ningun asiento todo el tiempo que permanezca esta sin remover; pero si estuviera espuesta á la accion del agua no debe inspirar ninguna confianza. Una chimenea, por ejemplo, puede permanecer perfectamente segura por espacio de muchos años y ser destruida en pocos dias con solo hacer un pozo ó cualquier obra de desagüe cerca de ella. Asi se observa que en las inmediaciones de las fábricas de sal el terreno se hunde gradualmente por el bombeado que se hace en él para obtener el hidroclorato de sosa, lo cual puede observarse en los establecimientos de Nortwich, en Cheshire, cuyo hundimiento se estiende hasta una considerable distancia.

Debemos notar que los numerosos ejemplos de obras destruidas por estas razones, las cuales de otro modo se hubieran conservado completamente sólidas, prueban la grande atencion y cuidado que exige la ejecucion de trabajos de desagüe en las inmediaciones de edificios existentes.

Ultimamente, si la *subcapa* es lo que podríamos llamar de naturaleza *cespedosa*, es decir, de arcilla muy húmeda, es indispensable procurar su desagüe y desecacion antes

de dar principio á las obras, las cuales, de no hacerse así, quedarían espuestas á funestos accidentes.

Muchos edificios situados cerca del Campo del pantano, en Londres, han sufrido grandes asientos, y otros se han destruido completamente á causa de que el pantano, de que toma su nombre esta localidad, ha sido desaguado completamente, durante los últimos años, por la construcción de nuevas alcantarillas.

Los muros exteriores del Instituto de Londres (en Finsburg Circus) fueron edificados sobre una *subcapa* de graba colocada bajo una capa de turba, al paso que los interiores se apoyaban en la turba misma, la cual, sostenida por las paredes exteriores que le impedían estenderse, formaba un buen fondo mientras permaneció húmeda; pero á la construcción de las alcantarillas mencionadas, los citados muros interiores empezaron á hundirse, y fué necesario introducir pilotes debajo de ellos, cuya difícil operación, hábilmente ejecutada, produjo los mas felices resultados.

El ejemplo de este falseo prueba la insuficiencia de las tablestacadas, colocadas al rededor de un edificio para impedir asientos, cuando la *subcapa* esté llena de agua; por mas que en otros muchos casos sea una excelente precaución.

CLASE PRIMERA.

DIVISION B. — FUNDACIONES BAJO EL AGUA.

Después de haber enumerado hasta aquí los principa-

los casos que ocurren al fundar simplemente sobre un fondo natural, vamos á entrar en la segunda consideracion de estos casos : es decir, cuando se complican estando el fondo debajo del agua. En algunos de ellos es suficiente formar cierto número de soportes ó machones aislados de pilotage, y esto es casi siempre practicable; escepto si se encuentra un fondo de roca. Pero en la mayor parte de las circunstancias, es indispensable hacer masas sólidas para satisfacer las exigencias del proyecto.

Cuando el terreno es firme y no está espuesto á inundaciones, se puede establecer la obra simplemente *sobre el terreno*. Si, por el contrario, fuese propenso á inundarse, y la capa firme está cubierta por otra, que sea necesario remover antes de principiar los cimientos, será menester escluir temporalmente el agua del sitio de la fundacion por medio de ataguías ó represas.

Al considerar por consecuencia los diferentes métodos adoptados para ejecutar fundaciones hidráulicas, nos parece oportuno clasificarlas en tres divisiones, á saber :

- 1.^a Fundaciones de pilotaje.
- 2.^a Fundaciones construidas *bajo* el agua.
- 3.^a Fundaciones, de cuyo sitio se escluye el agua, durante la ejecucion de las obras.

Subdivision 1.^a—Fundaciones de pilotaje.

Método 1.^o—*Pilotes de madera.*—Se objeta contra los pilotes de madera, que cuando no están del todo sumergidos se pudren fácilmente por la linea del agua. Espuesta á las mareas (4), la madera es tambien pronto atacada

por el gusano y se destruye rápidamente á causa de sus estragos.

Hasta ahora no se reconoce ningun remedio cierto para este mal; pero la saturacion con aceite de Petroleo, de Mr. Bethell, es el procedimiento considerado, por hoy, como el mas eficaz, y su empleo, que lleva algunos años de prueba en el puerto de Lowestoffe, ha dado los mejores resultados.

El uso del pilotaje de madera es tan comun, que por ahora no consideramos necesario decir mas sobre él para que sea conocido de nuestros lectores.

Método 2.^o—*Pilotes de hierro fundido*.—Esta clase de pilotes pueden ser ó sólidos siendo su seccion \perp ó huecos, bien sean redondos ó cuadrados. Siendo huecos, se tala-dra generalmente el terreno para introducirlos, barre-nándolo desde el interior del pilote para facilitar su bajada. Por este medio los pilotes de hierro fundido pueden clavarse con mucha facilidad en la graba ó en la piedra de yeso ó sulfato de cal. Los pilotes cilindricos, clavados en yeso, fueron empleados con gran éxito por Mr. Tierney Clarke en la construccion del embarcadero principal de Gravesend (5). Mr. Simpson adoptó en el nuevo embarcadero de Southend los pilotes cuadrados, clavados en arena, los cuales sostienen un emparrillado de madera.

Los pilotes macizos de hierro fundido han sido usados en muchas partes; entre otras, en la fundacion de un puente giratorio sobre el rio Wenssum, en Norwhich, y en la línea del camino de hierro de Norfolk, por Mr. Bid-der (6); no puede contarse con la duracion del hierro en agua salada, porque se irá reblandeciendo gradualmente

hasta el punto de poderse cortar con un cuchillo (7). Esto hace considerar el pilotaje de hierro como muy precario para obras marítimas.

Método 3.º — *Pilotaje de hélice.* — Hace poco tiempo que se ha generalizado este método de introducir los pilotes, particularmente en la construcción de faros, donde en la mayor parte de los casos ningun otro lo reemplaza con ventaja. Los pilotes de hélice son esencialmente adoptados para obtener un grande agarramiento en lugares donde serian ineficaces los demas medios, como, por ejemplo, en un arenal. La relacion completa de esta invencion de Mr. Mitchell, y la de algunas de las mas importantes obras, á que ha sido aplicado, se hallará en *The Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, de 1848.

Método 4.º — *Cilindros huecos de hierro fundido.* — Estos cilindros pueden bajar sin mas esfuerzo que su propia gravedad, sacando la tierra de su interior ó por medio de la presión atmosférica, empleando el sistema del doctor Pott (8). Tambien suelen entrar á rosca como los pilotes de hélice. Cuando son de gran diámetro, se rellenan ordinariamente con hormigon ó ladrillo, en cuyo caso pueden considerarse mas como pilares que como pilotes.

Subdivision 2.ª — Fundaciones sólidas colocadas bajo del agua.

Método 1.º — *Piedra perdida ó desconcertada.* — Este método consiste en arrojar al fondo masas de piedra, dejando á la acción del agua y á ellas mismas el cuidado de su

arreglo. Este es un sistema inaplicable á los rios, cuyo cauce no conviene estrechar ; pero se emplea mucho en obras marítimas , para la construccion de escolleras y otras análogas.

Es peligroso su uso para obras permanentes , como muros de muelle , faros etc. , porque queda la obra espuesta á sucesivos asientos que la desplomen, y exige un entretenimiento constante y costosas reparaciones. Los dos ejemplos mas notables de este sistema son las escolleras de Cherbourg y de Plymouth , cuyas respectivas historias están llenas de interés é instruccion.

Método 2.^o—*Blockes (a) irregulares de betun.*—La inseguridad inherente á las obras erigidas sobre fundacion de piedra perdida condujo á los ingenieros franceses ocupados en los trabajos del puerto de Argel á sustituir los pedazos de piedra ordinarios , empleados hasta entonces, con grandes masas de betun, de tal tamaño, que no pudiesen ser removidas por las olas.

La fuerza de un golpe dado por una ola, depende de la superficie espuesta á su violencia, por lo cual , ofreciendo á su empuje una superficie algo mayor, pero con un considerable aumento de peso, concluiremos por hallar un límite á la presion del oleage.

Escepto en muy raros casos , es imposible hallar piedras bastante grandes para llenar esta condicion ; pero hay pocas situaciones en que no sea practicable fabricar

(a) Hemos adoptado sin tituvear la palabra inglesa *Blocks* por estar su uso muy generalizado entre los ingenieros y constructores de todos los paises.

blockes artificiales de betun de 10 á 20 toneladas de peso, que pueden conducirse á flote hasta el sitio en que deban sumergirse. El citado muelle de Argel es una prueba feliz del resultado de este modo de construir en grande escala.

El lector puede consultar, con gran fruto, la memoria relativa á las obras nuevas de Argel, escrita por Mr. Poi-rel, que es en realidad un tratado completo sobre fundaciones marítimas.

Método 3.º — *Betun colocado en cajas forradas de lona embreada.* — Esta manera de emplear el betun se ha dado á conocer recientemente por su adopción en muchas de las mismas obras de Argel, y es excelente para establecer fundaciones sobre un fondo de rocas ásperas y desiguales. Es mas ventajosa aun en aquellos parages donde el agua tiene poca profundidad y conviene formar un plano vertical ó de muy poco escarpe para evitar el estrechamiento del canal y conseguir que puedan atracar los buques.

El procedimiento consiste en formar una gran caja sin fondo ni tapa, con los cantos inferiores recortados groseramente, para que se agarren á las rocas del suelo sobre que ha de colocarse. Esta caja se forra de lona embreada, que debe estar muy floja en el fondo; cuyo forro sirve, no solamente para sujetar el betun antes de que trabe, sino para impedir que le perjudique el agua que se introduzca entre los cantos de la caja y las rocas.

Para bajar el betun destinado á rellenar la caja, evitando que el contacto del agua durante el descenso disuelva y segregue la cal de la mezcla, se emplean unas pequeñas cajas de hierro de fondo móvil, en las cuales

desciende el betun protegido contra el contacto del agua que tanto puede perjudicarle antes de empezar á endurecerse. Cuando la masa asi colocada llega á la superficie, se deja durante algunos dias para que se endurezca, y despues que esto ha tenido lugar se separan los lados del cajon, cortando primero el lienzo, para poderlos utilizar de nuevo en otra parte.

Tal es el medio mas apropiado de fundar allí donde un fondo de piedra desigual hace impracticable el aislamiento por medio de pilotes y tableros, y donde mutilar las rocas para que recibiesen la fábrica regular, seria una empresa erizada de dificultades y gastos.

Método 4.º — *Fábrica sólida colocada sobre el suelo natural con auxilio de la campana de buzo.* — Este método, tan generalizado para fundaciones submarinas, es muy conveniente para trabajar en sitios donde no haya grandes corrientes ni rompiente de marejada, y cuyo fondo puede ser esplanado con facilidad para el asiento de la fábrica. Por medio de unas grúas giratorias que se mueven sobre ferro-carriles de servicio ó sobre plataformas flotantes, segun el caso, se bajan las piedras al fondo, donde los buzos las colocan en su sitio con la misma precision que si fuese al aire libre. En este método, como en el anterior, si no hay facilidad de obtener grandes piedras para resistir el empuje de las aguas, pueden reemplazarse aquellas con grandes masas de betun.

Subdivision 3.^a—Fundaciones en sitios de los cuales el agua puede escluirse temporalmente.

Método 1.^o—Fundaciones sólidas en que los materiales van metidos en cajones de madera, cuyos fondos descansan en el terreno.—Este sistema es de muy poco uso, á causa de los grandes inconvenientes que presenta cuando el terreno es flojo y el agua puede minarle, ó siempre que siendo duro, no se presta á la preparacion de un buen lecho para el asiento de los cajones. En este caso, la madera, que queda sin apoyo, se halla muy espuesta á fracturarse con el peso y á desconcertar la obra ejecutada encima, como sucedió en el bien conocido accidente del puente de Westminster.

Método 2.^o—Fabrica hecha en cajones asentados sobre una capa de hormigon.—Este procedimiento está completamente libre de los inconvenientes del anterior. Si el terreno fuese fangoso y espuesto á socavaciones, debe limpiarse convenientemente con la barredera antes de colocar el hormigon. Este medio se ha empleado bastante en el Continente; pero muy poco hasta ahora en Inglaterra.

Método 3.^o—Fábrica construida dentro de cajones que descansan sobre pilotes.—Es un sistema muy fácil y económico, perfectamente adaptable á sitios donde hay esposicion á socavamientos y la capa firme está muy profunda. Despues de clavados los pilotes, se cortan por un mismo plano de nivel, tan á la haz del terreno como sea posible. Los cajones deberán construirse de manera que

los cruceros de sus fondos descansen precisamente sobre los pilotes. La práctica de este método, si bien poco común, ha sido aplicada, con gran éxito por Mr. Rendel, al puente de Lary en Plymouth. Las fundaciones de un magnífico puente de ferro-carril sobre el Meuse, en Lieja, también fueron construidas de la misma manera.

Método 4.º—*Fundaciones hechas en el interior de un cajon-esclusa.*—Un *cajon-esclusa* puede definirse diciendo que es un muro ó ataguía impermeable, construido alrededor del sitio donde se prepara la construcción de una obra hidráulica, para dejarlo en seco, achicando ó desalojando con bombas el agua contenida en su circuito.

Las *cajas-esclusas* empleadas en el día en grande escala, se construyen ordinariamente con una doble hilera de pilotes, cuyo espacio intermedio se rellena de arcilla apisonada. El número de hileras de pilotes y el espesor de la capa de arcilla intermedia, depende de la localidad y circunstancias de la obra; pero en la práctica ordinaria las esclusas se hacen demasiado ligeras, por un espíritu de mal entendida economía de parte de los contratistas á cuya discreción se deja casi siempre el modo de hacer las obras provisionales, auxiliares de las permanentes.

En el último capítulo de este volumen hallará el lector descripciones de algunos de los mejores ejemplos de *cajas esclusas* que se han construido en Inglaterra á las cuales le referimos para los detalles prácticos del asunto.

Algunas veces se emplean *cajas-esclusas* portátiles, que en casos dados son muy ventajosas.

Las planchas acanaladas de hierro fundido han sido

adoptadas con éxito para hacer *cajas-esclusas*, cuando el agua no era muy profunda.

CLASE SEGUNDA.

FUNDACIONES SOBRE UNA CAPA SOPORTADORA ARTIFICIAL.

DIVISION A.—FUNDACIONES ORDINARIAS.

Caso 1.º *Terrenos blandos, pero no fangosos.*

Se pueden tratar estos terrenos de dos modos muy diferentes:

1.º Consolidar el terreno blando, clavando en él pilotes hasta comprimirlo de manera que el rozamiento lateral impida bajar al pilotaje.

2.º Interponiendo una plataforma de faginas, hormigon ó madera entre el terreno y la obra, para distribuir así el peso de esta última sobre una grande estension de superficie soportadora.

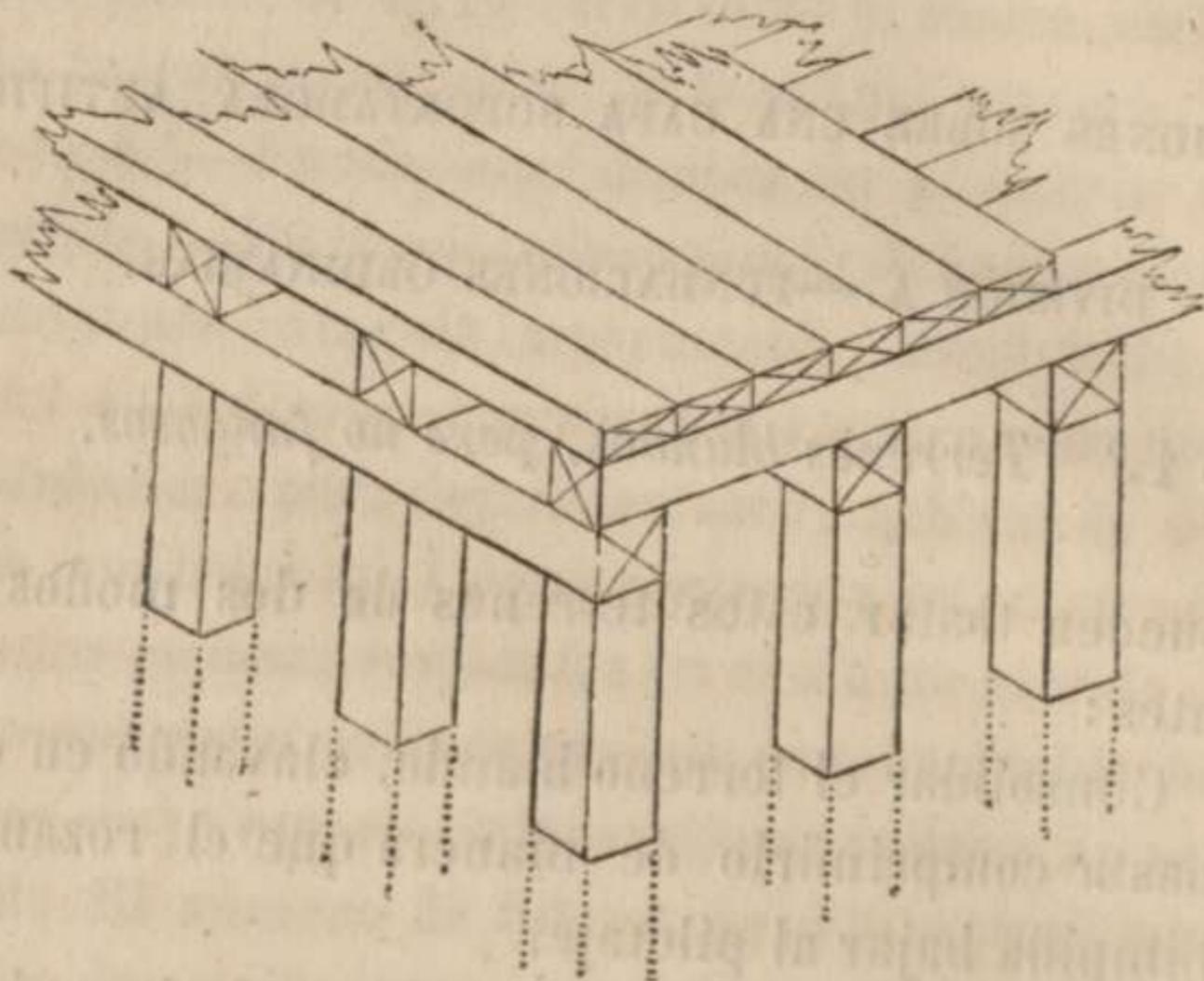
Estos métodos se combinan frecuentemente.

Un medio muy usado de procedimiento consiste en rodear el sitio de la obra con planchas de hierro embutidas para encerrar el terreno, clavando en él pilotes muy espesos. Luego se sierran los pilotes á una misma altura, y quitando la tierra intermedia hasta dos ó tres pies mas abajo de sus cabezas, se llena la escavacion de hormigon ó betun, cubriéndolo todo con tablas para recibir despues la albañilería de la obra superior.

Algunas veces, en lugar de poner las tablas directa-

mente sobre las cabezas de los pilotes, se forma un emparrillado de maderas horizontales, como se determina en la *fig. 2.^a*

Figura 2.



La práctica de clavar pilotes para solidificar el terreno blando no debe recomendarse, á pesar de su frecuente uso, porque su efecto viene á ser como si solamente se hiciese la masa mas espesa. Mejor sistema que el de introducir pilotes es el de hacer agujeros con un gran tala-dro hasta una profundidad considerable, y llenar los huecos con arena, la cual, por su propiedad de obrar casi como flúido, es un material precioso para distribuir la presión sobre una gran superficie.

Los pilotes de madera ejercen la presión en sentido de su longitud; pero los de arena la transmiten, no solamente al fondo, sino tambien á los lados de las escavaciones, sin perjudicar al terreno por la vibración.

En muchos suelos, demasiado blandos para soportar sin preparacion artificial los muros de un edificio, pueden llenarse las zanjias de arena seca, que dará una base mas estable, en la mayoría de los casos, que una plataforma de madera.

Caso 2.º Suelo de naturaleza á que podriamos llamar semifluida, como lodo, cieno ó césped.

Los casos de esta especie ocurren principalmente en obras de navegacion y desagüe, y son dificilísimos de tratar con éxito. Debe aspirarse á la formacion de una fuerte plataforma, sobre la cual la obra pueda flotar, digámoslo así, sobre la liquefaccion que presenta el terreno. Partiendo del principio de que la fundacion se asentará mas ó menos, segun el peso de la obra, este debe calcularse de antemano, y mejor todavia, cargar la fundacion con otro peso equivalente para partir de una base segura y evitar un movimiento que tanto podria perjudicar á la construccion definitiva.

En Inglaterra se usan generalmente las plataformas de madera para casos de esta especie; pero en Holanda se emplean las faginas del modo que describiremos mas adelante. En todos los casos, la principal atencion debe dirigirse á distribuir el peso con perfecta igualdad sobre la plataforma, para que el asiento resulte rigurosamente vertical; de lo contrario la seguridad de la obra quedará gravemente comprometida.

CLASE SEGUNDA.

DIVISION B.—FUNDACIONES BAJO EL AGUA.

Hemos llegado á tratar de la clase mas difícil de fundaciones, que son las de obras hidráulicas en terrenos flojos de aluvion.

Si el terreno tuviere alguna consistencia, podriamos cerrarlo con una esclusa; pero en este procedimiento se corre siempre el riesgo de que la presión del agua filtrada levante el fondo, y para impedir tamaño accidente conviene entarimarlo ó formar un fuerte encachado de piedras.

En casos determinados procede ejecutar la obra en pequeñas porciones, completando una division antes de principiar las zanjás de la siguiente.

Cuando el terreno se presente en estado de liquefaccion, la formacion de las esclusas es casi siempre impracticable. El método mas seguro en este caso es formar un grueso lecho de faginas, apisonándole con piedras ó ladrillos rotos y despues construir encima, encerrando la fábrica en grandes cajas de madera. Los holandeses construyen de esta manera obras de grandes dimensiones superficiales, colocando las faginas de modo que se crucen en ángulos rectos. Luego las atan con cuerdas embreadas, y las refuerzan con palos y fajas de mimbres.

Estas plataformas se cargan de grava ó piedra machacada para sumergirlas, guiándolas por medio de cables hasta la localidad que deben ocupar, en la cual se

aseguran con largas estacas ó pilotes clavados á través de ellas. Una escelente y detallada relacion de el «Arte de edificar con obra de faginas» se ha dado en *The minutes of Proceeding of the Institution of civil Engineers* (1848), debida á la pluma de Mr. S. B. Jackson, á la cual referimos al lector que desee estudiar el asunto minuciosamente.

El antecedente bosquejo debe considerarse como un cróquis de los principios generales de fundacion. El principiante puede concluir el cuadro, tanto por medio de sus observaciones personales, como por el exámen de obras ya ejecutadas. Estudiando la relacion de las dificultades vencidas felizmente por los demas, es como el joven ingeniero se prepara contra los obstáculos que mas pronto ó mas tarde han de rodearle en su carrera, mientras que las faltas de éxito, ocurridas á hombres eminentes de su profesion, al paso que le enseñarán á tener humildad, imprimirán en su ánimo la necesidad de una paciente investigacion é infatigable perseverancia para dominar las dificultades siempre crecientes de la época, que se multiplican á despecho de las facilidades que proporciona la ciencia mecánica del siglo diez y nueve.

En el capitulo que estamos terminando hemos llamado la atencion del lector, simplemente á los principios generales, sin entrar en detalles mecánicos mas que lo puramente necesario. En el capítulo siguiente nos proponemos examinar los detalles prácticos de las fundaciones, tanto como la estension de un tratado rudimental lo permite. Dar una relacion de todos los sistemas de construccion, que en varias épocas se han practicado, ó aun

que fuese solamente de los que hoy están en uso, nos conduciría mas allá de nuestros límites. Por lo tanto hemos elegido para la esplicacion algunos puntos principales, cuyo estudio formará una buena preparacion para que el joven aplicado pueda seguir investigando por sí hasta adquirir un caudal completo de conocimientos en este ramo.

Los asuntos á que nos referimos, son como sigue:

Zócalos (*a*), plataformas de madera; arena, hormigon y betun; cajas, y últimamente la construccion de cajones-esclusas. A cada uno de estos objetos nos proponemos consagrar un capitulo especial.

CAPITULO II.

ZÓCALOS.

Al principiar un edificio, es costumbre estender las primeras hiladas bastante mas afuera de los plomos determinados por sus fachadas. Estas hiladas, y mas propriamente dicho, estos zócalos, deben corresponder á dos importantes objetos.

1.º Distribuir el peso de la construccion sobre una estension mayor de superficie soportadora, de manera que la esposicion al asiento vertical, por causa de la compresion del terreno, se disminuya considerablemente.

(*a*) Entiéndase la voz como base de cimiento y no en la accion de miembro de arquitectura.

2.º En los casos de edificaciones aisladas y cuya base es comparativamente pequeña, este ancho apoyo las protege contra la pérdida de su perpendicularidad, á causa de la acción de los vientos.

Tomemos, por ejemplo, el caso de un cañon de chimenea que tenga 100 pies de elevacion, construido sobre una base cuadrada de 10 pies de lado, y espuesto al empuje de fuertes ráfagas. Con 0'025 de pie de compresion en el terreno por el lado de sotavento seria suficiente para que la cima del cañon se desplomara 6 pulgadas. Aumentando la base hasta 20 pies de lado, no solamente doblaremos el apalancamiento, con el cual la fundacion resiste la fuerza de los huracanes, sino que la superficie soportadora se cuadruplica; de manera que la total resistencia es ocho veces mayor que en el primer caso.

Apenas es necesario añadir, que para cumplir bien las primeras fundaciones con su útil objeto, deben tener mucha adhesion con el cuerpo de la obra y suficiente fuerza para resistir las violentas presiones transversales á que están espuestas.

En la práctica ordinaria, sea edificando con piedra ó con ladrillo, hay desgraciadamente mucho descuido acerca de estos puntos; y á tal negligencia pueden atribuirse gran número de contratiempos ocurridos en obras, por otra parte bien ejecutadas.

Consideremos en primer lugar las fundaciones de piedra.

1.º Téngase presente que cuanto mas baja coloquemos una piedra en un edificio, tanto mas grande será el peso que está destinada á sostener, y por lo mismo ma-

por el aumento del riesgo procedente de las irregularidades en el trabajo de las capas. Estas deben formarse con perfecto ajuste, y poner en ellas igual esmero y aun mas que en la obra superior.

2.º Conviene cuidar mucho de que en los zócalos de sillares ninguno tenga menos tizon del necesario para entregar, al menos, algunas pulgadas bajo los plomos del cuerpo de obra que deben soportar, salvo el caso de estar formados de hiladas dobles que cumplan alternativamente esta condicion indispensable. De lo contrario serán inútiles, y al hacer el asiento resultará descompuesta la fábrica, como manifiesta la *fig. 3.*

3.º En proporcion del peso que los zócalos necesiten resistir, se debe reducir la proyeccion de cada hilada, respecto de la inmediatamente superior, disminuyendo así la presion transversal sobre la porcion proyectante; de lo contrario estarán espuestos á hendirse en toda su altura, como en la *fig. 4.*

En los grandes macizos, tales como pilas, estribos de puente y otras semejantes, que por si mismos tengan una gran base, debe economizarse el aumento de superficie sostenedora, resultante de la salida sucesiva de las hiladas, porque hay gran riesgo de que las inferiores sean separadas del cuerpo de la obra por la presion. En semejan-

Figura 3.

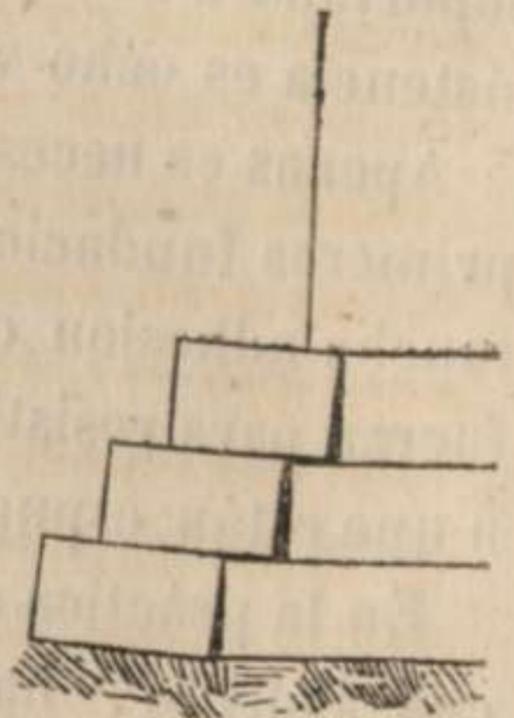
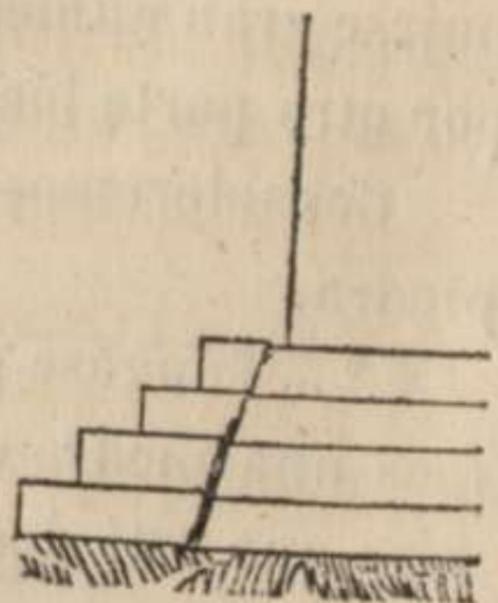


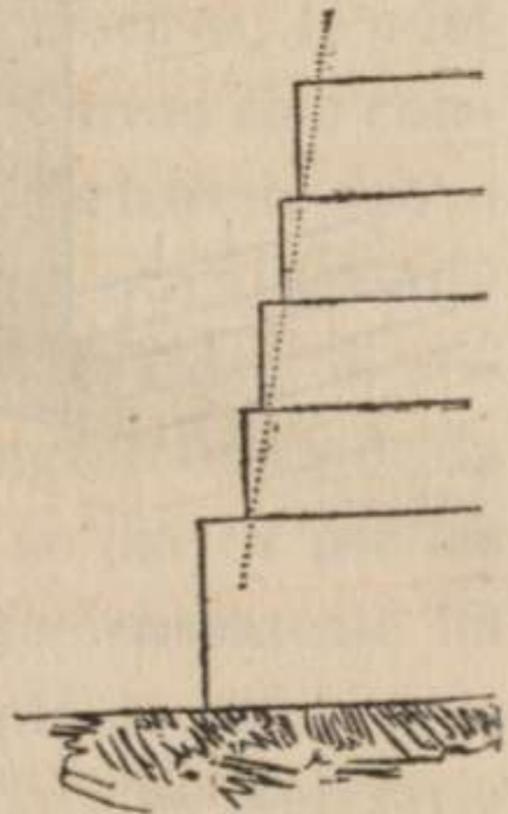
Figura 4.



tes casos es preciso dar á los retallos muy poca proyeccion, y mejor aun sustituir este con un ligero escarpe. (Véase la *fig. 5.*)

Nunca podrá reprobarse bastante el uso de la piedra tosca asentada con argamasa comun, como base de un cimiento; porque la compresion de esta argamasa producirá movimiento en la obra. Es mucho mejor medio, para emplear esta piedra, machacarla y colocarla bien apisonada en las zanjas *sin argamasa*; pues así formará un fondo duro y resistente todo el tiempo que

Figura 5.



permanezca sin estenderse lateralmente, á lo cual se opone la presion del terreno. Donde hay abundancia de piedra menuda el mejor modo de proceder consiste en hacer las fundaciones con cemento, de manera que el todo forme una masa compacta del volúmen total del cimiento. En este caso el tamaño, forma y tez de la piedra son de pequeña importancia.

Las obras de ladrillos deben hacerse colocándolos siempre de tizon, escepto en las citaras y demas muros cuyo grueso sea menor que el largo del ladrillo. Este solo debe resaltar una cuarta parte de su longitud respecto de la hilada inmediatamente superior, cuando se emplee en construir zócalos, poniéndose, en la generalidad de los casos, las dos primeras sin retallo entre sí, y la primera únicamente de soga, á causa de quedar enteramente cubierta por la segunda y guardar mejor los trabazones. Las *figs. 6, 7, 8 y 9* nos evitan entrar en mas

detalles sobre este asunto, el cual por otra parte es de todos bien conocido.

Figura 6.

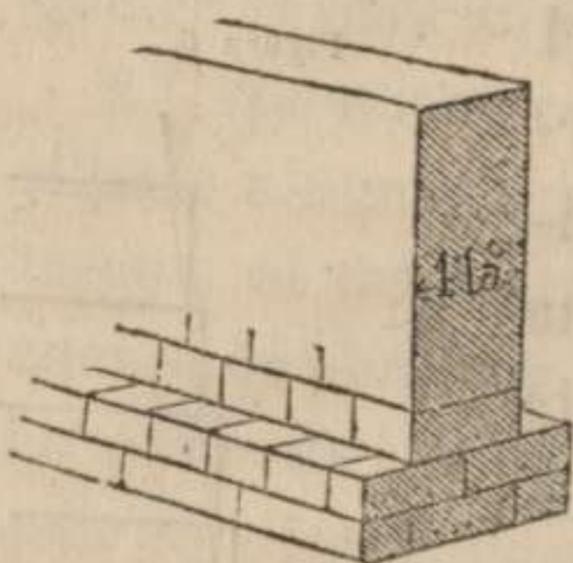


Figura 7:

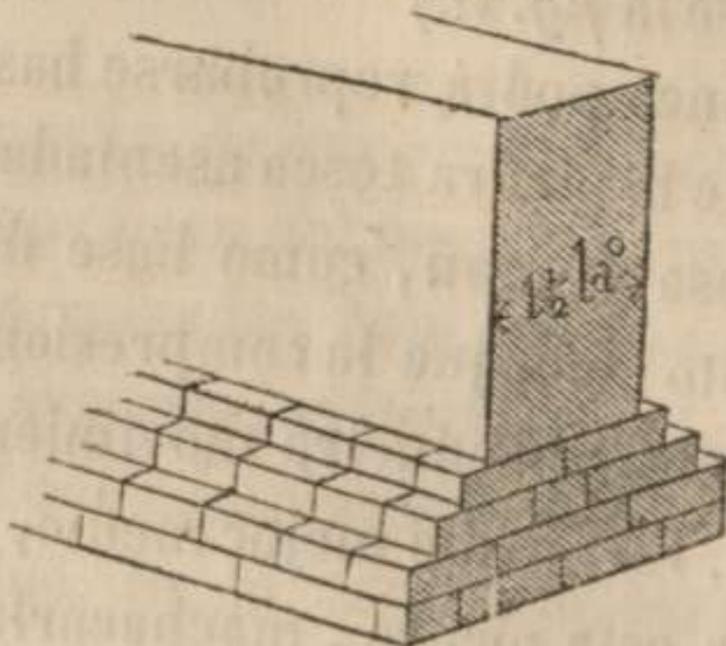
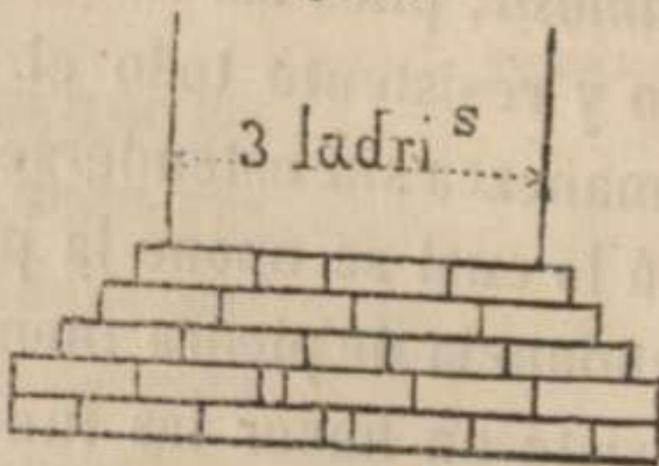


Figura 8.



Figura 9.



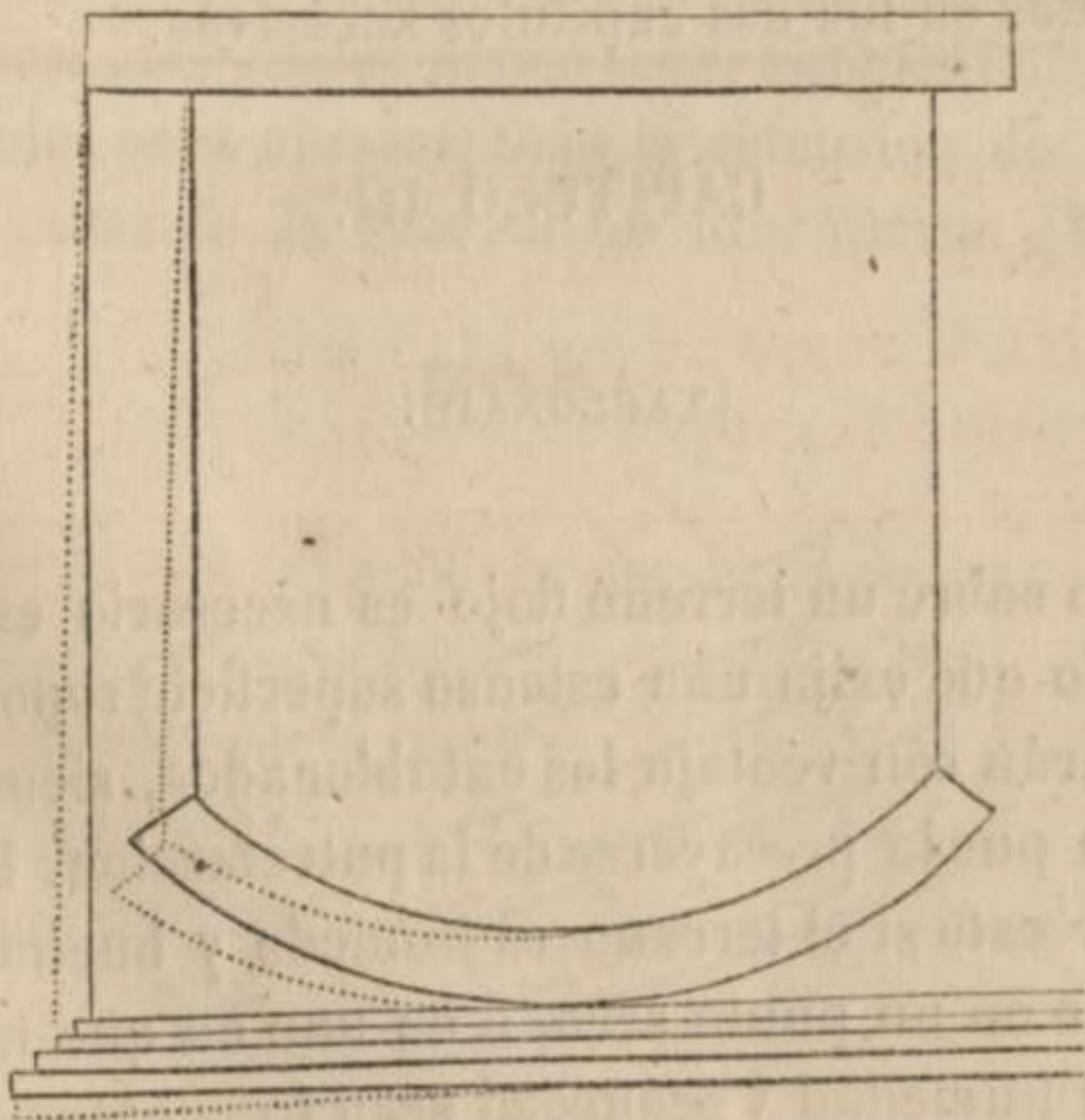
Ocioso parece añadir que en los zócalos conviene emplear el ladrillo mejor y mas cocido que se encuentre, tanto porque la humedad puede atacarlo, cuanto porque está destinado á resistir el peso total de la obra.

Nunca será demasiado el esmero que se ponga en la construccion de los zócalos. De ellos dependen casi exclusivamente la estabilidad de los edificios, y si las hileras del fondo no se asientan sólidamente; si quedan en ellas intersticios, y si los materiales no corresponden por su calidad á tan importante objeto, ó no están bien unidos ó trabádos entre si, los efectos de semejante descuido aparecerán tarde ó temprano, y casi siempre en un

periodo en que el mal será irremediable ó la enmienda difícilísima.

Antes de concluir el asunto de los zócalos es necesario mencionar el medio poco juicioso de construir arcadas invertidas bajo los vanos para ligar los macizos, lo cual á menudo produce grandes males. Estos arcos solo convienen cuando los macizos tienen un fortísimo apoyo por el lado opuesto; pero cuando se usan cerca del ángulo de un edificio, como en la *fig. 10*, el efecto inmediato de cualquier asiento es sacar el ángulo fuera de la vertical, como con alguna exageracion se marca por las líneas de puntos de la misma figura. Recientemente ha llamado la atencion del autor un ejemplo de este grave mal, en que para contenerlo en parte ha sido necesario destruir los arcos que lo producian.

Figura 10.



Siempre que el terreno es flojo y se necesita una base muy ancha, los gastos que produciria hacerla de fábrica sólida, son tan considerables, que conviene apelar á un recurso que los disminuya. Tres se emplean con preferencia : 1.º Formar un zócalo, por decirlo así, de madera, el cual por su naturaleza puede estenderse mucho mas allá de los límites de la albañilería, sin temor de que se altere por el apalancamiento. 2.º Una capa de hormigon, que puede considerarse como un zócalo de piedra artificial; teniendo en cuenta, sin embargo, su poca fuerza transversal para darle un espesor cuidadosamente proporcionado á su estension. Y 3.º, puede recurrirse á la arena ó á un material semejante, el cual ejerciendo la presion lo mismo hácia el fondo que hácia los lados de las zanjas, distribuye el peso sobre una gran superficie de resistencia. Examinaremos cada uno de estos métodos en los dos capítulos sucesivos.

CAPITULO III.

TABLONAJE.

Cuando sobre un terreno flojo es necesario establecer un edificio que exija una estensa superficie soportadora, se emplearán con ventaja los entablonados, siempre que la madera pueda precaverse de la putrefaccion. Poco hay que temer esto si el terreno es húmedo y buena la madera; pero en un punto seco, ó en uno en que las alternativas de humedad y sequedad sean frecuentes, no debe

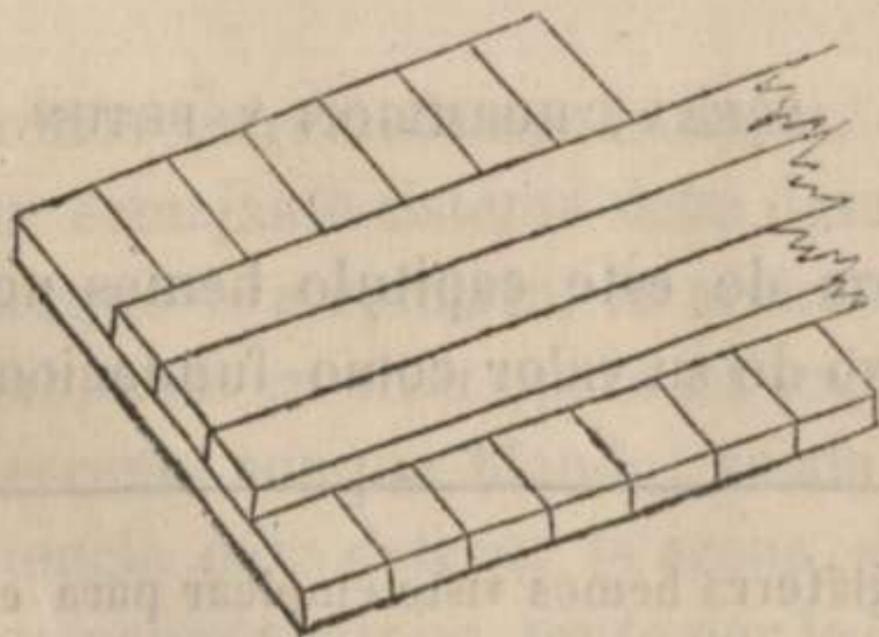
contarse nunca con la conservacion de maderas sin preparar.

No es nuestro ánimo hacer aquí una relacion de los diversos modos de preservar las maderas. Los sistemas mas en uso son: el de Kyan, el de Pain y el de emplear la creosota. Cualquiera que sea el método que se elija, debe efectuarse el procedimiento con estricta sujecion á lo prescrito por su inventor; de otro modo se aventuran los resultados.

La ventaja de la madera consiste en resistir una gran fuerza de apalancamiento, haciendo una insignificante flexion, y por consecuencia se puede obtener una base de mucha estension con poco coste.

El mejor modo de hacer los entablonados es colocar piezas cortas perpendiculares al eje mayor de la fundacion, ligándolas con otras largas cruzadas y clavadas con las anteriores, las cuales deben tener suficiente longitud, á ser posible, para abrazar toda la estension de las primeras tongadas de la fábrica de albañilería. (Véase la *fig. 11.*)

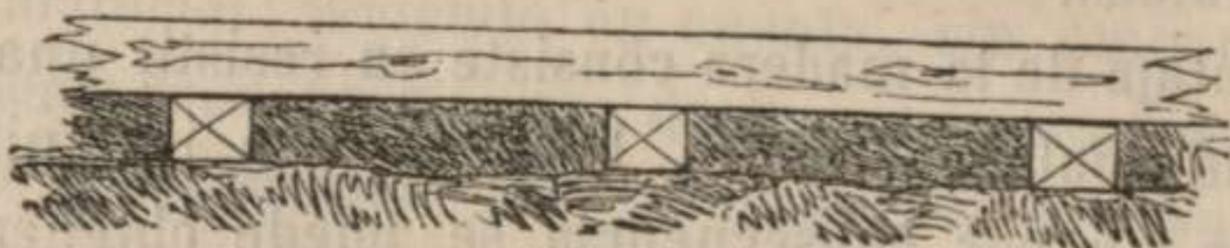
Figura 11.



Sin embargo de las ventajas del anterior, el método

comun de construir fundaciones de tablonaje es el que marca en seccion la *fig. 12*. Deben apisonarse perfectamente los espacios debajo de los tablones; pero hay tanto riesgo de que esto se haga de un modo imperfecto, que es preferible echar una capa de argamasa hasta enrasar con los durmientes, á fin de que el tablado descansa sobre una superficie sólida y nivelada.

Figura 12.



Al entablar fundaciones de considerable grueso, v. gr. los estribos de un puente, no se conoce nada mejor que colocar dos órdenes de tablones ó maderos bien clavados entre sí (*a*), y puestos de manera que crucen diagonalmente por debajo de la fábrica. De esto resulta una obra mucho mas segura que dando á las maderas una posicion paralela á los lados de la albañilería.

CAPITULO IV.

ARENA, HORMIGON Y BETUN.

A la cabeza de este capitulo hemos nombrado en el órden relativo de su valor como fundaciones artificiales

(*a*) En Inglaterra hemos visto emplear para esto clavazon de cobre.

tres métodos de formar una capa dura, destinada á distribuir el peso de un edificio sobre una ancha área de tierra comprimible, ó para sostener una cimentacion sólida de considerable profundidad y en donde el uso de la madera ó de la mampostería puede presentar inconvenientes.

Arena. El uso de la arena y su valor como medio de distribuir el peso, es conocido desde una época muy remota ; pero ha tenido poca ó ninguna aplicacion en Inglaterra.

Puede parecer á primera vista una paradoja que una sustancia suelta, tal como la arena, sin cohesion entre sus partículas y proverbial por su falta de estabilidad, sea útil como material de fundaciones; sobre todo cuando consideramos que es muy semejante á un flúido, y no siendo contenida, apenas puede sostenerse á sí misma, sea cualquiera el declive en que esté. No obstante, á estas mismas cualidades debe su valor, que consiste en distribuir el peso colocado sobre ella, no solo en sentido vertical, sino tambien en direccion horizontal, ejerciendo una presion perfecta contra los lados de las zanjas.

En los terrenos estremadamente flojos, escusado parece decir, que semejante sistema debe desecharse completamente, porque de emplearlo, la arena se infiltraria lenta y gradualmente en ellos ; pero en todas las localidades donde el terreno, aunque blando, es sin embargo de alguna consistencia para detener la arena, el uso de este material tiene muchas ventajas, tanto por lo concerniente á los gastos, como para la estabilidad de las obras.

La relacion mas completa que se ha publicado sobre el uso de la arena en las fundaciones, se halla en los *Annales des Ponts et Chaussées*, de 1833, á la cual referimos al lector que desee enterarse de todos los detalles del asunto. Por esta relacion y por la que hace el cuarto tomo de los *Papers of the Royal Engineers*, se ve que no solo se aplica en la India y en Surinam, donde se recomienda como el único medio de fundar en malos terrenos, sino que ha sido adoptado en obras de Génova, Paris, Bayona y probablemente en otras muchas partes.

Hay dos medios de emplear la arena: en capas y como pilotes. Cuando se quiere formar una *capa*, es necesario sacar el terreno flojo hasta algunos pies de profundidad y rellenar el hueco con arena, apisonándola bien á medida que se va echando, para asegurarse de que queda muy adherida á los lados de la zanja; despues de lo cual habrá poco ó ningun riesgo de asientos irregulares. La superficie de la arena puede ser protegida con tablillas, empedrándola etc., segun la naturaleza de los materiales que haya á mano; mas conviene cuidar mucho de que se halle al abrigo del agua de la superficie ó de otra causa cualquiera de deterioro, lo que se consigue fácilmente con solo ponerla á cierta profundidad.

Los pilotes de madera pueden sustituirse con ventaja por los de arena, formando una base segura y económica en muchos de los casos á que se aplican aquellos en Inglaterra. Sin embargo, empleados en sitios muy blandos y húmedos, nunca serán bastante eficaces, porque la arena se infiltrará, mezclándose con el terreno adyacente.

La operacion se verifica clavando pilotes de madera ó

hierro hasta cierta profundidad; despues se sacan para rellenar con arena apisonada los agujeros, procurando que no queden huecos.

En puntos donde la estabilidad de los pilotes proviene de la presion que el terreno ejerce á su alrededor, estos pilotes de arena, de que venimos tratando, son preferibles á los ordinarios de madera por la razon siguiente: un pilote de madera solamente trasmite la presion en sentido vertical, sin ejercerla de lado en el terreno que atreviesa, escepto cuando se clava; pero uno de arena obra de un modo distinto, remitiendo su efecto, no solo contra el fondo, sino tambien á los lados del agujero que llena, y por consiguiente hace tributaria del peso á una gran superficie.

La manera de formar el lecho de ereccion en terreno afirmado con pilotes es muy sencilla. Se reduce á cubrirlos con tablas, argamasa ó mamposteria para impedir la subida de la parte de dicho terreno desalojada por la presion lateral de los pilotes, y sobre este enrasado se edifica la obra de la manera ordinaria.

Una capa de piedra machacada, graba, arcilla cocida, balasto ó cualquiera otra materia dura semejante es sumamente útil para conseguir una buena fundacion, estendiendo el peso en una grande área. Es, sin duda, muy cuestionable, si gran número de fundaciones hechas en este pais con cales comunes ó débilmente hidráulicas, obran, á lo menos en un principio, transmitiendo la presion de las edificaciones contra los lados de las zanjas, mas bien que resistiendo á la presion de apalancamiento; no obstante de que con el tiempo puedan lle-

gar á consolidarse y producir tambien este último efecto.

○ Nuestra propia experiencia nos conduce á aconsejar preferentemente el uso de la graba sin mezcla, bien apisonada, para que se adhiera á las paredes de la zanja; á menos que la cal empleada en la composicion del mortero asegure la formacion de una argamasa á la vez sólida y compacta. Si nuestra opinion es la verdadera, se incurre muy á menudo en gastos inútiles, empleando medianas argamasas, cuando una capa de piedra machacada ó graba seria menos costosa y mucho mas eficaz.

○ Por lo tanto recomendamos á aquellos de nuestros lectores que tengan ocasion de examinar fundaciones recientes de este género, que lo hagan con especial referencia á este punto, que consideramos de suma importancia.

○ *Hormigon.* El hormigon es un conglomerado artificial en que el morrillo, los guijaros ó la piedra partida de que se compone y forma la mayor parte de su volumen son cementados con mortero de cal. Segun la manera ordinaria de hacerla, la argamasa no es otra cosa que una débil piedra artificial de poca fuerza para resistir á la presion transversal, aun cuando el material cementicio haya llegado á su mayor dureza; lo cual no sucede por lo comun sino al cabo de muchos meses, aunque la corteza exterior se ponga firme en el trascurso de pocas horas.

○ Por lo tanto, el mejor modo de proceder empleando hormigon, es apisonarlo perfectamente para comprimir la argamasa, reduciéndola al menor volumen posible, de manera que ejerza desde luego mucha presion lateral.

— Es una mala costumbre, harto comun en algunos contratistas, hacer las fundaciones de hormigon exactamente

de la anchura especificada, sin tener en cuenta los desmoronamientos y deterioros que sufre el terreno al hacer las zanjas. En este caso, y cuando se presentan algunos vacíos, sostienen provisionalmente el hormigon con tableros, que se quitan á medida que avanza la obra, rellenando el espacio resultante con tierra, apisonada ó no, segun les conviene. Tan perniciosa práctica produciria á menudo graves chascos por efecto del aplastamiento de esta reciente y aun débil masa, si no fuese porque á la mayoría de nuestras obras importantes se las dá un aumento excesivo de resistencia, que neutraliza muchas veces este y otros defectos de la construccion.

De aquí resulta, que para evitar este mal, cuando se redacten instrucciones especificadas para obras de hormigon debe exigirse que toda la estension de las excavaciones se rellene completamente con el hormigon mismo; y en el caso de que estas resulten escesivamente anchas, que el relleno se haga á costa de los contratistas. Si los lados de las zanjas se cortan cuidadosamente, y si el hormigon se adapta á ellos con solidez, el éxito de la obra será hasta cierto punto independiente de las cualidades cimenticias de la cal, siendo la gradual consolidacion de la masa un elemento de seguridad *adicional*, por decirlo así.

Otra práctica, que nunca condenaremos lo bastante y que tiene, sin embargo, la aprobacion de muchos hombres de alta posicion en el arte de construir, es la de arrojar la argamasa ó el hormigon desde un elevado andamio á fin de consolidarla al caer por su propio peso.

Nuestra propia esperiencia nos confirma en la opinion de que esta práctica produce el efecto contrario, no sola-

mente porque tiende á desunir las partículas que antes se hallaban en íntimo contacto , sino porque la admision del aire en la masa la deja menos compacta é impide que la cal y la arena entren en perfecta combinacion entre sí.

Es á todas luces preferible echar la argamasa desde la artesa tan cerca como se pueda de la superficie, apisonándola bien , á medida que se forman las tongadas, de manera que no quede en ninguna parte el menor vacío. Conviene tambien que las capas colocadas sucesivamente no escedan un pie de espesor cada una.

Los carreteros deberán colocar el material alrededor de la obra , y á ellos seguirán inmediatamente los encargados de estender y apisonar los lechos, que como queda dicho , no tendrán mas espesor que doce pulgadas, para que de este modo resulten mas homogéneos que si el trabajo se llevase de hecho á toda su altura, lo cual, ciertamente , parece á primera vista mas cómodo y mas sencillo.

El hormigon es un material inestimable cuando se emplea de un modo conveniente, v. g. , en obras subterráneas , donde está contenido por todos lados , y por consiguiente apenas sufre fuerza de apalancamiento ; pero jamás deberá ser aplicado á obras superiores como sustituto de la mampostería , ni puede esponerse al agua que tanto le perjudica , tratándose del hormigon preparado con cal ordinaria.

Mr. Burnell en su *Tratado rudimental sobre cales, cementos y morteros*, ha dado tan admirables preceptos para la composicion de argamasas y betunes, que no consideramos necesario entrar en detalles sobre el particular ; sin

embargo , haremos algunas observaciones para aquellos de nuestros lectores que no tengan á mano la obra de Mr. Burnell.

El hormigon se hace con graba ó piedra machacada, arena y cal pulverizada , amasadas con agua. Aunque no es la costumbre general , el apagamiento de esta última debe tener lugar estando ya en contacto con la arena y la graba.

Es difícil dar una regla fija para la exacta proporción de los ingredientes, porque esta depende esencialmente de su calidad; pero deben emplearse procurando que resulte un cuerpo todo lo mas compacto é incompresible que se pueda , á cuyo propósito conviene que no tenga mas agua que la estrictamente necesaria , y que las piedras sean de diferente forma y tamaño , prefiriendo en caso de haber eleccion, las ásperas y angulosas, á las tersas y redondas.

El material mas comun para hacer el hormigon es graba sin cribar , que contiene una porción considerable de arena y grandes y pequeños guijarros; pero tambien los fragmentos menudos é irregulares de piedra partida , los detritus de canteras y las lajas de granito ó caliza resultantes de la labra son de mucha utilidad, porque se enlazan perfectamente , conservando la solidez de la masa.

La proporción de la cal y la arena para obtener una mezcla que una y traben bien la piedra , depende de la calidad de la cal empleada. Las cales puras exigen una gran proporción de arena, mientras que las que contienen alumina , sílice y óxidos metálicos, requieren una cantidad mucho menor.

La cal usada generalmente en Londres para hacer el hormigon, procede de la piedra caliza de Merstham, en Surrey, la cual tiene propiedades ligeramente hidráulicas. Las proporciones mas usuales adoptadas por los arquitectos de Londres, son próximamente 117 de piedra de cal molida por 617 de guijo del Thamesis, ó buena graba limpia.

La cal y la graba deben incorporarse completamente, dándoles repetidas vueltas con palas, y cuidando de añadir suficiente agua para apagar la cal; pero sin disolverla.

El hormigon no deberá echarse en las zanjas que contengan agua, y es necesario preservarlo cuidadosamente de las corrientes que pueden segregar la cal, y dejar el hormigon en el estado de la graba suelta.

Hecho el hormigon de la manera que acabamos de describir, se hincha ó dilata ligeramente antes de asentarse, á causa de la expansion producida por el apagamiento de la cal, y no vuelve á su primitivo volúmen. Esta cualidad, que en otros casos seria un defecto, es inestimable para fundaciones y otros usos análogos.

Betun. El betun puede considerarse como hormigon hidráulico; esto es, como hormigon hecho con cal hidráulica. Se emplea principalmente en obras submarinas, como sustituto del hormigon comun y de la mamposteria, en situaciones cuyo fondo no puede desecarse: difiere del hormigon ordinario en que la cal debe apagarse antes de mezclarla con los demas materiales, y hacer un cemento con ella y la arena antes de añadir la piedra. El hormigon tambien se emplea caliente, mientras que el betun

requiere que se le dé alguna espera para usarlo, á fin de asegurar que cada átomo de cal se apague completamente.

Belidor prescribe que el betun se haga primero con puzzolana, arena y cal viva. Cuando el cemento está completamente mezclado, se deben añadir las piedras (nunca mayores que huevos de gallina), agregándole escorias de hierro bien machacadas. Despues de estar bien incorporados, se dejan reposar veinte y cuatro horas estos materiales, cuya proporcion es la siguiente :

Puzzolana.	12 partes.
Arena.. . . .	6
Cal viva de buena calidad.	9
Piedra menuda.	15
Escoria.	3

43

El betun debe bajarse al fondo en una caja, cuyo suelo sea móvil, es decir, construido de manera que tirando de una cuerda pueda abrirse y descargar su contenido ; á fin de que el betun se coloque en su sitio sin pasar á través y en contacto con cierta cantidad de agua que puede quitarle la cal. Por la misma razon es necesario, antes de principiar á colocar el betun, rodear el sitio que ha de ocupar con estacas y tableros, para protegerlo contra la accion del agua y resguardar las partes mas deleznable de la obra, á fin de que no sean arrebatadas por las corrientes y tempestades antes de consolidarse.

El método ordinario para emplear el betun que se usa fuera de Inglaterra, consiste en colocar capas al-

ternadas de betun con otras de piedra. Primero se estiene en toda el área de la fundacion una capa de mortero hidráulico de cerca de un pie de espesor, y sobre él otra de piedra, la cual, undiéndose en la mezcla, llega á incorporarse completamente con ella. Continuando el sistema de estos lechos alternados hasta la altura propuesta, queda terminada la operacion.

En las obras del puerto de Argel, á las cuales hemos hecho alusion en el primer capítulo de este volúmen, se empleó el betun en grande escala de un modo diferente del que acabamos de describir. Es tan interesante la relacion publicada, describiendo la manera de conducir aquellos trabajos y la razon de adoptar semejantes sistemas de construccion, que consideramos sumamente útil insertar integros en nuestras páginas los tres primeros capítulos de la obra de Mr. Poirel, á que hemos hecho referencia, los cuales forman un tratado bastante completo sobre el uso del betun en obras submarinas.

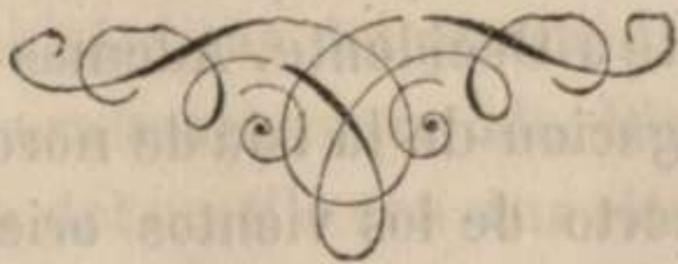
El betun rara vez ó casi nunca se emplea en Inglaterra tal como se prepara en el Continente; pero el hormigon, cuando se hace con cal gris, viene á ser efectivamente una especie de betun, y en este caso se le trata de una manera semejante.

Debe molerse viva la cal, porque así, pulverizada, se apaga hasta el último átomo, en cuyo estado se mezcla con la arena, batiéndola esmeradamente para añadirle despues la piedra. Lo mismo exige esta precaucion la cal gris que la ordinaria, puesto que todas las cales, por su naturaleza mas ó menos rebelde, quedan imperfectamente apagadas cuando la operacion se

hace en terrones, y en consecuencia las particulas que restan vivas, continúan dilatándose en el interior de la masa despues de haberse endurecido la parte exterior, cuya expansion se opone á la completa amalgama.

Donde mas se hacen notar los perniciosos efectos de apagar la cal incompletamente, es en aquellas obras espuestas al contacto del agua, la cual hará reventar la mezcla desuniendo los materiales.

El betun y la mampostería de piedra áspera y tosca, mezclada con cemento ó mortero, fué perfectamente comprendida y ejecutada por los antiguos; pero el hormigon, segun se hace en el dia, es indudablemente una invencion moderna, muy inferior en la opinion de algunos á la de nuestros mayores.



RELACION DE LAS OBRAS EJECUTADAS CON BETUN EN EL PUERTO DE ARGEL.

Traducida de la escrita en francés por Mr. Poirel, ingeniero en jefe
de puentes y calzadas.

La rada de Argel, como todas las del norte de Africa, es completamente abierta por el lado del mar. La reducida bahía que forma el puerto en la estremidad occidental, fué construida en 1550 por Khaïr-ed-din, hermano de Barbaroja.

Habiéndose apoderado este de una pequeña isla situada en frente de la ciudad, y sobre la cual los españoles tenían una fortaleza, resolvió, con el doble propósito de asegurar su conquista y formar un puerto, unir esta isleta con la plaza por medio de un muelle, que tomó el mismo nombre de su fundador. La longitud de este muelle es de 574 pies ingleses (175 metros) con una anchura por la coronacion de 118 pies (36 metros), siendo su direccion de Oriente á Occidente. Ademas de este hay otro muelle en prolongacion de la isla de nordeste á sudoeste, que abriga el puerto de los vientos orientales, el cual tiene de largo 410 pies (125 metros) por 311 pies (95 metros) en su mayor anchura.

El circuito del puerto así formado termina en el pequeño muelle del Lazareto. Su área se aproxima á diez acres (4 hectáreas), capaz de contener unos 60 buques, de los cuales 30 pueden ser de 300 toneladas, y unos pocos hasta de 800. Las embarcaciones de mas porte tie-

nen que fondear fuera. La mayor profundidad del puerto es actualmente de 16 pies, 4 pulgadas (5 metros); pero es susceptible de aumentarse mucho con el dragado.

Muelle de Kair-ed-din. Este muelle, que se apoya por un extremo en la costa, y por el otro termina en la isla de la Marina, presenta una línea seguida sin ninguna proyección hácia el mar. Además está protegida su base por varios ángulos salientes, formados por los bancos de rocas, sobre los cuales fué construido.

A pesar de estas condiciones, y no obstante las masas de piedras colocadas en él desde el tiempo de Barbaroja, y las que se echaron en 1833 y 1834 despues de la ocupacion de Argel por los franceses, el zócalo del muelle estaba completamente descarnado, y las brechas aumentaban sin cesar.

Este muelle, sobre el cual se hallan construidos los grandes almacenes militares, llamó necesariamente y desde un principio la atención del gobierno, por ser de una importancia especial los edificios á que sirve de base. Su reparacion fué confiada el año 1851 á Mr. Noël, ingeniero de obras hidráulicas del puerto de Tolon, de cuyo servicio fué temporalmente separado. Dicho Sr. reconstruyó todo el cuerpo del muelle con una altura de 16 pies, 4 pulgadas sobre el nivel del agua, cuya nueva fábrica se construyó con notable perfección, quedando estremadamente sólida. Por desgracia la insuficiencia de los medios puestos á disposición del hábil ingeniero que dirigia la obra, y la escasez del tiempo que se le concedió para su misión, no le permitieron reconstruir la base del muelle cuyas brechas continuaban estendiéndose, y hubiera sido

imposible contenerlas, á no emplear *blockes* protectores de betun.

Muelle de prolongacion. Este muelle ó lengua está mucho más espuesto que el malecon de Khair-ed-din. Se proyecta en el mar, al que presenta su cabeza de piedra, cuya direccion es casi perpendicular á la de los vientos que entran en la rada con muchísima fuerza. Con tal motivo los turcos prodigaban sobre este punto amenazado todos los recursos de que podian disponer, tanto en hombres como en dinero, ocupando en él gran número de sus esclavos y gastando de 160 á 180 bolsas anuales, que son más de 12,500 libras esterlinas (1.187,500 rs).

Mr. de Tassy, uno de los historiadores más exactos y verídicos en lo concerniente al gobierno de Argel, donde residia en 1827, se espresa sobre este asunto del siguiente modo:

«Como el muelle principal está espuesto directamente
»al norte, para evitar que lo arrebatan y destruyan los
»fuertes golpes del mar que rompe violentamente sobre
»un arenal, recorriendo toda la longitud del muelle mis-
»mo en direccion paralela á él, es necesario emplear los
»esclavos del Beylick durante todo el año en una cantera
»de piedra dura cerca de Point Pescade, y trasportar es-
»tas piedras, arrojándolas al mar en toda la estension de
»la obra, á fin de asegurarlo. El mar, sin embargo, arre-
»bata cada año casi toda la piedra que se echa en él,
»haciendo necesario el cuidado de reemplazarla conti-
»nuamente.»

Primeras obras emprendidas por los franceses. La cabeza del muelle, en que el mar habia practicado una gran

brecha, fué reparada en 1831; pero la nueva fábrica, apoyada en masas de roca suelta segun el sistema de piedra perdida, y cuyas masas sufrían las continuas sacudidas de las rompientes, se destruyó á impulsos de los primeros temporales del invierno de 1832. Todas las reparaciones posibles, hechas en la faz de la obra, hubieran sufrido infaliblemente la misma suerte á causa de la naturaleza móvil de la base sobre que estaba construida. Además, dicha cabeza estaba orientada en la peor direccion posible, pues era perpendicular á ella el nordeste (este es el punto desde donde el viento sopla con mayor fuerza dentro de la rada), y formaba un considerable ángulo entrante con la linea del muelle.

La primera operacion de que hubo necesidad fué la de establecer delante de la cabeza del muelle una banqueta maciza de grandes *blockes*, á fin de protegerla contra una completa ruina, formando una defensa, bajo cuyo amparo la fundacion pudiera restaurarse. La accion del mismo mar debia encargarse de dar á la masa de piedras de la banqueta el talud necesario para su perfecto y estable equilibrio.

Por lo tanto, era preciso pensar en el modo de procurarse una cantidad considerable de piedra, para lo cual no habia ningun medio preparado. No existian canteras, ni caminos, ni trasportes: faltaba todo: era necesario crearlo todo.

Desde el principio de marzo de 1833 se emprendieron activas pesquisas para encontrar canteras, de las cuales se pudieran sacar *blockes* que tuvieran de 70 á 140 pies cúbicos (2 á 4 metros cúbicos). Numerosas exploraciones

se hicieron en todos los puntos donde habia esperanzas de obtenerlos: se abrieron caminos desde las canteras hasta la puerta de la ciudad, que era forzoso atravesar, ensanchando las calles de manera que pudiesen pasar los carros, por donde antes ninguno podia llegar al muelle, y agrandando las inmediaciones de este último para la colocacion y fácil manejo de los materiales.

No obstante la dificultad de procurarse grandes *blockes* en unos terrenos cuya formacion geológica no presentaba una estratificacion regular ni capas continuas, á despecho de la falta absoluta de recursos, inevitable en un pais bárbaro, recién conquistado y puesto bajo un gobierno militar, en el mes de diciembre del mismo año ya se habian arrojado al mar 212,000 pies cúbicos de piedra.

En el invierno de 1833 á 1834 estas masas de piedra quedaron completamente arregladas, y tenian un declive medio de 1 por 6. El banco ó escollera, que se habia construido algo mas alto que el nivel del mar, habia hecho un asiento de 13 pies, 1 pulgada (4 metros) debajo de él, y durante su asiento muchos de los *blockes* se corrieron por la accion de las olas hasta dentro del puerto. Uno de ellos, que contenia 35 pies cúbicos de piedra, fué arrojado por las olas sobre la coronacion del muelle á 13 pies de altura y á una distancia horizontal de 96; y otro *blocke* de 141 pies cúbicos se corrió completamente á través de la boca del puerto hasta el pabellon de la Sanidad.

Tan notable desplazamiento de los *blockes*, que tendia á echarlos todos dentro del puerto, era un defecto radical,

que obligó á renunciar al sistema ordinario de *blockes* sueltos. El medio único de no volver á incurrir en el mismo error, puesto que los *blockes* menores de 100 á 141 pies cúbicos se desconcertaban por las olas, era arrojar masas de mayores dimensiones que, resistiendo la accion del mar, permaneciesen inmóviles. Esto se comprende fácilmente, puesto que la accion del agua es siempre proporcionada á la superficie acometida, mientras que la resistencia crece en razon de su masa, habiendo necesariamente un punto donde esta ultima predomina. Este límite se fijó al principio en 706 pies cúbicos; pero experiencias posteriores han probado que los *blockes* permanecen estacionados con la mitad de dicho tamaño.

Aun asi no podia, ni soñarse, en la adquisicion de piedras de tal volúmen; no solo á causa de la imposibilidad de extraerlas de aquellas canteras, sino por las grandes dificultades del transporte. No quedaba, por lo tanto, mas remedio que hacer *blockes* artificiales y en su consecuencia se adoptó el betun como material de construccion.

Estos *blockes* se hicieron de dos especies: unos, formados en el agua misma en el sitio que debian ocupar, y otros, hechos en la orilla para arrojarlos despues.

Primera clase de blockes hechos con betun en el sitio á que se destinan, dentro de cajas impermeables.— Los *blockes* de esta primera especie se hacen llenando con betun grandes cajas impermeables, colocadas en el sitio que deben ocupar definitivamente. Los lados de las cajas se construyen con una armazon de madera, forrada interiormente con un doble revestimiento de tablas cruzadas, cuyos bordes inferiores deben adaptarse á las formas

y accidentes del terreno. Además se forra con lienzo cosido y embreado como si fuera una especie de saco. Esta tela se clava á la madera, estendiéndola en toda la altura de la caja, que debe tener 1 pie, 8 pulgadas (0⁹5 metros) sobre el nivel del agua. Los cuatro lados de la caja en cuestion se reunen con cantoneras de hierro engoznadas de manera que puedan desarmarse fácilmente. Al cabo de diez ó doce dias pueden quitarse para emplearlas de nuevo, y cortarlas ó añadirlas segun las necesidades del nuevo sitio á que han de aplicarse. Es de advertir que el lienzo ha de ser bastante grande para que se adapte á todas las irregularidades del fondo que está destinado á cubrir.

El conjunto de este aparato no es otra cosa en su esencia que un saco reforzado por sus costados con madera, para darle la figura y seguridad convenientes, con la ventaja sobre los cajones de fondo plano, de adherirse al terreno por medio de sus mismas irregularidades; mientras que para aplicar estos últimos es necesario nivelar la superficie del suelo, operacion sumamente difícil y no pocas veces impracticable.

Las cajas preparadas en el dique se botan al agua, por la que se remolcan hasta el sitio donde han de dar fondo. Para sumergirlas se colocan á sus costados por la parte de afuera unos pequeños cajones cargados de lastre, ya sea de piedras, ó de hierro en lingotes. Sobre los bordes de la caja así fija, se coloca una armadura destinada á recibir el aparato que facilite el descenso del betun. Desde esta armadura á la orilla se establece un puente provisional de servicio.

Consideraciones que hicieron adoptar cajas suscepti-

bles de desarme.—La idea en su origen fué tomada de un procedimiento usado por los italianos para cerrar brechas en la mampostería debajo del agua, el cual consiste en llenar de betun sacos semejantes á los que se emplean en las fortificaciones, colocándolos unos sobre otros en la brecha que se necesita cerrar. Esto nos inspiró la idea de meter el betun en un saco, mucho mayor que los ordinarios, y arrojarlo al mar durante un fuerte temporal. Al cabo de algunos dias, cuando aquel estuvo en calma, se encontró el *blocke* muy duro, presentando gran resistencia.

En consecuencia, todo lo que faltaba para aplicar este sistema con éxito, era formar por un procedimiento análogo *blockes* de grandes dimensiones, haciendo el saco tan fuerte que no pudiera reventarse, y rellenarlo con el betun en el lugar mismo donde debia sumergirse, cuyo problema se resolvió como acabamos de explicar. El cajon que hemos descrito no es otra cosa que un gran saco de tela reforzado con una sólida armazon de madera, que le da ademas la figura apetecida.

El lienzo con que se forra la caja es indispensable para proteger el betun, recien sumergido, de la accion del agua. A algunos tal vez les parecerá inútil el lienzo, puesto que se emplean cajas; pero conviene que adviertan que la tela, que forma el fondo de estas, es la parte esencial del sistema, sin la cual seria muy defectuoso. Con el simple cajon sin fondo (ya hemos indicado los inconvenientes de tenerlo), es imposible que sus lados se arreglen exactamente al perfil del terreno que deben ocupar; ademas de que, aun siendo practicable, nunca habrá la certidum-

bre de sumergirlo precisamente en el lugar para que ha sido preparado. Quedando, como quedarán siempre, aberturas entre los cantos del cajon y el terreno. el agua penetra, perjudicando al betun que se halla todavia sin consolidar; al paso que, envuelto este en la tela impermeable del forro, no puede deteriorarlo la accion de las olas.

En consecuencia y despues de un gran número de experimentos, ha llegado á quedar reconocido el principio de que *cuando el betun se sumerge en agua corriente ó espuesta á ser agitada por cualquier causa, antes de que fragüe completamente, y siempre que se co'oca este material en zanjas de fundaciones, en cuyo fondo haya manantiales, es indispensable protegerlo contra los efectos del agua movidiza.*

Este principio, prescrito para los cajones con armadura en sus lados, es aplicable con mayor razon á las ataguías y recintos cerrados, contruidos de pilotes; en razon á que estos últimos nunca forman por sí solos un obstáculo impenetrable á las aguas. Por lo tanto, es preciso forrarlos con tela embreada hasta algo mas arriba de la línea de estas.

El efecto del agua corriente ó batiente, contra la cual hay que resguardarse, no solo durante la colocacion del betun, sino hasta despues que haga su completo asiento y trabazon, es naturalmente mucho mas peligroso cuando se trata de obras submarinas.

Despues de haber previsto y tomado precauciones contra los peligros á que está espuesto el betun recien colocado, es cuando en trabajos submarinos debe procederse al empleo seguro de este material tan sencillo, tan eco-

nómico, tan espedito y tan susceptible de recibir toda clase de formas y aplicaciones.

El grabado de la fig. 15, que hemos copiado de la Memoria de Mr. Poirel, dará al lector una idea exacta del procedimiento descrito; no obstante, si quiere conocer mas los detalles prácticos deberá acudir á la obra original.

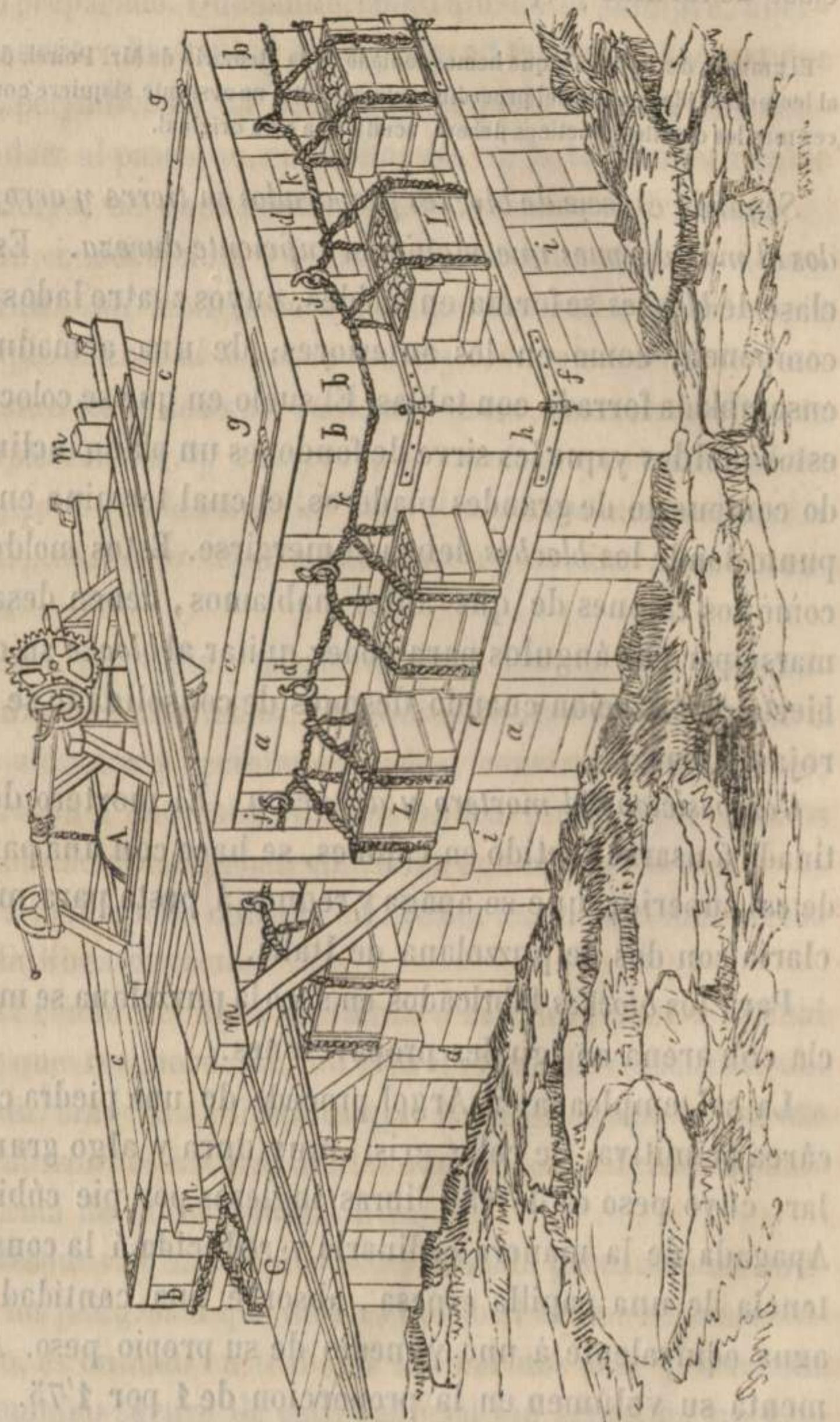
Segunda especie de blockes preparados en tierra y arrojados al mar despues que adquieren suficiente dureza. Esta clase de *blockes* se forma en moldes, cuyos cuatro lados se componen, como en los anteriores, de una armadura ensamblada forrada con tablas. El suelo en que se colocan estos moldes y que les sirve de fondo, es un plano inclinado compuesto de grandes maderos, el cual termina en el punto donde los *blockes* deben sumergirse. Estos moldes, como los cajones de que antes hablamos, deben desarmarse por sus ángulos para poder quitar al *blocke* su cubierta ó entivacion cuando despues de consolidado se arroja al mar.

Composicion del mortero y del betun El mortero destinado á usarse metido en cajones, se hace con una parte de cal superior, que se apaga y reduce á pasta para mezclarla con dos de puzzolana de Italia.

Para los *blockes* fabricados en seco la puzzolana se mezcla con arena en iguales proporciones.

La cal empleada en Argel procede de una piedra calcárea primitiva, de color gris, muy dura y algo granular, cuyo peso es de 156 libras inglesas por pie cúbico. Apagada de la manera ordinaria y reducida á la consistencia de una papilla espesa, absorbe una cantidad de agua equivalente á uno y medio de su propio peso. Aumenta su volúmen en la proporcion de 1 por 1'75.

Figura 15.



La puzzolana empleada es la misma que se usa en toda la costa del Mediterraneo para hacer los morteros hidráulicos. Se halla en las cavernas de S. Pablo cerca de Roma, y la tamizan en el mismo punto por medio de planchas delgadas de hierro, con aberturas rectangulares, que tienen 0'078 de pulgada de largo y ancho y 0'59 de pulgada de distancia entre sí. Una parte de cal y dos de puzzolana constituyen dos terceras partes de la masa total del mortero. La puzzolana sin tamizar necesita de ocho á diez dias para que el mortero resista sin depresion sensible la aguja de prueba empleada por Mr. Vicat con objeto de experimentar la dureza de los cimientos. Con la puzzolana pasada por tamiz el endurecimiento es doblemente rápido: es decir, que á los cinco ó seis dias la aguja no deja en ella la menor impresion.

El mortero compuesto de una parte de cal, una de arena y otra de puzzolana tamizada, tal como se hace para los *blockes* de betun moldados en la orilla, no llega al mismo estado de dureza en menos de ocho ó diez dias.

Este betun se compone mezclando una parte de mortero con dos de piedra machacada en pedazos muy menudos. Pie y medio cúbicos de piedras con uno de morteros producen un volumen de dos pies, en total, despues de amasados. Su peso es proximamente 137 libras inglesas por pie.

Haciendo el mortero con cal y puzzolana solamente, sin mezcla de arena, adquiere con rapidez una gran fuerza cohesiva, de la cual el siguiente experimento puede dar una idea bastante exacta.

Un *blocke*, despues de 36 horas de inmersion, fué despojado de su cajon por una fuerte oleada, y á pesar de haber quedado completamente desnudo, resistió, desprovisto de todo apoyo y sin la menor fractura, el choque de olas terriblemente embravecidas. Es preciso añadir, sin embargo, que si hubiera continuado el viento y aumentado aun mas la marejada, ciertamente este *blocke* habria llegado á destruirse.

Un prisma de betun de 1'15 pulgadas de largo, 3'9 de ancho y 3'9 tambien de espesor, hecho de mortero compuesto de una parte de cal, otra de puzzolana y otra de arena, seco al aire libre, resistió, sin desmenuzarse, al cabo de veinte dias, un peso de 130 libras, sometido á la prueba descrita por el general Treussart en su *Memoire sur les mortiers*.

Otro prisma semejante, sumergido inmediatamente despues de su confeccion, sostenia transcurridos los mismos dias un peso de 203 libras.

Manera de emplear los blockes de betun en la reconstruccion del muelle de Argel. — Los *blockes* de betun, cuya confeccion acabamos de describir, fueron aplicados de la manera siguiente á la construccion de las obras que nos ocupan.

1.º Las masas de betun, desde 2,000 á 6,000 pies cúbicos, se hicieron en el sitio á que se destinaban, en cajones forrados, dando al lado interior de estas masas, ó sea al de la cara que miraba á la tierra, la nueva direccion adoptada para las obras, con el objeto de rellenar despues el espacio comprendido entre ellas y las orillas.

2.º Sobre estos primeros *blockes* se colocaron moldes desde 255 á 1,765 pies cúbicos, que despues de estar llenos de betun y endurecido este, se arrojaron al mar para formar una segunda línea delante de la primera.

3.º El espacio que mediaba entre estas dos líneas se rellenó con piedra en masas de 106 á 247 pies cúbicos. Se empleó la piedra natural solamente para acelerar la obra y economizar puzzolana; sin embargo, en general es preferible emplear solamente *blockes* de betun.

4.º Detras de esta doble línea de defensa y á su abrigo el terreno se rastreaba por medio de barredera hasta una profundidad de 6 pies, 6 pulgadas, y una anchura de 9 pies, 9 pulgadas. Despues todo este espacio se rellenaba con una masa compacta de betun.

Entiéndase bien que esta obra no se emprendió á la vez en toda la longitud del muelle, sino que fué construida por tramos, procurando no acometer ninguno de mas estension, en cada año, que el que pudiera acabarse completamente durante el curso de la estacion del trabajo.

Esta notable obra, coronada por tan brillante éxito, establece como principios inconcusos: 1.º Que los *blockes* de betun son bastante fuertes para resistir la fuerza del oleaje mas violento, y que forman una masa indestructible. 2.º, Que permanecen inmóviles al llegar á cierto tamaño, el cual, segun las observaciones hechas en Argel, es de unos 355 pies cúbicos; aunque tal vez este tipo esté sujeto á ligeras variaciones en determinadas circunstancias.

El muelle, del cual depende la conservacion del puerto de Argel, se hallaba al tiempo de la ocupacion de la ciudad por los franceses en 1830 en un estado de completo desmoronamiento é inminente ruina; no obstante las considerables reparaciones que anualmente y por espacio de dos siglos hicieron los turcos. Empleando *blockes* de betun en vez de piedra natural, se ha conseguido en cinco años y sin gastar mas que 84,000 libras esterlinas (8.064,000 reales) reedificar setecientos pies de muelle, dándole una estabilidad que ha resistido sin alteracion las pruebas mas severas.

CONSTRUCCION DEL NUEVO MUELLE.

PROYECTO PARA HACER UN NUEVO MUELLE CON BLOCKES DE BETUN.

Terminada la reedificacion del antiguo muelle y al final de la estacion de 1838, se principiò el nuevo, que con una longitud de 1,650 pies, y á continuacion del primero, realizaba el proyecto de ensanche del puerto. Esta obra debió hacerse toda con *blockes* de betun de 353 pies cúbicos preparados en la orilla y arrojados al mar, despues de uno ó dos meses, segun la estacion, del mismo modo que se practica con las piedras naturales, al construir escolleras de *piedra perdida*.

Segun el plan de trabajos propuesto, los *blockes* debian hacerse en la misma orilla y ser sumerjidos por medio de planos inclinados; pero este sistema, escelente para formar una escollera á lo largo del muelle, era

inaplicable á la construccion del nuevo, en prolongacion del antiguo. Como no hubiera sido posible colocar en planos inclinados mas que tres ó cuatro *blockes* en línea de frente á la punta de él, y como tenian que dejarse asentar uno ó dos meses antes de arrojarlos al agua, el resultado hubiera sido sumergir solamente 40 ó 50 en todo el año.

Proyecto para el transporte y sumersion de los blockes.— Los inconvenientes del plan anterior exigieron la fabricacion en los talleres de un gran número de *blockes*, que preparados y endurecidos de antemano, pudieran transportarse hasta el punto de su destino. Esto se efectuó por los medios siguientes, que actualmente están en práctica, (en 1841), fecha en que se escribió esta memoria.

Los *blockes* de betun son todos de una misma forma, la cual es un prisma rectangular de 11 pies de largo, 6 y medio de ancho y 4 y 11 pulgadas de altura. Contiene 553 pies cúbicos, deduciendo los rebajos ó ranuras del lecho. Se hacen llenando con betun una caja ó molde, cuyos lados tienen cinco peinaos ó barrotes verticales con espigas en sus estremidades, que ajustan en las escopleaduras de los largueros horizontales, y están forrados de tablas de pino por su cara interior. Los largueros se unen á inglete para formar los ángulos del molde, sujetándolos por fuera con cantoneras de hierro envisagradas, cuyos pasadores se quitan para desarmar la caja, después que el *blocke* adquiere consistencia.

El fondo del molde se hace estendiendo en el suelo una capa de arena de dos pulgadas de espesor, para que el betun no se pegue á él. Sobre la arena deben colocarse

tres piezas de madera de seccion cuadrangular ó mas bien trapezoide, con objeto de formar en el *blocke* tres ranuras para paso de las cadenas que han de levantarlos á su tiempo.

De cincuenta á setenta hombres, trabajando ocho horas, pueden hacer cuatro *blockes*. Estos se colocarán á poco mas de una vara de distancia entre sí para facilitar su manejo cuando haya que removerlos.

Tres carpinteros pueden armar y desarmar un molde en una hora, y las mismas formas con pocas reparaciones servirán para unos cincuenta *blockes*.

De cuatro á seis dias despues de haber llenado el molde se desarman sus cuatro lados para armarlo de nuevo. El *blocke*, pasado un mes ó lo mas dos, quedará endurecido y en disposicion de arrojarlo al agua.

Esta operacion se divide en dos partes: la primera, levantar el *blocke*; y la segunda conducirlo al punto de su destino.

Dos cadenas pasadas por las ranuras mencionadas y hechas con este objeto, levantan el *blocke*, que tendrá ademas dos tornillos á cada lado, á cuyas cabezas se atarán asimismo las cadenas. Servirán de tuercas á las roscas de estos cuatro tornillos los puntos escéntricos de otras tantas ruedas de hierro, que levantarán la masa en el momento que se las obligue á girar por medio de la traccion horizontal. Diez y seis hombres, cuatro á cada rueda, lo elevarán veinte pulgadas en veinte minutos.

Alzado que sea el *blocke* sobre el terreno, se mete debajo de él un *truck* ó carretón, cuyas ruedas no pasen de diez pulgadas de diámetro y estén embebidas en el grueso

de maderas del tablero. Entre este y la piedra artificial se colocarán, antes de asentarla en él, dos tablas ensebadas para facilitar su remocion. A beneficio de un cabrestante movido por ocho hombres se arrastra el *truck* hasta el ferro-carril de servicio, por el cual se conduce fácilmente hasta el sitio en que haya de sumergirse, y llegado á él, basta dar al *blocke* un ligero empuje para que caiga al mar, llevándose consigo las tablas ensebadas.

Segundo sistema de trasporte y de sumersion.—Algunas veces se llevan los *blockes* por el mar. En este caso se bajan por un plano inclinado, apoyado por un extremo en la tierra y flotante por el otro, hasta que el *blocke* tenga un calado de 3 pies, 3 pulgadas. Fijado en esta posicion, se emplea un aparato compuesto de dos pontones unidos por una viga, en la cual se amarran las cadenas, que no solamente sostienen el *blocke*, sino que lo remolcan; de la misma manera que los holandeses emplean los barcos llamados *camellos* para aligerar los navios varados hasta ponerlos á flote.

Los dos sistemas de trasporte por tierra y por agua se emplearon simultáneamente en la construccion del nuevo muelle.

Los 280 pies de obra nueva, concluidos en 1.º de Junio de 1840, han producido una prueba evidente y decisiva en favor de este método de construir muelles con *blockes* de betun que no bajen de 355 pies cúbicos, echándolos irregularmente unos sobre otros. Esto prueba que en teniendo aquel tamaño, permanecen en la misma posicion en que se sumergen.

En la última mitad del muelle nuevo se tomaron ocho

secciones transversales equidistantes. Por termino medio resultó un escarpe de uno por uno hácia el lado del mar y medio por uno á la parte interior del puerto. Por medio del cálculo, basado en el resultado cúbico de estas secciones, comparado con el volúmen de las masas arrojadas, queda averiguado que los vacíos entre los blockes suben á casi una tercera parte de los sólidos, ó lo que es lo mismo, forman la cuarta parte de la masa total.

Estas observaciones no han sido bastante numerosas para permitirnos establecer como regla general las conclusiones que de ellas hasta ahora hemos deducido. Es necesario confirmarlas por los resultados que se obtengan continuando la obra durante algunos años. Sin embargo, aun ahora pueden considerarse como datos bastante aproximados, que suministran los medios de hacer presupuestos de esta clase de muelles contruidos con blockes artificiales de betun. Dando el cubo del material que se necesita; siendo conocidas la longitud, latitud de coronacion y la profundidad en varios puntos por medio del sondaje, es fácil calcular los gastos á que ascenderá la obra.

Cuando se termine en toda su longitud la fundacion del muelle, formada, como hemos dicho, con *blockes* artificiales, el resto del cuerpo de la construccion, que debe elevarse proximamente á veinte pies sobre el nivel del mar, se construirá con betun colocado en el interior de cajas, á las cuales se dará la forma que exige el perfil del proyecto.

Detras de este revestimiento, que constituye la cara exterior del muelle, se hará otro de cajas forradas imper-

meables, y entre esta cara interior y la orilla quedará una dársena de la capacidad conveniente.

Defectos del sistema ordinario de construir con piedra perdida, y ventajas que resultan de sustituir con blockcs de betun las piedras naturales.

Muelles de piedra perdida. El medio empleado mas comunmente en nuestros dias para establecer fundaciones submarinas es el de *piedra perdida*: el mismo que se viene usando desde la antigüedad, como lo prueba el puerto de Civita-Vecchia, construido en tiempo de Trajano. Entre los modernos ha sido aplicado de diversos modos, y el trabajo mas notable de este género es la escollera de Cherbourgo principiada en 1784 y no terminada todavia.

Los materiales que se invierten generalmente para esta clase de obras son piedras que varían entre 7 y 70 pies cúbicos de volúmen y tambien llegan á 100 en algunos casos; pero aun de este tamaño son conmovidos y volcados por la fuerza de las olas. Sin embargo, los partidarios de este sistema opinan que el movimiento no es mas que transitorio y que la accion del agua, batiendo contra la masa, les dá por ultimo un declive determinado del cual no pasan, con el que son capaces de resistir las tempestades mas violentas.

Este declive es mayor ó menor en proporcion al fondo, y se considera que la profundidad á que se verifica la diferencia es de 15 á 16 pies bajo el nivel del mar, segun la fuerza variable de este en las diferentes localidades. La inclinacion de la parte superior se calcula de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{10}$ y la de la inferior de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$. Está admitida generalmente la opinion de que á la profundidad indicada el agua se

agita poco, y que el cambio de pendiente procede de esta causa. No obstante es necesario reconocer que el movimiento solamente disminuye; pero nunca cesa del todo. Gran número de hechos acredita que el mar se agita á los 52 y hasta á los 65 pies bajo la superficie.

En tiempos tempestuosos las aguas se ponen turbias á cierta distancia de la costa, á consecuencia de las olas del fondo cuya accion es bastante para arrancar algas y madreporas, que se encuentran en grande abundancia arrojadas á las playas despues de cada temporal. Por esta razon tambien los pescadores se ven obligados á esperar un dia ó dos despues de las tempestades para echar las redes, á causa de que el fango en que suelen estar los peces ha sido revuelto, y es necesario aguardar á que se asiente otra vez, antes de que vuelvan á él (8).

Defectos inherentes de este modo de construir. Aun cuando admitamos que los declives en la masa de los *blockes* tengan un término, no debemos inferir que permanezca inmovil cada uno de ellos sin experimentar la menor dislocacion; solamente que su movimiento en vez de ser indefinido está confinado entre ciertos limites, exactamente lo mismo que las arenas y piedrecillas de una playa que están en continúa movilidad parcialmente, por mas que la seccion de esta playa resulte siempre la misma.

Los *blockes* nunca alcanzan un estado de absoluto reposo, y esto se prueba bien por el ruido que forman entre sí durante los temporales. Siendo preciso reconocer que están en movimiento por lo menos hasta que el conjunto adquiere la pendiente definitiva, es indispensable que

sean desgastados por la fricción. Un solo invierno basta las mas veces para redondear las aristas de grandes fragmentos de durísima piedra por solo el efecto del roce. Los guijarros y la arena de las playas se sabe que adquieren su figura de este modo, al menos parcialmente, por los embates del agua.

Independientes de estos medios destructivos, cuyo progreso es mas ó menos lento, hay otros que se manifiestan aun durante la construcción de las obras. Es práctica generalmente admitida la de construir la cabeza de los muelles con piedras de mucho mayor tamaño que las demas que forma el cuerpo de la obra, á fin de impedir que la entrada del puerto se obstruya, por los materiales perturbados y desprendidos de la obra misma, los cuales no teniendo apoyo, se esparcen alrededor de la cabeza y á lo largo de la cara interior de las construcciones. Puesto que toda sección es á su vez estremidad durante los trabajos, los materiales tienen que desmoronarse sucesivamente al ocupar esta posición, á menos de hacerse todo el malecón con masas de un volumen considerable, que rara vez se obtienen con facilidad. La consecuencia natural de la dislocación de materiales produce una disminución de profundidad de importancia, allí donde esta es poca é impide á los buques atracar á los muelles, resultando por consiguiente una reducción no despreciable en el área del puerto ó dársena, objeto de los trabajos.

Dificultades que ocurren en la construcción.— Ya hemos espuesto los inconvenientes de la *piedra perdida* como sistema; ahora nos resta hablar de ella bajo el punto

de vista de las dificultades de ejecucion. Tomaremos tambien como ejemplo para esto las obras ejecutadas en el puerto de Argel, y los resultados obtenidos alli con los blockes naturales, pueden considerarse igualmente ciertos en otras localidades.

1.^a En las inmediaciones de los muelles proyectados no siempre se encuentran canteras de piedra bastante dura para resistir violentos golpes de mar y que tengan larga duracion debajo del agua.

2.^a La explotacion de canteras que cumplan con estas condiciones y produzcan grandes piezas, ocasiona enormes dispendios, siendo como es un principio convenido, que no deben emplearse masas menores de 18 á 27 pies cúbicos. La opinion de algunos ingenieros que, como Mr. Cachin, consideran el ripio y material menudo no solo útil sino hasta necesario para rellenar los vacios entre grandes piedras y formar un cuerpo compacto, impenetrable al agua, ha caido en un descrédito casi universal. En Argel solamente la tercera parte de la piedra resultó de las dimensiones citadas, consistiendo las dos restantes en lajas, detritus y pequeños blockes; este escaso aprovechamiento confirma nuestra opinion acerca de lo crecido del coste.

3.^a Los *blockes* menores hasta el tamaño de 70 pies cúbicos se trasportan por medio de *trucks* ó carretones bajos de dos ruedas, y el precio de arrastre, incluso el de carga y descarga, asciende á unos 4 peniques (1 real y 22 ms.) por pié cúbico. Los que esceden de aquellas dimensiones exigen el empleo de carros fuertes de cuatro ruedas, á los cuales es preciso enganchar de veinte y

ocho á treinta caballos para mover masas de doscientos cincuenta pies.

La saca y manejo de las piedras en la cantera se verifica con ayuda de cierto número de grúas, cangrejos y cabrestantes, y siempre que las condiciones de aquella lo permitan, se hacen recular los carros hasta el sitio mas próximo al bloque, el cual se conducirá para cargarlo por medio de rodillos, ó palancas si fuese su figura muy irregular. Esta operacion que, aunque larga, es la mas fácil de ejecutar, no es siempre practicable.

Puede formarse una idea aproximada de las dificultades que presentan estas fuerzas por el precio que por ellas se pagaba en Argel. El arranque y carga pasaba de un penique (14 mrs.) por pie cúbico en las masas de 70 á 105 pies, y de dos y medio peniques para las de 211 á 247. La saca y carga de estos grandes trozos podria sin duda simplificarse, si hubiera que extraer cantidades considerables, con ayuda de maquinaria establecida en las canteras; pero por lo general es imposible facilitar lo bastante estas operaciones, para que su baratura produzca una compensacion del capital invertido.

4.^a El remolque hasta el sitio en que deben sumergirse los materiales es muy costoso cuando se verifica por un camino ordinario, y no siempre la importancia de la obra sufraga los gastos auxiliares de un ferro-carril de servicio. El transporte, en la localidad á que nos referimos, costó por término medio á cuatro peniques y medio (1 real 29 mrs.) el pie en los blockes de 100 á 300 pies cúbicos, en una distancia de $1\frac{1}{4}$ de milla.

La circunstancia mas favorable al transporte es sin

duda cuando la cantera se encuentra precisamente en el punto donde el muelle se une con la orilla, como en el puerto de Ratoneau á la entrada de Marsella; pero esto ocurre rara vez, de modo que hay que contar siempre con que habrá cierta distancia entre la obra y la cantera, y á proporcion que esta distancia sea mayor ó menor y el terreno ofrezca mas ó menos obstáculos para el establecimiento de un ferro-carril de servicio, las dificultades del transporte alquiritán mayores proporciones. En muchas localidades es absolutamente impracticable la construcción de *tram-road* que empalme el muelle con la cantera.

5.^a Lo dicho se refiere únicamente á muelles unidos á la orilla; pero si se quieren hacer escolleras aisladas es necesario, como en Cherbourgo, adoptar un sistema misto de transporte por tierra y agua. Es fácil de probar, sin embargo, que los medios empleados en Cherbourgo, tenidos por los mas ingeniosos y mejor concebidos que se pueden inventar, serian insuficientes y de dificilísima aplicacion para bloques mayores que los empleados en aquella obra, los cuales estaban reducidos á un volúmen vário entre 70 y 106 pies cúbicos.

Ventajas del sistema de construir con blockes de betun.— Los defectos y dificultades que acabamos de indicar, y que son inseparables del método de *piedra perdida*, desaparecen adoptando en vez de blockes naturales de 14 á 70 pies cúbicos y de 1 á 5 toneladas de peso, masas de betun que contengan próximamente 553 pies y unas 22 toneladas. Las obras ejecutadas de este modo en el puerto de Argel prueban hasta la evidencia la superioridad de estas últimas. Entre sus numerosas ventajas

sobre el sistema de piedra perdida figuran como principales las siguientes :

1.^a Inmediata y constante estabilidad , mientras que la obra ordinaria de piedra rodada nunca es segura.

2.^a Facilidad incomparablemente mayor de acarrear los materiales, operacion siempre difícil y costosa cuando es preciso trasportar blockes de mas de 100 pies cúbicos.

3.^a Considerable reduccion en la seccion transversal del muelle, y por consecuencia un ahorro de gasto de no pequeña importancia.

4.^a y última. Que el sistema es aplicable á todas las localidades, ahora que nuestros conocimientos son tan perfectos en cuanto á los morteros hidráulicos y nos ponen en el caso de poder fabricar buen betun en todas partes.

CAPITULO V.

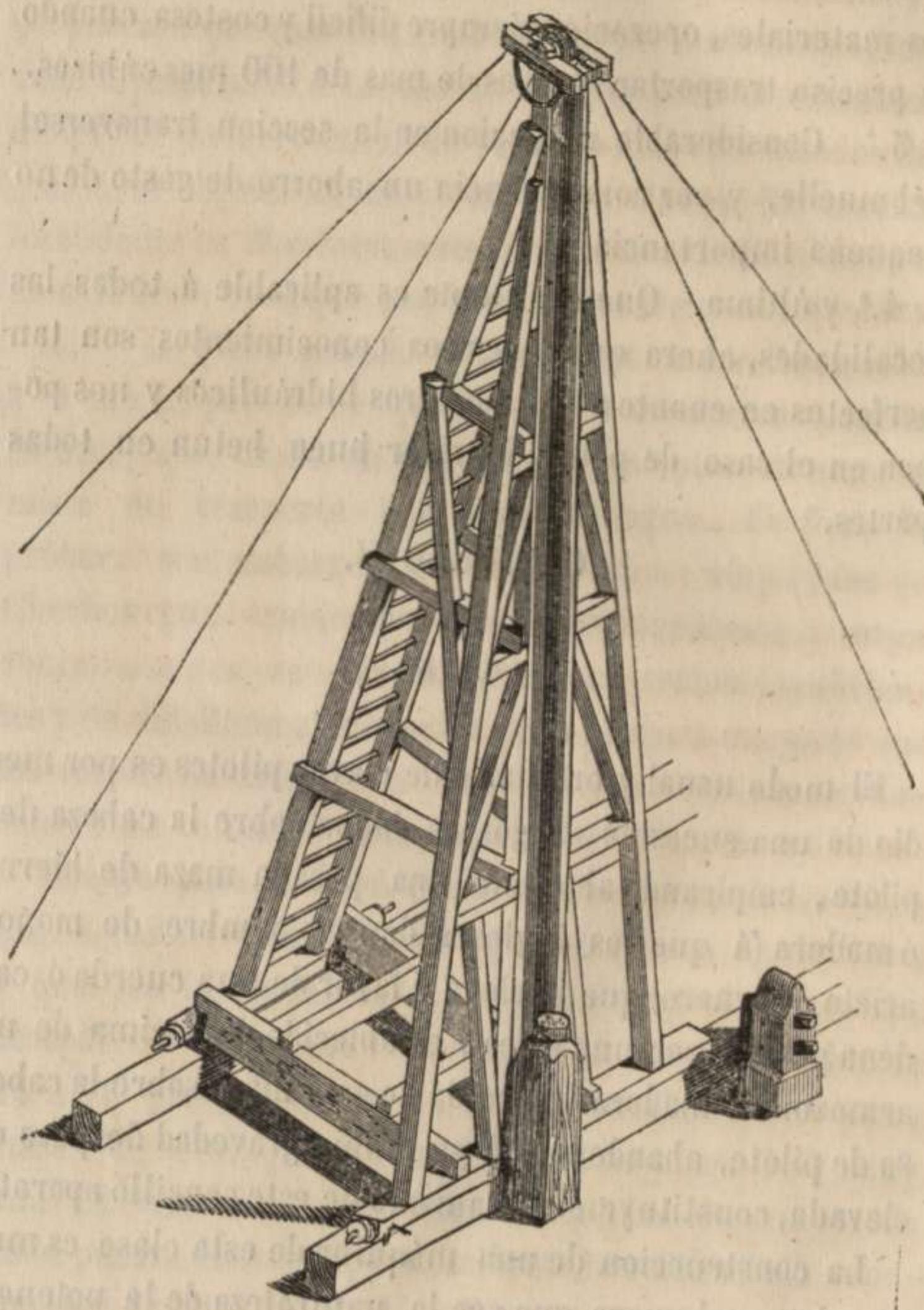
PILOTES.

El modo usual y ordinario de clavar pilotes es por medio de una sucesion de golpes dados sobre la cabeza del pilote , empleando al efecto una pesada maza de hierro ó madera (á que los ingleses dan el nombre de mono, ariete ó carnero) que se eleva á favor de una cuerda ó cadena pasada por una polea , establecida en la cima de un armazon de madera. La caida de esta masa sobre la cabeza de pilote, abandonada á su propia gravedad despues de elevada, constituye el mecanismo de este sencillo aparato.

La construccion de una máquina de esta clase es muy simple; cualquiera que sea la naturaleza de la potencia

empleada, ó la manera que esta se aplique, hay muy poca diferencia en la disposicion de las principales partes que la constituyen. (Véase la *fig. 14.*)

Figura 14.



Sus principales miembros son: los conductores ó guías, que son dos maderos casi verticales que acompañan el mazo en su descenso, los cuales están sostenidos en todas direcciones por puntales ó riostras sujetas á la cadena de madera que forma su base. Esta misma base que generalmente está entablonada y se carga con piedra ó lingotes de hierro, que la sirven de lastre para contrapeso del ariete; sin cuya precaucion no tendria estabilidad ni conservaria el equilibrio. Las guías tienen en la parte superior unas zapatas, sobre las que descansan dos pequeños umbrales, ó bien están unidas por dos peinazos que las ciñen y sujetan, sirviendo á la vez de puntos de apoyo á los coginetes en que gira el eje de la polea, alrededor de la cual pasa la cuerda ó cadena que mueve el mazo (V. la *fig.* 15).

Figura 15.

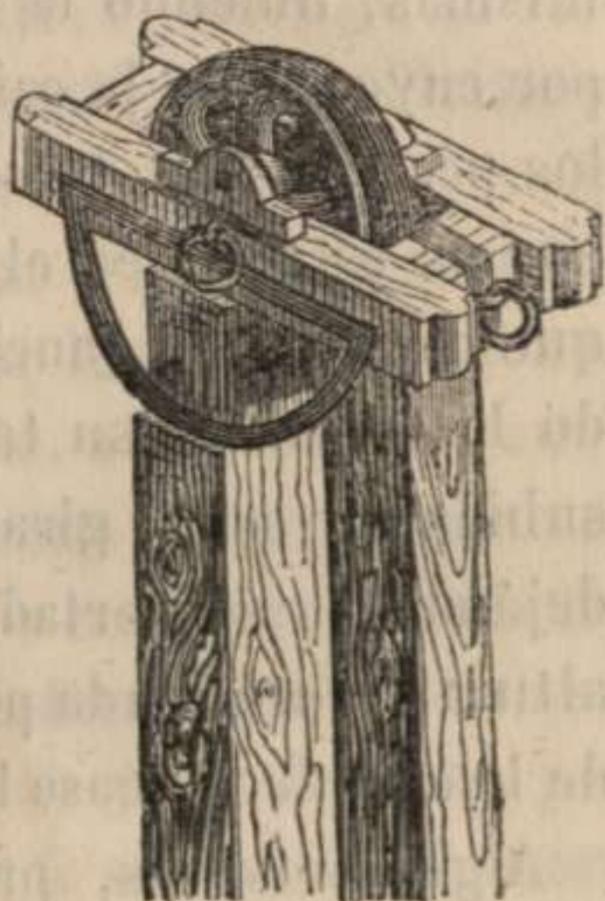
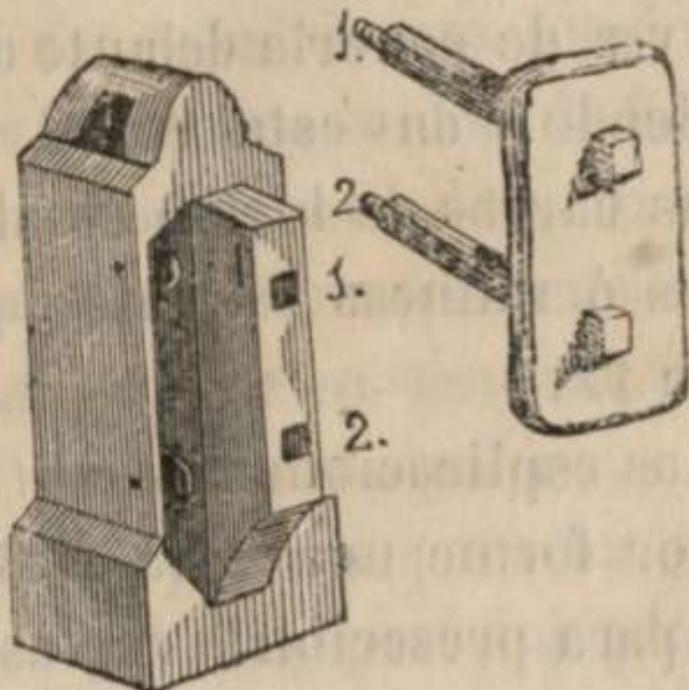


Figura 16.

El ariete (V. la *fig.* 16), es ordinariamente de hierro fundido, con una oreja ó resalto destinado á pasar entre las guías, y que no puede salirse por delante á causa de una gruesa plancha colocada por la parte de atrás por medio de dos largas espigas, terminadas



en una rosca, en la que, despues de **l**atravesar el mazo, se ponen las correspondientes tuercas. (Véase tambien la *fig. 16.*)

La cadena está unida por su estremidad á dos ganchos, ó bien á unas tenazas, que agarrando la maza por su abertura superior, practicada con este objeto, la sueltan cou solo tirar de una cuerda que abre dichas tenazas. Estas pueden estar dispuestas de manera que se abran por si mismas, uniendo la cuerda al pilote que se va á clavar; por cuyo medio la caida será siempre uniforme en todos los periodos del descenso. Es decir, que atada la cuerda por un extremo en el pilote y por el otro en la palanca que contiene el gancho que levanta el ariete, en llegando la cuerda á su tension por la

Figura 17.



subida de este , gira la palanca y dejándolo en libertad, cae desde la altura determinada por la longitud de la cuerda. (Véase la *fig. 17.*)
Algunas veces, principalmente cuando este último medio de la palanca sustituye á las tenazas, suele colocarse la maza entre las guias en vez de ponerla delante de ellas; teniendo, en este caso, los lados interiores de estas unas barras de hierro resaltadas que entran en los gárgoles ó ranuras laterales que aparecen en la misma *figura 17.*

Las esplicaciones dadas hasta aquí son para que el lector forme una idea sintética del aparato, mas bien que para prescribirle reglas fijas acerca de su ejecucion.

Esta es tan vária, que difícilmente se encontrarán dos casos en que se construyan enteramente iguales en todos sus detalles. Asi, pues, descrita la máquina de pilotes en general, pasaremos á esplicar los diferentes medios de ponerla en accion y las distintas clases de potencia que se le suele aplicar, comparando las ventajas relativas de cada uno de estos medios. Los aparatos mas comunmente empleados en Inglaterra son cuatro, á saber: el de anillo, el de cabrestante, el martillo de vapor de Nasmyth y la máquina atmosférica de Clarke y Varley.

Máquina de anillo. Esta es el mas sencillo de los mecanismos que se emplean en clavar los pilotes, y toma su nombre de la gran polea ó anillo, alrededor del cual pasa la cuerda para levantar el mazo. El armazon consiste solamente en los pies derechos con sus correderas, el umbral ó zapata superior y la cadena de maderos que le sirve de base. Se fija su posicion y verticalidad por medio de cables ó vientos, sujetos á su cabeza y amarrados á unas estacas por sus estremidades opuestas; ó bien por medio de tornapuntas. El mazo es comunmente de madera muy dura, guarnecido con cinchos de hierro y comparativamente ligero; de manera que puede levantarse fácilmente con los esfuerzos reunidos de 8 á 12 hombres, que tiran de otras tantas cuerdas, unidas todas á la principal. Soltando cada hombre al mismo tiempo su cabo respectivo, no exige gancho ni tenazas, ni es necesario atar y desatar la cuerda á cada golpe.

Este aparato es muy adaptable y eficaz para los casos á que únicamente se aplica; esto es, para cuando los

pilotes se clavan á poca profundidad, el terreno ofrece escasa resistencia, y por consiguiente no se exige mucha fuerza. Es muy fácil de trasportar; los golpes se suceden con grande rapidez y requiere poca potencia, produciendo la consiguiente economía. La altura no escede de 10 á 15 pies, y el peso de la maza se aproxima á 356 libras inglesas (unas 176 españolas).

Máquina de cabrestante. La máquina de cabrestante, de la cual dimos hace poco esplicacion y grabados, es la mas usual en Inglaterra para toda clase de pilotes. Difiere de la de anillo en ser mucho mayor, es decir, tiene de 20 á 30 pies de alto, y está reforzada y engrapada con hierro á proporcion de su tamaño. La maza pesa desde 7 hasta 19 quintales, y un molinete ó un cabrestante se emplean para elevarla. En la máquina de anillo la cuerda está atada constantemente al ariete, bajando con él á cada golpe al soltarla los hombres simultaneamente; pero en la que nos ocupa, como la estremidad de la cuerda ó cadena del aparejo está fija al tambor del cabrestante, la caida se efectúa suspendiendo el ariete por medio de un gancho ó tenaza que se abre por sí misma ó por medio de una cuerda, como hemos explicado mas arriba, determinando la altura con arreglo al peso que se apetece.

Este procedimiento no se puede considerar como muy económico, siempre que necesita mucha fuerza, atendiendo á que la ventaja que se obtiene por la caida es muy poca comparada con la potencia que exige y por el mucho tiempo que se pierde en el intervalo de cada golpe, bajando la cadena y volviendo á enganchar el mazo.

Tambien á este aparato se aplica con frecuencia la fuerza motriz del vapor, que se coloca unas veces al lado del armazon mismo; pero mas frecuentemente en algun punto cómodo cerca de la obra. La cadena en este caso está enrollada en un cilindro unido á la máquina de vapor, y se prolonga hasta la machina pasando por unas poleas fijas en donde hay necesidad de cambios de direccion.

El método de emplear de este modo, como agente, la fuerza motriz del vapor, ha sido aplicado en grande escala en las obras de los diques de Grimsby, donde todos los pilotes de la grande ataguía fueron clavados de esta manera por dos máquinas fijas, que en algunos sitios estaban á varios centenares de varas del punto en que se verificaba la hinca.

Se supone que la potencia de vapor fué aplicada primeramente á este objeto por Mr. John Rennie en 1801 y 1802 para establecer los pilotes de la ataguía que se formó á la entrada de los diques de Lóndres. Dos años mas tarde, en 1804, el mismo ingeniero empleaba una máquina de vapor con fuerzas de seis caballos, clavando pilotes con dos martinets simultáneamente, al construir la ataguía en la entrada de los diques de Hull.

Donde el motor está á mucha distancia de la machina es necesario establecer un bien concertado plan de señales con objeto de evitar entorpecimientos, principalmente para impedir que el tambor recoja demasiada cadena, comprometiendo la seguridad del mecanismo.

Estas contingencias pueden evitarse sustituyendo el cabrestante ordinario con una máquina de elevar co-

locada muy cerca de la base del martinete, que funciona á beneficio de una correa procedente de la] de vapor. Esta correa pasa alrededor de una polea, agregada al eje del tambor, la cual, por efecto de un aparato que obra por sí mismo, se suelta cuando la maza llega á la altura propuesta.

La descripción completa de un mecanismo de esta clase empleado por Mr. James Milne en las obras del puerto de Montrose se hallará en el tercer tomo de *Minutes of the proceedings of the Institution of civil Engineers.*

Cuando la potencia del vapor se aplica á hacer funcionar la máquina ordinaria de pilotes, es claro que conviene al interés del contratista invertir el menor tiempo posible en quitar el armazon de un pilote para colocarlo sobre otro, porque en este intervalo es preciso alimentar estérilmente el fuego de la máquina y no puede haber mucha economía si, durante una gran parte del día, el vapor queda sin empleo.

Mas este inconveniente pierde su principal importancia, si la misma máquina se aplica á otros usos como son , por ejemplo , bombear, serrar etc. ó bien hacer funcionar á la vez varios martinetes. De todas maneras siempre que se emplee la fuerza motriz del vapor, será económico colocar un ligero carril de servicio (*tramway*) en toda la línea de la obra, por el cual puedan pasarse las armadnas de machina á medida que se claven los pilotes, de modo que se invierta el menor tiempo posible en la operacion.

Martillo de vapor de Nasmyth. Esta importante apli-

cacion del martillo de vapor á la hinca de pilotes, se puede decir que ha realizado una completa revolucion en el arte. Por su medio se han llevado á cabo últimamente obras, que, sin semejante ayuda mecánica, hubieran sido enteramente impracticables.

Las partes esenciales del aparato para la hinca de pilotes, por medio del vapor, segun el procedimiento de Nasmyth, son las siguientes.

1.^a Un poste vertical de guia con una polea y una cadena para levantar el martillo.

2.^a Una caja de hierro forjado, dentro de la cual dicho martillo ejecuta su movimiento ascensional y de bajada. Esta caja está enganchada al poste de guia por medio de abrazaderas corredizas, y descansando sobre el tope del pilote, agarra la cabeza de este último de manera que no puede ladearse ni torcerse fuera de la posicion requerida.

3.^a El martillo de vapor que está unido á la varilla de piston, que sale del fondo de un cilindro fijo, sobre el tope de la caja que acabamos de describir.

4.^a Una caldera, desde la cual se conduce el vapor hasta el cilindro por medio de un juego de tubos provistos de codillos articulados, con objeto de permitir que el aparato que clava el pilote, siga á este en su descenso.

Ademas de las piezas descritas, la referida máquina de Nasmyth suele casi siempre hallarse provista de otra pequeña de vapor destinada á suspender el martillo y colocar los pilotes, y cuya pequeña máquina tiene ruedas

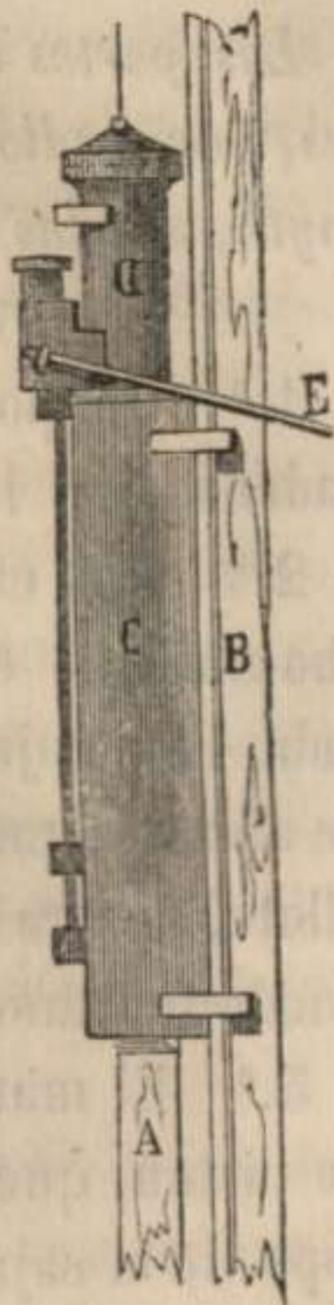
y todo lo necesario para la locomocion , en terminos que puede funcionar sobre el referido carril de servicio. Tiene ademas, esta pequeña máquina sierras horizontales para cortar á flor de tierra las cabezas de los pilotes despues que se hallen clavados. Sin el auxilio de gran número de grabados seria imposible es-

Figura 18.

explicar todos estos pormenores ; pero como no afectan al principio científico en que estriba la aplicacion del martillo de vapor para clavar pilotes , aquí nos limitaremos á presentar á nuestros lectores un pequeño dibujo en perfil , por medio del cual el lector podrá comprender la accion del martillo sobre el pilote. (Véase la *fig.* 18.)

A representa el pilote que se está clavando. B el poste de guia. C la caja de hierro forjado que descansa sobre la cabeza del pilote y corre libremente, unida al poste de guia por medio de abrazaderas en las estremidades superior é inferior. D es el cilindro de vapor. E es el tubo que sale de la caldera y oonduce el vapor desde esta al cilindro.

La accion de la máquina se verifica del siguiente modo : levantado el pilote que se va á clavar y colocado en la posicion conveniente, se alza el aparato de hinca, y en seguida se baja para hacerle descansar sobre los hombros del pilote. La cadena de elevacion se deja entonces libre, de manera que el aparato no solo descansa enteramente en



el pilote, sino que pueda seguirle en su descenso. Luego se abre entrada al vapor en el piston, la maquinaria principia á funcionar, y el martillo, que está dentro de la caja de hierro forjado, repite sus golpes sobre la cabeza del pilote á razon de 75. ú 80 por minuto, segun la potencia de la máquina. A medida que se dan los golpes, el aparato sigue al pilote, que es su único sosten, puesto que puede resbalar libremente por el poste de guia desde el momento de empezar á hundirse el pilote. Por su parte el tubo articulado de vapor sigue en sus movimientos los del aparato. La válvula se abre y se cierra por medio de una palanca que atraviesa una abertura en la caja C, abertura que no se ve en el grabado y á la cual se dá movimiento por medio de su contacto con un plano inclinado sobre la cabeza del martillo. Cuando el vapor ha levantado el piston hasta la altura conveniente, la válvula se cierra por la accion de la indicada palanca, y se abre otra válvula de salida ó desahogo que permite que el vapor salga con fuerza y que el martillo baje. Tan pronto como el pilote se ha clavado hasta la profundidad exigida, se suspende con la cadena el aparato, poniendo en movimiento la locomotora para colocar la máquina frente al pilote inmediato, y despues de fijar este último en la posicion debida, funciona el martinete como en el anterior.

Dice un articulo del «*Engineers and Architect's Journal*,» de setiembre de 1840, hablando de la máquina de vapor de Nasmyht para clavar pilotes, que su mérito consiste:

Primero. En que la fuerza elástica del vapor se emplea de una manera directa como agente para que la maza

de hierro, que golpea la cabeza del pilote, sea levantada á la altura necesaria.

Segundo. En la manera muy particular y original por la cual al pilote mismo se le hace obrar como único punto de apoyo de la parte del aparato que se puede llamar activa ó contundente; por cuyo medio todo el peso inerte ó pasivo de este último se aprovecha de una manera muy importante, como fuerza complementaria, para ayudar al pilote en el acto de hundirse en el terreno. Este peso inerte tambien obra de un modo muy importante como agente *anti-reculador* (a), oponiendo una resistencia pasiva igual á su gravedad, que es hasta de tres toneladas.

Tercero. En la disposicion especial á cuyo beneficio la parte del aparato que clava el pilote, puede bajar con él, guiándole en su descenso, de modo que aleja todas las probabilidades de que el madero se tuerza ó salga de la verdadera posicion en que fué colocado al principio de la operacion.

Y cuarto. En que por medio de este procedimiento se aumenta la energia de los golpes de la maza, aumento que es debido á la altura de que cae. Esta última ventaja consiste en una circunstancia de la que todavía no hemos hecho mencion, y es la siguiente: los agujeros para desahogar el vapor se colocan un poco mas abajo del borde alto del cilindro, el cual queda im-

(a) «*Anti-recoil*», es decir que contiene, ó por lo menos atenua, la reaccion del pilote hácia fuera.

penetrable al aire. En el mismo instante que el piston pasa esas aberturas en su accion ascendente, todo movimiento posterior en el mismo sentido ascendente queda terminado por efecto de la resistencia que le opone el aire comprimido que halla confinado en el espacio que media entre el tope del piston y el lado inferior del tapon del cilindro, y este aire comprimido, al rechazar al piston por la fuerza de su elasticidad, añade á la energia natural del golpe toda la que representa el impetu dado para obtener su dilatacion. El peso ordinario de la maza es de 35 arrobas y la caida de unos tres pies.

En el bosquejo que acabamos de dar del martinete de vapor para clavar pilotes, de Nasmyth, hemos evitado á propósito todo detalle inútil, en razon á que nuestro objeto ha sido describirla de modo que el lector profano pueda comprender su principio científico. Los que ademas deseen estudiar sus interesantes pormenores mecánicos hallarán dibujos completos y descripciones de todas sus partes en el artículo del periódico que hemos citado (a). Esta máquina es muy conveniente para clavar hileras continuas de pilotes, y tambien para las obras en que es necesario hincar un gran número á poca distancia los unos de los otros. Ha sido ya empleada con

(a) *La Revista de obras públicas*, en su número correspondiente al 1.º de Enero del corriente año de 1856 ha dado una lámina bastante detallada y una descripcion minuciosa del *Martinete de Nasmyth* que nos ocupa. A tan interesante publicacion referimos tambien, por nuestra parte, al lector que desee encontrar mas pormenores y aclaraciones.

gran éxito y mucha economía en colocar las fundaciones del *High Level Bridge* (puente alto) de Newcastle sobre el rio Tyne y en el viaducto que pasa por encima del rio Tweed en Berwick. Con igual resultado se empleó en los diques de New Grimsby para fijar las fundaciones de las esclusas que están á la entrada, y era muy interesante ver cómo la máquina en estas últimas obras se hacia camino gradualmente de un lado á otro, á medida que desempeñaba su trabajo ó tarea, todo lo cual realizaba con una celeridad y economía que ninguna otra máquina ha podido alcanzar.

En obras de poca estension ninguna economía resultará de la máquina de Nasmyth, porque su primitivo coste, que es de 1500 libras esterlinas, (150,000 rs.) añadiendo los gastos que exige su transporte de un lugar á otro, limita su aplicacion económica á obras de grande estension, como las que acabamos de nombrar y donde es verdaderamente preciosa.

Antes de concluir con el asunto de la máquina de Nasmyth, conviene consignar bien que reúne la ventaja de una gran velocidad unida á un gran peso, cuyas circunstancias hacen que el pilote se clave con mucha firmeza y tenga poca reaccion despues del golpe, no sufriendo deterioro la madera, como sucede siendo el ariete ligero y lenta su caida. Al tratar de la potencia en la operacion de clavar el pilotaje tendremos ocasion de extendernos mas aun sobre este particular.

Máquina admosférica de Clarke y Varley. Esta utilísima máquina puede considerarse como una modificacion de la de argolla ó anillo, porque tanto en una como en

otra la cadena de elevacion permanece constantemente unida al mazo sin intervencion de tenazas, y baja siempre con él por consecuencia.

La ascension del martillo se efectúa de este modo:

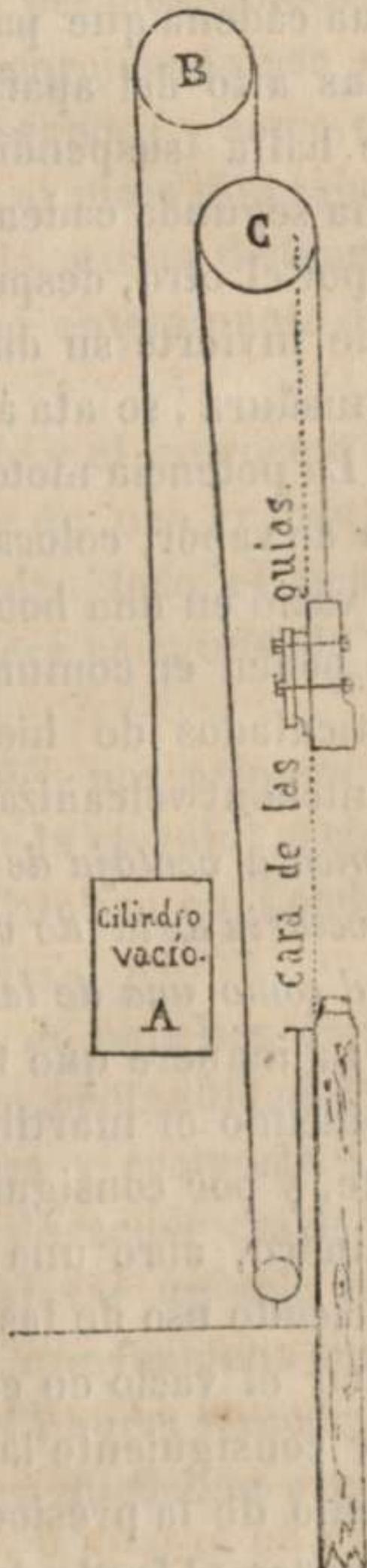
Una de las estremidades de la cadena está atada á la varilla de un piston que funciona dentro de un cilindro, unido por medio de tubos á una bomba de aire, la cual recibe su accion de la de una máquina de vapor, que puede colocarse en el punto de la obra que parezca mas conveniente.

Por medio de una polea, pendiente de la otra estremidad de la cadena principal, y por la cual pasa una segunda cadena, que es la que suspende el ariete, la caida de este resulta del duplo del movimiento del piston, sin perjuicio de modificar ó disminuir esta caida de la manera mas conveniente al objeto.

La descripcion que damos á continuacion está tomada del *Engineer and Architects Journal*, de Noviembre de 1848.

El aparato consiste en un cilindro, en el cual se forma el vacío, que debe ser de hierro forjado véase A, (fig 19) cerrado por el fondo y

Figura 19.



abierto por encima cuya abertura dá entrada á un pistón que no permita el menor paso al aire, y con él á un mecanismo resbaladizo que obra por sí mismo sujeto á cualquier parte cómoda del armazon de una máquina ordinaria. La varilla del pistón está unida á una cadena que pasa por la polea fija *B*, colocada en lo mas alto del aparato. A la estremidad de esta cadena se halla suspendida otra polea *C* y sobre esta pasa una segunda cadena, que por un extremo se une al mazo y por el otro, despues de pasar por un moton de retorno que invierte su direccion y que está fijo al pie de la armadura, se ata á la cabeza del pilote.

La potencia motora se obtiene de una pequeña máquina de vapor, colocada en sitio adecuado y que produce el vacio en una bomba de aire. Esta bomba y la machina se ponen en comunicacion por medio de pequeños tubos articulados de hierro forjado, valiéndose de otros de cantchont volcanizado. *De este modo la máquina posee la inmensa ventaja de poder funcionar á la distancia que sea necesaria de la de vapor y poderse mover con tanta facilidad como una de las comunes llamadas de cangrejo.*

La manera que tiene de funcionar es como sigue: suponiendo el martillo en contacto con la cabeza del pilote, y por consiguiente el pistón en el tope superior del cilindro, abre una comunicacion con la bomba de aire haciendo uso de las válvulas y logrado de este modo producir el vacio en el cilindro, el descenso del pistón, y por consiguiente la subida de la maza, se verifican por medio de la presion de la atmósfera exterior. Al llegar el pistón al fondo del cilindro, las válvulas giran, se cor-

ta la comunicacion con la bomba de aire, el aire exterior entra debajo del piston, y restablecido el equilibrio, el mazo cae con toda la fuerza de su gravedad sobre el pilote, girando de nuevo las válvulas para repetir la operacion.

De esta manera gran número de pesados golpes se suceden con una rapidez siempre proporcionada por supuesto á la potencia de la máquina de vapor; y como por la disposicion particular de las poleas el mazo y la cabeza del pilote están en todos los golpes á la misma distancia, se obtiene una regularidad de accion enteramente desconocida en los antiguos métodos.

El deterioro de la cabeza del pilote y el retroceso del mazo por la reacion del golpe al caer de una grande altura se evitan, y ademas se economiza todo el tiempo que se perderia en atarlo de nuevo para cada una de sus revoluciones.

Este clavador atmosférico se empleó por primera vez en 1848 para la hinca de los pilotes de la ataguia, al construir los muelles del dique de Sta. Catalina en Londres, donde dió muy satisfactorios resultados.

Mr. Crate, inspector de las obras de aquellos diques, dice que clavó 42 pilotes hasta una profundidad de 18 pies, en una capa de graba muy dura y compacta á razon de tres en cada marea, cuya duracion era de tres horas y media; mientras que para clavar un solo pilote valiéndose de la máquina ordinaria, que funciona sin vapor, empleaba cinco mareas ó sean 17 horas y media, sin concluir del todo la operacion, pues quedaban aun dos pies por clavar.

Hemos tenido ocasion de ver esta máquina atmosférica trabajar, introduciendo los pilotes en una capa de graba fuertísima, en las obras del ferro-carril del Ambergate, Nottingham, Boston y Eastern Junction, cerca de Ratcliffe, sobre el rio Trent, donde el tiempo medio que se empleó en clavar cada pilote á nueve pies de profundidad fué el de nueve minutos exactos.

Con medios mas activos de los que alli se emplearon para trasladar la máquina de uno á otro pilote se hubiesen clavado indudablemente cuatro por hora; cuando con la ordinaria de cangrejo lo mas que puede hacerse son dos al dia.

La máquina de vapor, empleada para hacer funcionar la bomba de aire, era una pequeña y portátil, la misma que servia tambien para picar las bombas de desagüe. Una de las mayores ventajas del aparato que venimos describiendo, consiste en la combinacion de poleas que permiten obtener la caida suficiente sin que el movimiento del piston sea escesivamente largo.

El buen éxito de su máquina atmosférica ha conducido á Mr. Clarke á prestar á este asunto una atencion preferente, y de sus resultas ha discurrido un nuevo clavadador, aun de mayores ventajas, y basado en un principio bastante parecido. Este tiene una caida solamente de cinco pies, y funciona por medio de un piston, cuyo golpe es comparativamente mucho mas breve. Sin embargo, como apenas se ha probado este perfeccionamiento y necesita la sancion de una larga práctica, no creemos necesario entrar en pormenores acerca de él en una obrita de estas reducidas dimensiones.

En un gran número de casos la potencia que se tiene á mano escede mucho de la necesaria para vencer la resistencia que el terreno ofrece; pero cuando se trata de una capa muy dura ó de clavar pilotes destinados á sostener un considerable peso, es con frecuencia difícil lograr el objeto propuesto por los recursos ordinarios, y entonces es de gran importancia conocer los medios de obtener la mayor fuerza con el menor gasto posible.

Supongamos, por ejemplo, que con una maza que pese diez quintales, y que funcione desde la altura de diez pies, no podemos clavar un pilote á la profundidad necesaria. En este caso tenemos que escoger entre estos dos medios: ó emplear un mazo mas pesado, lo cual exigirá mayor potencia para levantarlo en igual tiempo, ó bien podemos darle mas caída con la misma potencia, invirtiendo un espacio de tiempo mayor.

Abandonando por el momento la cuestion de averiguar cuál de los dos medios deteriora mas el pilote, nos limitaremos simplemente á investigar la potencia comparativa que es preciso poner en juego.

Para calcular exactamente la fuerza del golpe dado por el mazo, seria necesario saber la resistencia del aire al descenso, y el rozamiento de aquel con las guias del armazon. Mas como estas fuerzas, digámoslo así retardadoras, son insignificantes para nuestro propósito, comparadas con la fuerza entera del golpe; y ademas, como estas consideraciones complicarian mucho el cálculo, se puede prescindir de ellas en la práctica, teniendo en cuenta solamente que dichas fuerzas retardadoras existen.

Ahora bien: La cantidad de movimiento de un cuerpo

que cae es igual á su velocidad multiplicada por su peso.

La velocidad que adquiere un cuerpo al caer se halla en razon directa del tiempo que ocupa en su descenso.

El espacio que atraviesa cayendo es proporcional al cuadrado del tiempo de descenso.

Un cuerpo que cae libremente en el vacío baja $16 \frac{1}{12}$ pies en el primer segundo, y la velocidad adquirida, al cabo de este tiempo, es de $32 \frac{1}{6}$ pies por segundo.

Veamos:

Peso del mazo. = P

Caida del mismo en pies. = $E = 16 \text{ ps.} \frac{1}{12} \cdot T^2$

Tiempo de descenso en segundos. = $T = \sqrt{\frac{p}{16 \frac{1}{12}}}$

Velocidad del mazo al tiempo de pegar en el pilote

$$v = 32 \frac{1}{6} \cdot T = 32 \frac{1}{6} \sqrt{\frac{p}{16 \frac{1}{12}}} = 2 \sqrt{16 \frac{1}{12} p};$$

Impetu ó fuerza del golpe

$$m = P v = P \left(2 \sqrt{16 \frac{1}{12} p} \right)$$

fórmula sencilla que dá la fuerza del golpe en razon del peso y caida del mazo.

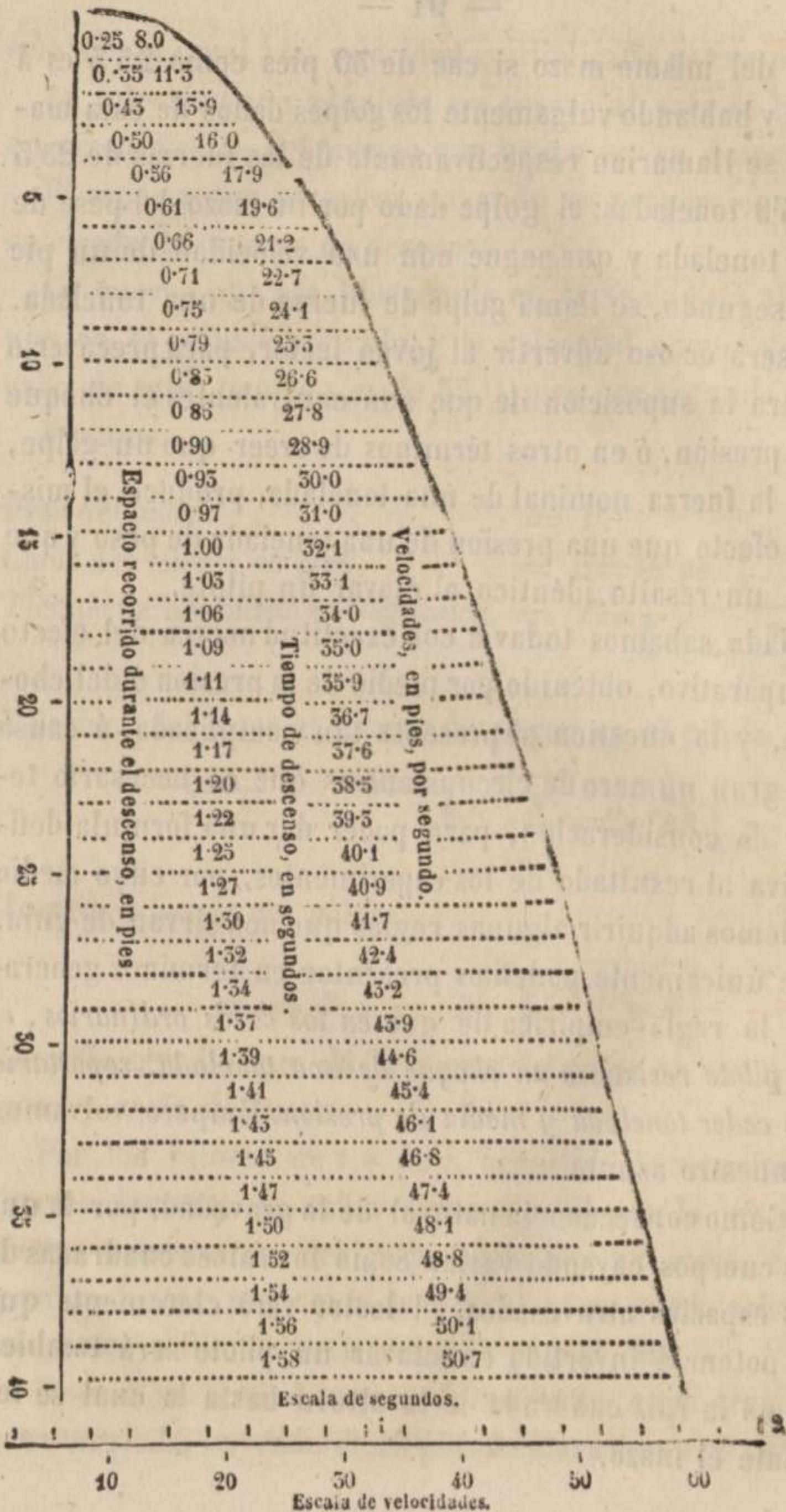
Por los valores de t y de v , acabados de mencionar, hemos formado la tabla siguiente (8) por la cual la fuerza comparativa del golpe dado por un mazo, cuyo peso = 1, con una caida de 1 á 40 pies, puede saberse al primer golpe de vista (véase la página 92).

De esta manera el impetu de un mazo, cuyo peso sea una tonelada, cayendo de 10 pies de elevacion será al im-

petu del mismo mazo si cae de 30 pies como 25'3 es á 43'9 y hablando vulgamente los golpes dados de esta manera se llamarían respectivamente de las fuerzas de 25'3 y 43'9 toneladas; el golpe dado por un mazo del peso de una tonelada y que pegue con una velocidad de un pie por segundo, se llama golpe de fuerza de una tonelada. No será ocioso advertir al jóven lector, para precaverlo contra la suposicion de que son equivalentes el choque y la presion, ó en otros términos de creer que un golpe, con la fuerza nominal de una tonelada, produce el mismo efecto que una presion de una tonelada de peso y que dan un resalto idéntico al clavar un pilote.

Nada sabemos todavia con exactitud acerca del efecto comparativo, obtenido por medio de la presion ó del choque, y la cuestion se presenta tan complicada, á causa del gran número de circunstancias que es necesario tener en consideracion, para poder dar una fórmula definitiva al resultado de los experimentos, por cuyo medio podemos adquirir algunas reglas que nos sirvan de guia, que únicamente podemos presentar en terminos generales la regla empírica de que *en los casos ordinarios, si un pilote resistiera un choque de una tonelada, soportaria sin ceder tonelada y media de presion.* Empero volvamos á nuestro asunto.

Como consecuencia natural de la gravedad, por la que los cuerpos cayendo varian como las raices cuadradas de los espacios atravesados, el lector verá claramente que la potencia invertida en clavar un pilote será tambien como la raiz cuadrada de la altura hasta la cual se levante el mazo.



Así es que para producir un choque de 32 toneladas necesitamos en números redondos.

Peso del mazo, en toneladas.	Caida, en pies.	Potencia gastada, en toneladas, levantadas á un pie de altura.
$\frac{1}{2}$	64	32
$\frac{3}{4}$	29	21
1	16	16
2	4	8
5	2	6

El primero y el último de estos casos pueden considerarse impracticables para nuestro propósito, y únicamente los hemos presentado para ilustrar mas la materia; una caída de 50 pies es la mayor que puede emplearse sin hendir el pilote, y un mazo que pesára mas de dos toneladas seria muy penoso para manejarlo.

Cuando la fuerza requerida para clavar un pilote es muy pequeña se obtendrá suficiente potencia, y aun sobrante, con la máquina de anillo ó la de cangrejo, resultando probablemente mas barato el empleo del trabajo de hombres que la fuerza del vapor. No obstante esto solo sucede dentro de ciertos límites.

Por regla general todo lo mas que debe emplearse para evitar el deterioro mayor ó menor de los pilotes, es una caída de 15 á 16 pies y en la practica es inconveniente

que el peso del mazo esceda de 12 quintales , usando la máquina de cangrejo; porque un peso mayor requiere el empleo de mas trabajadores, cuyo tiempo se inutiliza, casi completamente, en los intervalos de pasar el aparato de uno á otro pilote. De todo esto se deduce, en suma, que por regla general la mayor fuerza de brazos que podemos aplicar ventajosamente es la que se obtiene de un mazo de doce quintales, funcionando con una caída de 16 pies. Esto dará por resultado un choque de algo menos de veinte toneladas cuya fuerza no basta en muchos de los casos que ocurren á cada paso en nuestros caminos de hierro. Por ejemplo, los pilotes destinados á sostener un puente de madera que debe sufrir los pesados golpes de las ruedas de nuestras locomotoras, que pesan 39 y mas toneladas no pueden considerarse seguros contra un asiento sino habiendo resistido, (ó *rehusado* segun la voz inglesa) golpes de un peso mucho mayor.

Por lo tanto podemos deducir y sentar como principio, que todas las veces que se necesita un choque de mas de 20 toneladas es conveniente y mas diremos, hasta necesario hacer uso del vapor ó de otra fuerza mecánica. La presión hidráulica es muy ventajosa allí donde es fácil obtenerla, lo cual no es raro en esta clase de obras.

La aplicación del vapor para fijar pilotaje se halla todavía en su infancia. El método ordinario de separar el mazo de la cadena de leva, en cada golpe, aunque sea un mal preciso en el procedimiento manual ordinario, no tiene aplicación á los casos en que el vapor ha de usarse con economía, á causa del tiempo perdido en volver á unir las tenazas, y por consecuencia, si la forma

comun y á la vez buena y sencilla, de mazo y armazon de guias, todavia está en uso, se puede adoptar ventajosamente algun medio de obrar análogo á la máquina atmosférica de Clarke y Varley.

En obras de mucha importancia en que se necesiten grandes fuerzas y en las cuales la magnitud de la empresa permita hacer gastos, la máquina de Nasmyht no dejará nada que desear. La economía de la potencia no es, sin embargo, la única ventaja que se deriva de la aplicacion simultánea de un mazo pesado y una caída veloz.

Los pilotes se clavan con mucho menos deterioro y se evita casi del todo que la madera se raje, mientras que trabajando con una caída que esceda de los doce pies indicados, y se acerque á veinte, pueden contarse que un pilote de cada diez sufrirán mas ó menos lesion que comprometa su solidez, y todo el que se haya ocupado de esto sabe bien la ansiedad, las dilaciones y los gastos que produce la necesidad de reemplazar los pilotes inutilizados.

Al escoger la madera destinada á pilotes es preciso poner el mayor cuidado en elegir aquella cuyas fibras sean mas derechas, sin nudos ni venteaduras. El pino, el alerce, el haya y el roble son las maderas que se consideran mejores. En sitio en que está espuesta á ser atacada por el gusano hay muy poca diferencia entre el empleo de mejor ó peor madera, si de antemano no ha sido preparada por medio de algun procedimiento quimico; por lo tanto lo seguro y preferible es aplicar siempre que haya duda una saturacion preservativa.

Los pilotes destinados á clavarse en terreno duro necesitan guarnecerse con anillos de hierro por las cabezas para evitar que se rajen y calzar sus puntas con azuches del mismo metal, bien sean forjados ó fundidos segun las circunstancias. Para aquellos que deban colocarse separados, el azuche debe ser de punta y colocada esta en el centro del pilote (véase la *fig. 20*); pero cuando se clavan unidos, los azuches en vez de punta se hacen con filo, el cual no es perpendicular al eje del pilote sino ligeramente oblicuo; de manera que al clavarse tiene una tendencia marcada de ceñirse al que se ha clavado anteriormente, por cuyos medios se asegura su perfecto contacto (véase la *fig. 21*). Se necesita mucha atención al calzar un pilote para asegurarse de que el azuche ajusta perfectamente y está clavado con solidez. La ventaja de hacerlos fundidos consiste en que su interior puede moldarse de manera que tenga una cavidad cuadrada para que descansa en ella la estremidad del pilote, mientras que en un azuche de hierro forjado tiene la punta de madera que entrar en cuña; y como la fuerza necesaria para clavar el pilote en el terreno sobrepuja escesivamente á la suficiente para ajustar el azuche, resultará con mucha frecuencia que, abriéndose este por dicha causa y desguarnecido el pilote, se aplastará la punta de este antes de llegar á la profundidad requerida.

Figura 20.



Figura 21.



Los pilotes destinados á colocarse juntos, para cerrar cualquier espacio, deben labrarse cuidadosamente antes de clavarlos para que ajusten sus lados despues de puestos; de otro modo no es posible se unan herméticamente. Sin duda en algunos casos especiales es bueno ensamblar los cantos; pero esta práctica tiene muy poco uso, porque si se labran y clavan bien, la hinchazon de la madera espuesta á la humedad basta para asegurar la union completa.

Como regla general es bueno no emplear madera aserrada, esto es, piezas sacadas de un tronco grueso; es preferible por várias razones que sean palos enteros que tengan corazon. Un madero entero de diez pulgadas de lado, de madera de Suecia, se clavará mejor y con menos riesgo de rajarse que la cuarta parte de otro de 20 pulgadas de la mejor madera de Dantzic.

Si fuese indispensable emplear para pilotes grandes piezas, cuyo grueso haya que reducir, es necesario quitarles madera de los cuatro lados para que el corazon quede en el centro.

Tratándose de poner los pilotes unidos para ataguías ú otro objeto análogo, es preciso determinar bien su posicion, y esto se consigue colocando unas piezas horizontales, y generalmente dobles, entre las cuales pasan y los guian para formar una alineacion correcta mientras se clavan. Para aplicaciones de la indole que acabamos de mencionar, los travesaños ó carreras que nos ocupan rara vez se colocan bajo el nivel del agua; pero aunque hubiese necesidad de hacerlo, esto se consigue facilmente uniendo los travesaños á unos pilotes por medio de ani-

llos de hierro, que los sumerjen y colocan de la manera que sea necesaria.

Cuando el pilotaje haya de atravesar una capa dura de terreno, es conveniente, y en muchos casos hasta indispensable, emplear la barrena antes de introducirlos; pues de este modo se economiza mucho tiempo, evitando el deterioro que sufre la madera.

Tambien se presenta el caso de que la capa dura, en que deben clavarse los pilotes, tiene su fondo de variable profundidad, bien sea á causa de una notable inclinacion, bien porque su superficie sea muy accidentada; en este caso es preciso sondearla con el barreno para poder conocer de antemano y con seguridad la longitud que es necesario dar á cada palo. Nada hay mas fastidioso que encontrarse con una pieza corta por solo unas cinco ó seis pulgadas, cuando ya está clavada; y por otro lado es un gasto muy estéril y lastimoso tener que cortar cinco ó seis pies de buena madera que se inutiliza.

Muchos escritores se han esforzado en prescribir ciertas reglas para calcular el efecto de un golpe, dado al clavar un pilote; pero estas reglas son de muy poco valor práctico, porque es difícilísimo reunir datos suficientes para obtener un resultado áproximado. El efecto de cada golpe depende: de la fuerza del golpe mismo, de la velocidad con que caiga el mazo, del peso respectivo del mazo y el pilote, de la elasticidad del azuche y de la resistencia que ofrezca el terreno que necesita atravesarse. Y como nunca podemos puntualizar estas dos últimas condiciones con gran certidumbre, cualquier

cálculo, sobre el cual se apoyen tales reglas, tiene que resultar falso por necesidad.

Los pilotes clavados para objetos transitorios, ó bien se sacan para utilizar su madera y azuches, despues que hayan terminado su servicio, ó se cortan al nivel del terreno, si estan en parage de donde el quitarlos puede ocasionar algun riesgo á la obra inmediata. Siempre que se han rodeado los fundamentos de algun edificio con pilotes unidos, ó cuando se forma una ataguía, que encierra la pila de un puente, hallaremos al sacarlos el riesgo de que el terreno se asiente, volviendo á ocupar el hueco ocasionado; pero no solo se reduce á esto todo el peligro, porque si el terreno está compuesto de arcilla ó marga, el agua se introduce, ensancha los huecos y remueve el fondo casi hasta la profundidad á que los pilotes se clavaron.

Por consiguiente, como regla general cuando concurren estas circustancias, no conviene sacarlos de su sitio, limitandose á aserrarlos á la flor del terreno, cuya operacion puede hacerse de várias maneras: 1.^a Por los medios ordinarios, empleando buzos, bien sea trabajando en la campana ó con el casco. 2.^a Valiéndose de sierras circulares ó cualquiera de las diferentes máquinas que para esto se conocen. 3.^a Tratándose de una línea de pilotes unidos que presente á la corriente una gran superficie, puede dárseles un corte de hacha, dejando á la fuerza del agua misma el cuidado de terminar el trabajo.

Hay muchos casos, sin embargo, en los cuales llega á ser necesario sacar los pilotes, y para esto se conoce un sinnúmero de medios. El mas comun, cuando la locali-

dad permite, es hacer uso de una gran palanca que se ata firmemente á la cabeza por una estremidad aplicando á la opuesta la fuerza de que se pueda disponer. Otro medio sencillo de sacarlos consiste en un gran tornillo vertical, á cuya estremidad se une la cadena que agarra la cabeza del pilote y cuyo tornillo tiene la correspondiente tuerca en la puente de un grande y robusto caballete ó apoyado en dos soportes que se colocan provisionalmente á los lados del pilote que nos proponemos extraer.

Pilotes de hierro fundido.

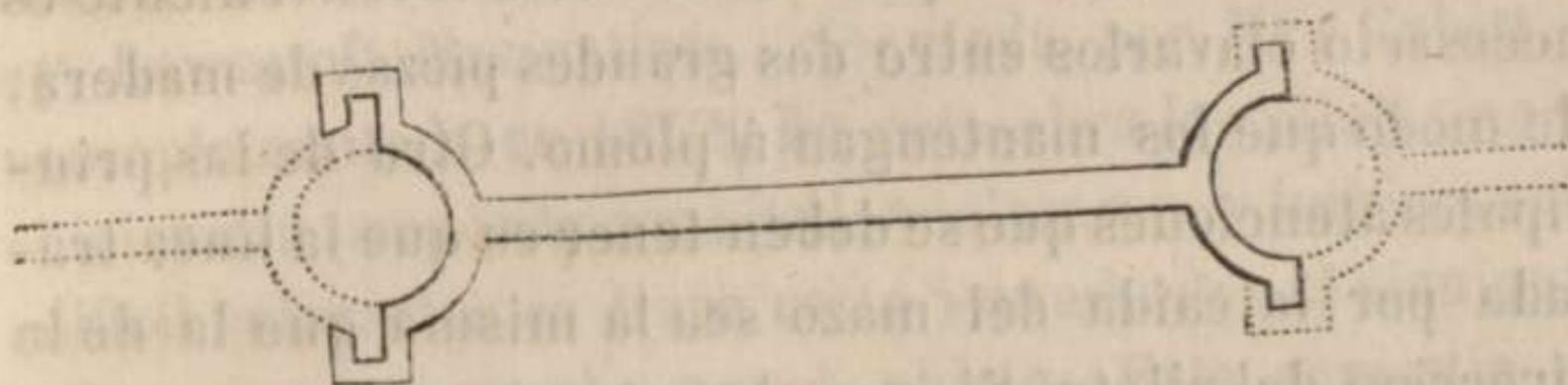
La aplicacion del hierro fundido á este uso es comparativamente moderna, y aunque no es probable que lleguen jamás sus ventajas á sobrepujar las de la madera, hay muchas circunstancias en las que se puede emplear con gran provecho.

Los pilotes de hierro fundido son de dos clases: unos para sostener peso, y otros, á que podriamos llamar *tabletas*, que sirven para circunvalar ó cerrar huecos. Estos últimos se aplican á la construccion de ataguías, muelles y esclusas, y como ya hemos hablado de las diferentes formas, que se dan á los de apoyo, solo necesitaremos describir la manera de utilizar los pilotes de hierro como medio de aislar el agua ó contenerla. Para hacerlo hemos echado mano de una obra titulada: *Memoir on the Use of Cast Iron in Piling*, publicada en el primer tomo de *The transactions of the Institution of Civil Engineers*.

Los pilotes murales de hierro fundido, fueron emplea-

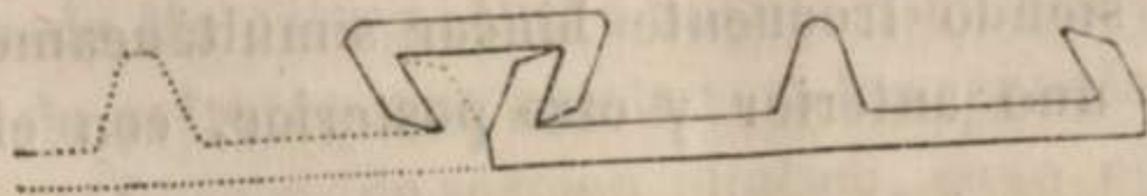
dos, por primera vez, por Mr. Matthews en la cabeza de muelle del norte, del puerto de Bridlington. Estos pilotes eran de distintas formas; pero la mas comun era una por la cual se enlazaban unos á otros, tal como se representa en la *fig. 22*. Su longitud era de 8 á 9 pies, con una anchura de 21 pulgada á 2 pies y su espesor de media pulgada.

Figura 22.



Algun tiempo despues de esto, á principios de 1822, Mr. Ewart obtuvo un privilegio para construir ataguías con unos pilotes anchos de hierro fundido, sostenidos y enlazados por otros en forma de caja, de cola de milano, como representa la *fig. 23*, y cuyas dimensiones fueron de unas 15 pulgadas de ancho con una longitud de 10 á 15 pies.

Figura 23.



Estos últimos han sido aplicados en grande escala por Mr. Mylne, ingeniero de las obras del New River Head

en Londres y por Mr. Hartley en Liverpool, para diferentes obras de este último puerto.

Así se espresa Mr. Hartley por lo concerniente á su uso.

«Mucho cuidado se necesita para conservar los pilotes
»en una posicion vertical, porque como presentan muy
»poca superficie al golpe del mazo, y son tan agudos, fá-
»cilmente se desvian de la direccion recta y propen-
»den á inclinarse; mas para evitar este inconveniente es
»necesario clavarlos entre dos grandes piezas de madera,
»de modo que los mantengan á plomo. Otra de las prin-
»cipales atenciones que se deben tener es que la línea tra-
»zada por la caida del mazo sea la misma que la de la
»direccion del pilote. Si, por el contrario, el mazo no cae
»de lleno en él y le hiere oblicuamente, existe el inmi-
»nente riesgo de que la cabeza se haga pedazos y habrá
»necesidad de sacarlo así inutilizado, lo que no siempre es
»cosa facil.»

Dice ademas en otro párrafo.

«Estos pilotes, los instrumentos mas útiles que uno
»puede emplear para construir ataguías, han tenido
»tiempo de probarse bien en los diques de Liverpool,
»donde su resultado ha sido altamente satisfactorio.
»Ordinariamente se han clavado con la máquina comun
»de anillo, por medio de mazos de tres ó cuatro pies de
»caida, siendo frecuente hincar simultáneamente dos
»pilotes, uno anterior y otro posterior, con el mismo
»mazo.»

»En el año 1824 Mr. Walker empleó pilotes *murales*
»hechos de hierro fundido en la estremidad del muelle de

»Downes Wharf, que necesitaba reconstruirse, y en esta
»obra su forma estaba considerablemente modificada y
»dispuesta de una manera diferente de la que empleó
»Mr. Ewart. Los pilotes de enlace se suprimieron y en
»cambio estaban arregladas las juntas de manera que
»pudieran unirse directamente unos con otros.»

»Otra aplicacion, que nos ocurre mencionar, se hizo en
»mucho mayor escala que la citada; tal fué la que tuvo
»lugar en la embocadura del mar, á la entrada de Norwich
»y Lowestoft Navigation, ejecutada por Mr. Cubitt y
»complementada en 1832. En esta obra los pilotes no se
»hicieron á propósito para poder enlazarse, y hubiera sido
»difícil colocarlos en linea recta á no adoptar el siguiente
»plan que aseguraba aquel objeto. Este consistia en
»remachar un par de cacholas ó fuertes chavetas de hier-
»ro forjado cerca de la estremidad inferior del pilote, an-
»tes de clavarlo, resaltadas del borde unas dos ó tres
»pulgadas. Estas chavetas, abrazado el pilote, clavado
»anteriormente, sirven para guia del que se está intro-
»duciendo y evitar que se desvie por mas delgado que sea
»este y marcada su tendencia á separarse de la linea, la
»cual se neutraliza tambien dando mas ó menos cartabon
»al corte inferior.»

Debemos hacer asimismo mencion de un muelle sobre
el rio Lea, fabricado en Limehouse, y ejecutado bajo la
direccion de Mr. Sibley. Dicho muelle está fabricado con
láminas de palastro que ajustan en las acanaladuras de
unos pilotes huecos, de seccion eliptica, cuyo eje mayor
es de 12 pulgadas. Estos pilotes tienen veinte pies de lon-
gitud y se hicieron huecos para dar paso por su interior

á la barrena que habia de facilitar su descenso, rellenándolos despues de argamasa. Muelles semejantes, pero aun en mayor escala, han sido contruidos despues en las inmediaciones del puente de Lóndres en ambos lados del rio. Los pilotes de la márgen izquierda, ó lado de la ciudad, tienen 43 pies de largo, y han sido fundidos en dos piezas, unidas despues á empalme de espiga.

En 1833 y 1834 los Sres. Walker y Burgess construyeron un malecon, de cerca de 720 pies de largo, enfrente de los diques de la Compañia de las Indias orientales, en Blackwall, el cual despues se ha llamado el muelle de Brumswick. Este importante trabajo está formado con grandes pilotes de hierro fundido, clavados á distancia de 7 pies de eje á eje, cuyos espacios están cerrados con otros *murales* unidos con juntas de solapo, que alcanzan una altura de ocho pies sobre el nivel de la baja mar, mientras que el resto de la altura del muro se compone de tres órdenes de planchas de palastro, cuya anchura es igual á la distancia que media entre los pilotes principales, á los que están clavados y remachados. Cada uno de los pilotes grandes es de dos piezas: la inferior fué clavada primero, y la superior empalmada despues y sujeta con redoblones.

La gran dificultad práctica de la aplicacion de los pilotes de hierro á las obras permanentes, consiste en la improbabilidad de colocarlos todos exactamente al mismo nivel. Pero este inconveniente no existe para las ataguías, pues en esta especie de obras no es de importancia alguna que las cabezas estén ó no niveladas.

Al colocar pilotes de hierro fundido es del mayor in-

terés confinar la caída del mazo dentro de ciertos reducidos límites, porque una que escediese cinco ó seis pies de lo necesario, rompería indefectiblemente el metal. En todos los casos es muy esencial interponer un trozo de madera entre el pilote y el mazo, para amortiguar el golpe y distribuir su fuerza con igualdad sobre toda la superficie de la cabeza.

CAPITULO VI.

CAJONES.

Ya hemos explicado anteriormente, aunque con brevedad, los métodos de emplear cajones, que son ó sobre el suelo natural ó bien encima de una capa de betun ó argamasa, ó sobrepuestos á una fundacion de pilotes. En este capítulo nos proponemos hacer algunas observaciones sobre cada uno de estos métodos, y daremos, por via de aclaracion, todos los pormenores de dos obras que se han llevado á cabo en dificilísimas localidades por medio de ellos. La primera se hizo en un terreno blando de una profundidad inmensa; la segunda sobre una capa de arena suelta que contaba 70 pies de espesor y tan movediza que la fuerza del viento la removía á cada paso.

Hemos hablado ya tambien del peligro inherente á la colocacion de cajones en un fondo natural, á causa de la dificultad de nivelar dicho fondo; pues cuando este es desigual y la presion de los cajones no se verifica en sen-

tido paralelo á sus lados verticales, hay un riesgo inmediato de graves perturbaciones en la obra. Pero existen ejemplos de terrenos muy blandos, en los cuales el único medio aceptable de establecer una fundacion es colocar parcialmente y con igualdad los materiales dentro de los cajones, poniéndoles bastante peso para que compriman y desalojen el fango sobre que se hallan, hasta el punto de que no inspiren temor de mayor asiento por el peso de la obra superior. Con tal que no haya tendencia de infiltrarse el agua debajo de los cajones, tal género de fundacion es la mejor que puede emplearse en semejantes sitios, de suyo siempre peligrosos é intratables.

El material de que se construyen casi siempre los cajones es la madera, y sus lados están unidos al fondo de modo que cuando la obra llega á la altura requerida pueden desarmarse. El difunto Brigadier-General Sir Samuel Bentham, hizo sin embargo una innovacion en 1810, inventando y aplicando una nueva especie de cajones, cuyos lados eran de obra permanente de ladrillo, teniendo solamente el fondo de madera. Estos cajones permanentes, ó como él les llamaba, *masas flotantes*, fueron ensayados por él con gran éxito en la construccion de unos doscientos pies de muro, enfrente de Sheerness, en los años 1811 y 1812. La invencion de Sir Samuel se describe de este modo en la Memoria de los ingenieros que se publica cada trimestre.

«Esta invencion consiste en formar masas huecas de fábrica de ladrillo ó piedra, establecidas sobre una plancha de madera cubierta con una capa de cemento romano, las cuales se construyen en la orilla, dando á los mu-

retes que constituyen sus lados una altura algo mayor de la profundidad de las aguas en la baja mar. Una vez fabricados esta especie de cajones ó recintos, se conducen flotando hasta el sitio que deben ocupar, en donde se sumergen por su propio peso, privándolos de los medios que los sostienen á flote, que suelen ser barriles ó lanchones pareados; cuya operacion debe practicarse durante la baja mar, procurando que el nivel de este quede mas bajo que sus bordes superiores, no tanto para impedir que estos cajones se llenen de agua como para facilitar su asiento en el fondo, como luego diremos.»

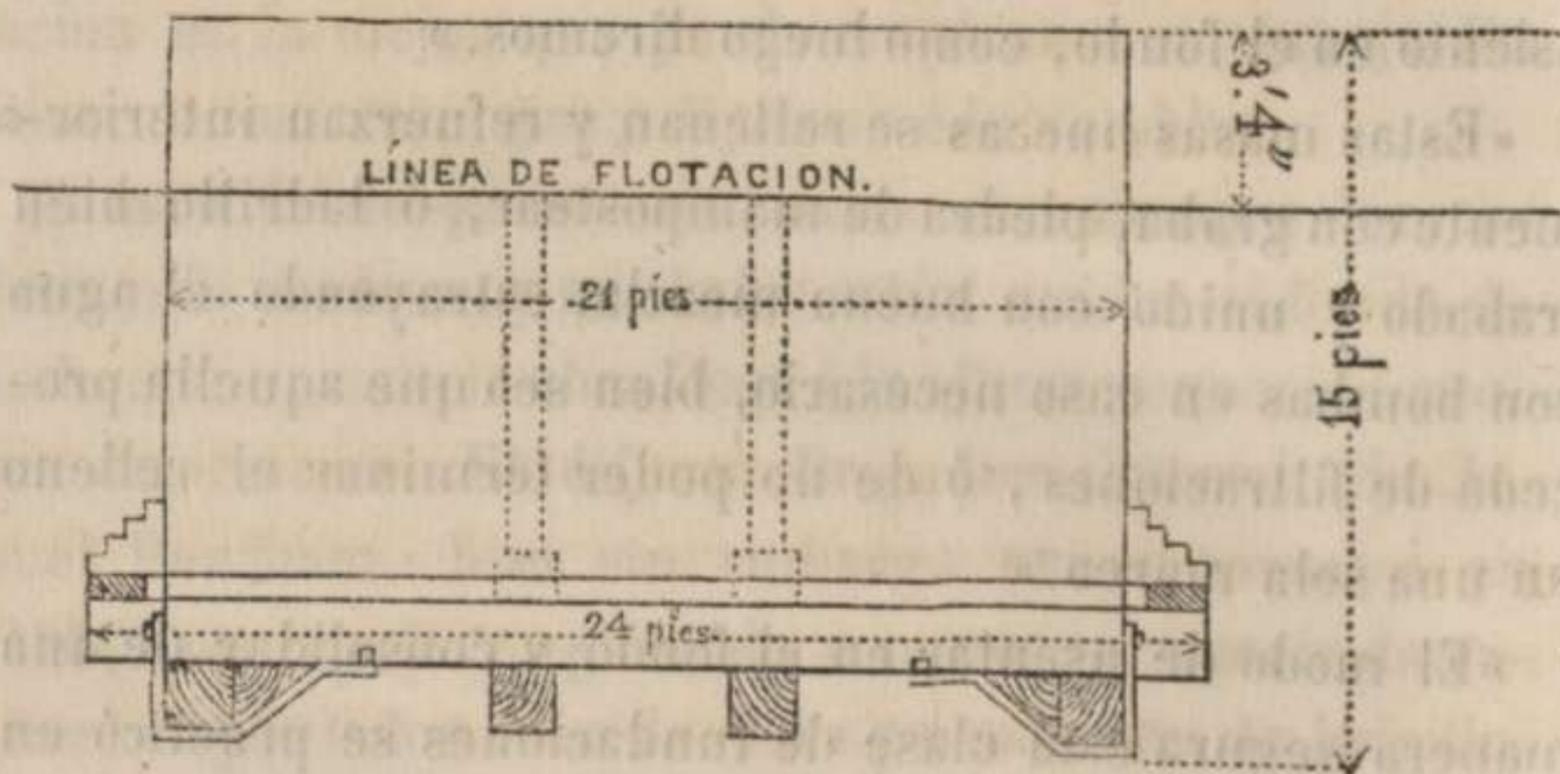
«Estas masas huecas se rellenan y refuerzan interiormente con graba, piedra de mampostar, ó ladrillo bien trabado y unido con buena mezcla, estrayendo el agua con bombas en caso necesario, bien sea que aquella proceda de filtraciones, ó de no poder terminar el relleno en una sola marea.»

»El modo de asentar en el fondo y consolidar de una manera segura esta clase de fundaciones se practicó en Sheerness, colocando sobre ellas durante la pleamar unas grandes barcas de fondo plano, cargadas de lastre, cuyo peso escedia considerablemente del calculado para la obra que debian sostener. Al bajar las aguas, las barcas quedaban sobre las fundaciones, ejerciendo una presion superior á la de la futura construccion, asegurando por consecuencia la estabilidad de esta.»

El fondo de tales masas era, como se ha dicho, una plataforma de madera, sobre la cual se construian los lados de fábrica, entivados interiormente con arcos de ladrillo. La segunda vez se formaron con paralelógramos de

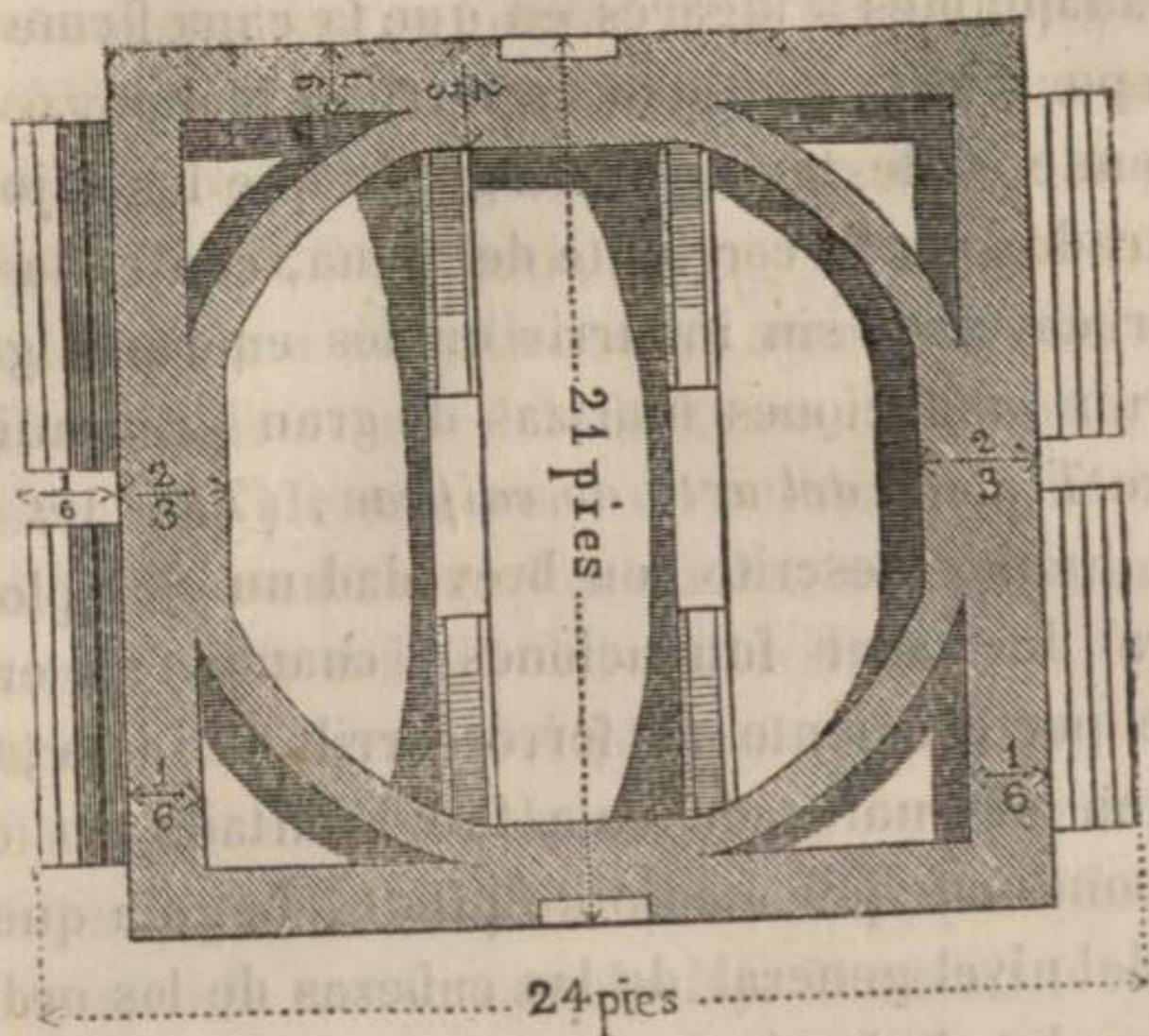
21 por 24 pies, cuyos lados menores eran paralelos á la línea longitudinal del malecon ó muelle, reforzados interiormente por un muro circular ó elíptico de ladrillo destinado á darle trabazon y resistencia, pues su fábrica estaba enlazada con la de los lados. En esta forma se manifiestan en las *figs. 24 y 25*.

Figura 24.



Todo el que se dedica mas ó menos á la construccion en Inglaterra, conoce el deterioro sufrido por una de las pilas del puente de Westminster, que tuvo por causa originaria no haber nivelado bien la plataforma de madera, que constituia el fondo de la caja empleada en su construccion. Por esto no entramos en mas detalles sobre este notable accidente, contentándonos tan solo con citararlo para recomendar el gran cuidado que es necesario tener en el asiento de los cajones.

Figura 25.



Los cajones asentados sobre capas de betun se emplean mucho en casi toda Europa ; pero como el betun no se usa en la Gran-Bretaña, creemos que no hay ejemplo de haberse aplicado en ella semejante procedimiento, por mas que ofrezca grandes ventajas en algunas situaciones; sobre todo cuando hay necesidad de hacer fundaciones sobre un suelo irregular y pedregoso, dificil de desecar, ó de nivelar despues que se consiga dejarlo en seco. El betun se aplica de diferentes modos para este caso, y entre ellos merece sin duda la preferencia el de emplearlo metido en cajas cuyo fondo sea de lienzo ó lona embreados, como se hizo en Argel, bajo la direccion de los ingenieros franceses, y de cuyo sistema hemos dado ya una idea á nuestros lectores, al hablar de las obras de aquel puerto.

Los cajones sobre fundacion de pilotes parecen bastante adaptables á lugares en que la capa firme está cubierta por cierta cantidad de terreno blando, ó en aquellos donde es de temer el riesgo de que los cajones sean arrastrados por la corriente del agua, contra la cual deban precaverse, sin incurrir en los enormes gastos de construir fundaciones macizas de gran profundidad. En nuestro *Tratado del arte de edificar*, (*The Art of Building*), hemos descrito con brevedad un ejemplo de esta manera de hacer fundaciones, cuando se erigió un puente perteneciente al ferro-carril de Lieja, en Bélgica, en el cual cada caja fué asentada en el lugar correspondiente por medio de pilotes de guia que sobresalian del nivel general de las cabezas de los ordinarios, que formaban la fundacion de la obra. Ahora presentaremos otro ejemplo inglés en el cual se adoptó un sistema algo diferente, y reunidos estos dos ejemplos contienen lo necesario para que el lector comprenda todos los detalles de este asunto. La siguiente descripcion ha sido sacada de un artículo que se halla en el primer tomo de la obra titulada: *Transactions of The Institution of Civil Engineers*. Los pasages entrecomados son testuales.

«El puente de Lary cerca de Plymouth está construido sobre el Lary, de que toma el nombre, y es un brazo del rio Plym, el cual se une al Cawater en el estrecho de Plymouth. La anchura general de este brazo de mar es de media milla; pero en el punto donde se ha colocado el puente, ambas orillas se aproximan de repente formando un canal que tiene solamente quinientos ó seis-

cientos pies de ancho. La marea se precipita por medio de este canal con una velocidad de 3 pies 6 pulgadas por segundo, y corre, término medio, con la misma velocidad hasta un fondo de 16 pies. En la marea baja la profundidad se reduce á 5 ó 6 pies.»

«Con la barrena de calicata se averiguó que en este canal la capa de arena del rio tiene un espesor de sesenta pies. La elevada roca de caliza que aparece en ambas orillas se sumerge bruscamente para reunirse en una misma masa debajo del lecho de arena, formando una subcapa casi horizontal que atraviesa el estrecho.

En los parajes anchos de este, mas arriba y mas abajo del puente, la arena es sumamente fina; pero debajo del puente mismo la corriente solo deja la arena tosca. Esta, sin embargo, no resiste las grandes inundaciones que vienen del interior y á las cuales el rio Plym es muy propenso, repitiéndose á cada paso: por cuya razon sucede frecuentemente que el lecho del rio se halla socavado algunos pies de profundidad en el invierno, volviéndose á rellenar en el verano.

El plan que presentó al principio Mr. Rendel para construir este puente, estaba fundado en el principio de suspension; pero graves motivos hicieron abandonar el primitivo proyecto y adoptar otro, consistente en cinco tramos de hierro forjado, á cuya obra se dió principio en el año de 1827.

No consideramos necesario á nuestro propósito dar aquí una descripcion completa del puente; por lo que nos limitaremos á dirigir la atencion del lector hácia los medios empleados al establecer las fundaciones de esta

bora en un terreno tan peligroso y resbaladizo. Para conseguirlo nada podemos hacer mejor que reproducir del mismo Mr. Rendel la esplicacion de su sistema, para cuya mejor inteligencia puede consultarse la *fig. 26*.

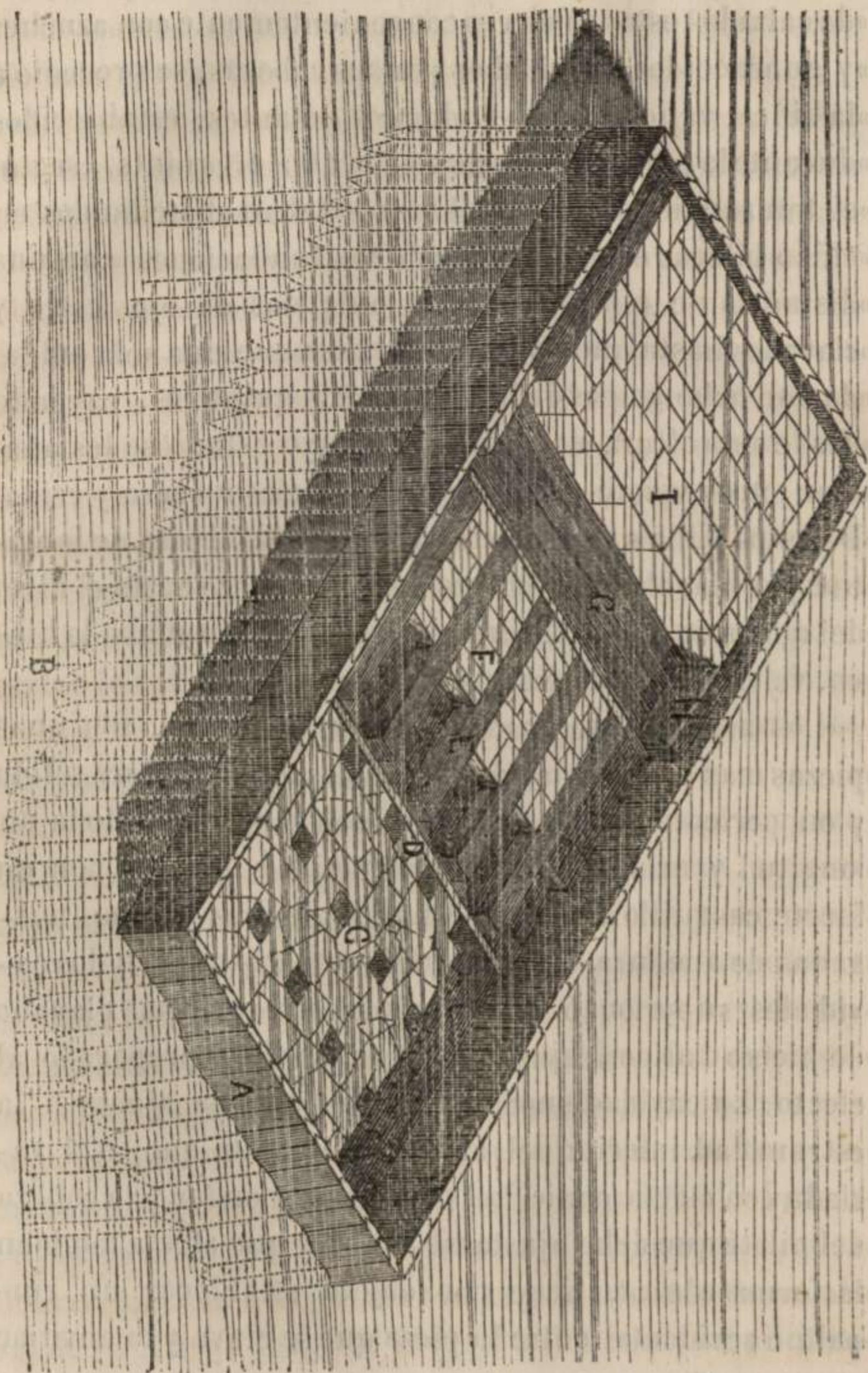
«Dimos principio por clavar pilotes *murales* (a) hasta
»la profundidad de 15 pies, todo alrededor del perime-
»tro de las pilas y estribos. Estos pilotes eran unos ta-
»blones de haya de 4 pulgadas de espesor, ensamblados
»entre sí por los cantos y clavados á unos travesaños
»dobles, que á su vez se aseguraron á unos gruesos pilo-
»tes de guia. Era de la mayor importancia que estuviesen
»perfectamente unidos unos á otros. Una vez clavados,
»provistos de unos pequeños azuches de poco mas de dos
»libras de peso, parecian tener de 16 á 18 pies fuera
»del terreno. Este pilotaje se clavó durante los periodos
»de baja mar con una máquina sencilla, de las llamadas
»de anillo, movida por 7 á 8 hombres, cuyo mazo de
»hierro fundido pesaba 450 libras.

»Mientras se verificaba la hinca de los pilotes se escavó
»la arena del recinto de 5 á 6 pies bajo el nivel del
»lecho del rio, resultando una profundidad minima de 9
»á 10 pies en la baja mar de las mareas ordinarias.»

»Precedida la escavacion, se apilotó el interior del re-
»cinto con maderos enteros de pino de los llamados gran-
»des de Noruega y de los pequeños de Memel, equivalen-
»tes á ellos; sin embargo debe preferirse el haya siem-

(a) Con el adjetivo *murales* designa Mr. Rendel los pilotes que nosotros conocemos con el de tablestacas. Su propiedad nos hace adoptarlo, y lo usaremos indistintamente, alternando con esta última palabra.

Figura 26.



»pre que se encuentre de la longitud necesaria. Después
»de calzados estos maderos convenientemente con azuches
»y guarnecidos con cinchos por sus cabezas, se procedió á
»la hinca, valiéndose de andamios flotantes, establecidos
»durante la pleamar y de mazos de 10 á 15 quints., según
»el tamaño de los pilotes. Estos estaban distribuidos en
»cinco hileras en la anchura de las fundaciones con una
»distancia de 4 pies á 4 y 6 pulgadas de eje á eje y
»clavados hasta que no entraban mas que una sola pulga-
»da con ocho golpes de la maza de 15 quintales, cayendo
»desde una altura de 25 pies, en cuyo estado se les aña-
»dian otros veinte golpes mas con el mismo peso y caída.
»De estos pilotes ninguno tenia ménos de 35 pies de longi-
»tud y se clavaban directamente con el mazo hasta el nivel
»del andamio flotante; pero entonces se continuaba la hin-
»ca, valiéndose del ariete.»

«Los arietes, empleados para este objeto, son unas
»piezas mas ó menos largas de madera de olmo muy sólida
»y en perfecto estado de sazón, con cinchos en toda su
»longitud y armados por su estremidad inferior con un
»fuerte casquillo de hierro fundido de diez y ocho pul-
»gadas de anchura. Este casquillo está dividido en dos ca-
»vidades superior é inferior por una gruesa plancha
»de hierro batido, ajustada á un asiento preparado al
»efecto. La cavidad superior del casquillo se ajusta á la
»estremidad inferior del ariete; la opuesta que está va-
»ciada con cierta conicidad para corresponder á la cabeza
»del pilote que debe ajustarse á ella, y que afecta tambien
»la forma cónica, tiene por objeto establecer un em-
»palme accidental entre la pieza que se clava y la auxiliar

»de esta operacion. Por este medio las cabezas de los pilotes apenas se deterioran, y la perdida de fuerza ocasionada por la intervencion del ariete es casi nula.

»La maniobra subsiguiente es la de cortar por un mismo plano de nivel y á la profundidad conveniente las cabezas de los pilotes, empedrando los intervalos. Como el sistema ordinario de recintos aislados era impracticable, hubo necesidad, y asi lo aconsejé á los contratistas, de hacer estas operaciones por medio de la campana de buzo, lo cual tuvo lugar empleando al efecto una que se construyó de madera, para ahorrar gastos, y que se terminó, con la maquinaria necesaria, en el espacio de seis semanas. Merced á su ayuda se adelantaron los trabajos con espedicion y buen éxito, pues daba cabida á dos hombres, que provistos de las herramientas necesarias para cortar los pilotes y empedrar los espacios intermedios, trabajaban por espacio de 4 horas seguidas, al cabo de las cuales eran relevados por otros dos.

»Como la estabilidad de la obra dependia en gran parte de la perfeccion con que los pilotes se nivelaran, se puso gran esmero para conseguirlo, á cuyo efecto se emplearon los medios siguientes. Los cuatro pilotes angulares de cada fundacion se cortaron á flor de agua, rectificando ademas su nivel por medio de las miras colocadas sobre ellos y registradas desde la orilla. Averiguado por este procedimiento cuánto tenia que reducirse su altura, se escantilló con una regla lo que tenian que cortar los buzos: cuya operacion ya verificada determinó la reduccion de los demas, sirviendo de auxiliar un reglon provisto de un nivel de aire, cuya longitud abarcaba al menos tres pilotes.

»El empedrado intermedio se hizo de un modo igualmente sencillo y satisfactorio.

»La campana de buzo se construyó de tablas dobles de olivo bien preparadas, que tenían pulgada y media de espesor cada una, interponiendo entre las interiores y exteriores una franela doble, cubierta con una capa de cera, sin perjuicio de haber tomado todas las precauciones para hacer las juntas impenetrables al agua.

»Dispuesta así la campana, se suspendió de un carretón que se movía sobre los carriles de una andamiada flotante, cuya parte superior se elevaba 15 pies sobre el nivel de las aguas; y una bien entendida combinación de tiros y poleas permitía variar la posición de la campana con gran celeridad y poco esfuerzo.

»La descripción detallada de esta campana y la disposición de la maquinaria empleada para hacerla funcionar, se encuentra en el artículo original, al cual remitimos al lector que quiera conocer más pormenores relativos á esta parte de nuestra obra.

»Preparadas las fundaciones, y fijas ya las tablestacas á las guías, se pusieron á flote unas cajas cargadas en la orilla con hiladas de fábrica de albañilería de un grueso uniforme, las cuales fueron sumergidas y asentadas sobre las cabezas de los pilotes, y por supuesto dentro del recinto de tablestacas, cuyas cabezas no se cortaron hasta después. El éxito más satisfactorio coronó esta operación á consecuencia del esquisito cuidado que se tuvo para nivelar perfectamente las fundaciones.

»Los fondos de las cajas se hicieron con tablones de haya embarrotados con vigas: estos tablones inferiores

»*D* tenían cuatro pulgadas de espesor y fueron colocadas
»en posición paralela á los lados menores de la fundacion,
»siendo perpendiculares á ellos las vigas *E* que los embar-
»rotaban, las cuales tenían doce pulgadas de tabla por
»ocho de canto, y coincidían por su posición con las hileras
»de pilotes. Los espacios entre estas vigas se rellenaron
»con mampostería concertada *F*, hecha con cemento de pu-
»zolana, resguardada con una capa de mortero mezclado
»con pelo, que se cubrió además con un entablonado *C* de
»tres pulgadas de grueso, cuyas piezas estaban perfecta-
»mente ensambladas y embreadas de manera que defen-
»diesen todo lo posible del agua las vigas y la mampostería.
»Estas últimas tablas se unieron á las del fondo y á las
»vigas por medio de pernos, y el todo se reforzó con una
»sólida cadena de haya *H* de un pie de grueso, sujeta á
»todas las piezas con fuertes pasadores de tornillo.

»La cadena de que acabamos de hablar estaba cajeadada
»para que en sus escopleaduras pudiesen entrar las fuer-
»tes espigas de que se había prevenido el cajon, que con-
»tenía la fábrica de albañilería, del cual se desarmaban los
»costados ó gualderas á su tiempo, dejando el suelo for-
»mando parte de la obra. Estos costados, que en la *fig. 26*
»no aparecen, estaban provistos de una compuerta para
»desaguar el cajon en parte; tenían 15 pies de altura y
»permitían á los albañiles trabajar 5 horas en cada marea.
»Además de las espigas citadas estaban unidos al fondo con
»unos fuertes pasadores de hierro que atravesaban los ma-
»deros, los cuales por su cara inferior tenían las corres-
»pondientes tuercas.»

Durante la construcción del puente se observó que

las aguas del rio minaban el terreno del lecho en aquel punto, y para que no fuesen tambien minadas las fundaciones se consideró necesario tomar algunas medidas de proteccion, ademas de las tablestacas. En su consecuencia Mr. Rendel resolvió que se formase una capa artificial impermeable, tan gruesa al menos como la que se habia quitado de arena. Aquella consistió en un lecho de arcilla de un pie y medio á dos de espesor, cubierta de piedras mas ó menos gruesas; pero de las cuales las mayores tenian un peso de doscientas libras. El plan se llevó á cabo con el mejor éxito, y para saber cómo, oiremos de nuevo al mismo Mr. Rendel.

«Con la union de estos materiales se ha formado una capa indestructible. La arcilla defiende de la corriente el suelo natural, mientras que es á su vez protegida por las piedras que se enclavan en ella, y toda la masa se afirma, cada vez mas, con el peso del gran volúmen de agua que sobre la misma gravita constantemente. Al cabo de seis meses observé que en este suelo artificial crecian plantas marinas y que era bastante duro para resistir la accion de la rastra de los pescadores de ostras.»

CAPITULO VII.

CAJAS-ESCLUSAS Ó RECINTOS.

Empezaremos este capítulo por explicar lo que en inglés se llama *Cofferdams* y á que en español, siguiendo el significado de esta voz, puede designarse con el nombre de cajas-esclusas, cajas aisladoras, y que entre la gene-

ralidad de los constructores españoles se conoce con el de recintos. Estos se forman construyendo unos muros impermeables al rededor del sitio designado para establecer una obra, con el objeto de dejar en seco, sacando el agua con una bomba, el espacio comprendido y cerrado por estos muros.

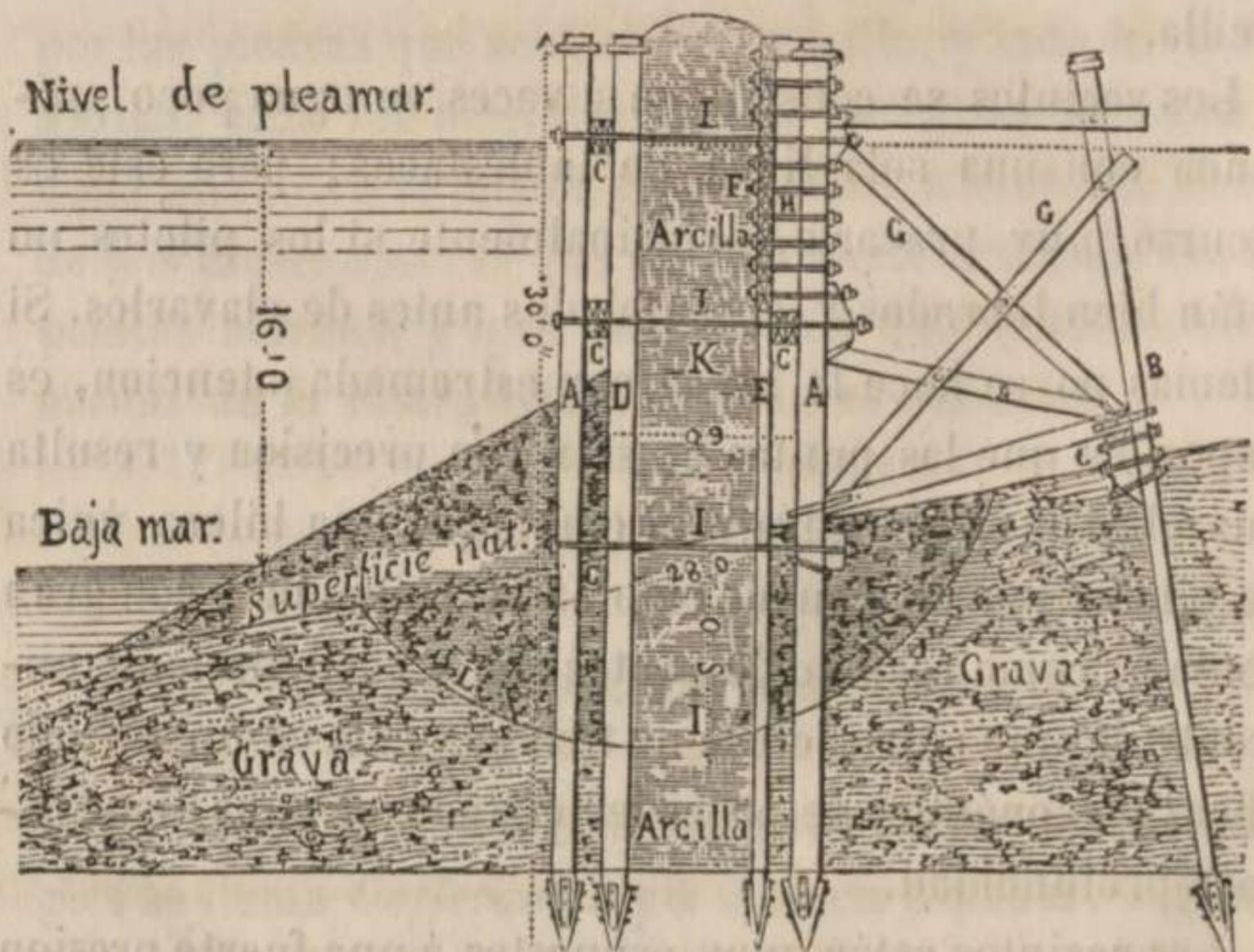
El cerramiento puede verificarse de varios modos, segun las circunstancias y naturaleza de la localidad. Suelen emplearse varios procedimientos, como cajones de tierra, sacos de arcilla colocados unos sobre otros, ó bien cajas toscas sin tapa ni fondo llenas de arcilla y sumergidas en linea alrededor del espacio que hay necesidad de aislar; pero en la mayoria de los casos el método adoptado consiste en clavar dos ó tres hileras de pilotes, muy unidos entre sí, llenando el espacio intermedio con barro de arcilla.

Los recintos se construyen á veces en agua poco profunda con una sola linea de tablestacas; pero este es recurso muy precario, principalmente si los pilotes no están bien labrados y ensamblados antes de clavarlos. Si ademas no se hace la hinca con estremada atencion, es imposible que las puntas ajusten con precision y resulta una obra muy insegura. Sin embargo, una hilera única de pilotes murales puede emplearse á menudo y con gran ventaja, como recurso de proteccion y sostenimiento enfrente de una caja-esclusa de tierra, y este es un método eficaz y económico de proceder cuando el agua tiene escasa profundidad.

Los recintos están muy espuestos á una fuerte presion exterior, producida por el agua que los rodea, la cuallos

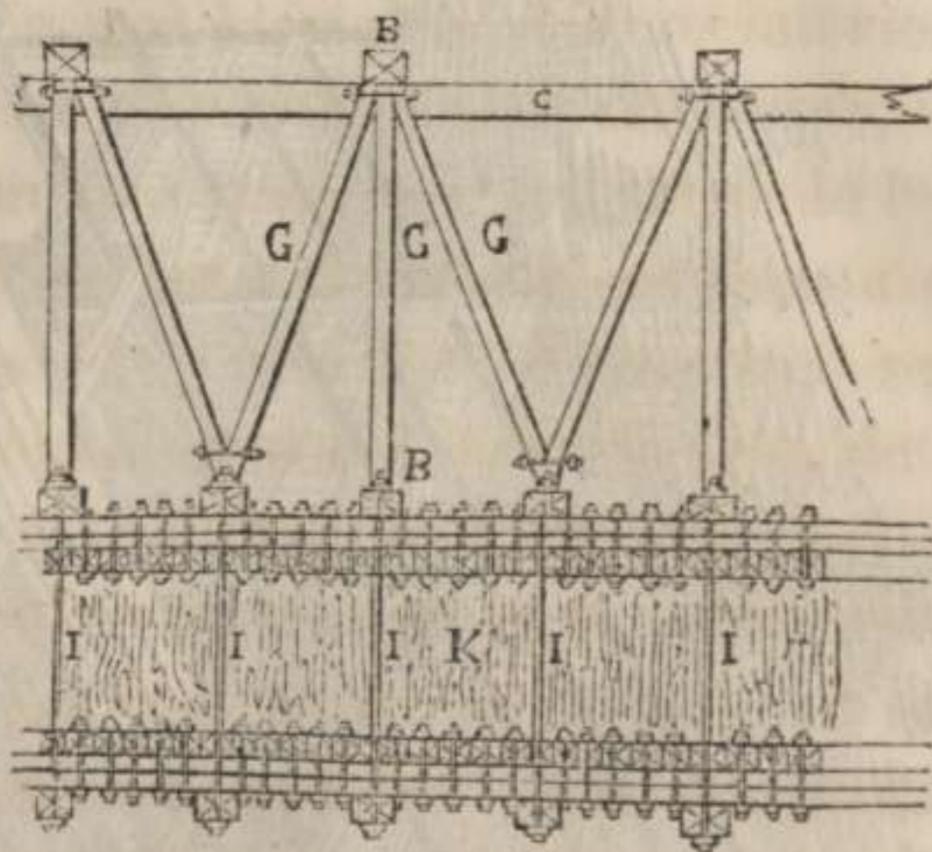
arruinaria si no estuviesen contruidos con la mayor solidez. En los que encierran una pequeña área, como por ejemplo, los que rodean el sitio destinado á la pila de un puente, se fortificarán por los lados con tornapuntas y riostras, que se quitan gradualmente y con la mayor facilidad á medida que se adelanta la obra. No asi cuando se forman ataguías para edificar un muelle, malecon ú otra obra semejante, en las cuales el apuntalado debe hacerse de un modo diferente, y el plan ordinariamente adoptado consiste en una serie de botareles á cortos intervalos, entre los cuales se hace el relleno, dejándolos empotrados. La fuerza dada á estos botareles depende por supuesto de la cantidad de presion que debe resistir la ataguía. Los de la que se construyó en el Támesis,

Figura 27



Seccion de la ataguía empleada para construir el malecon de las casas del Parlamento, en la rivera del Támesis

Figura 28.

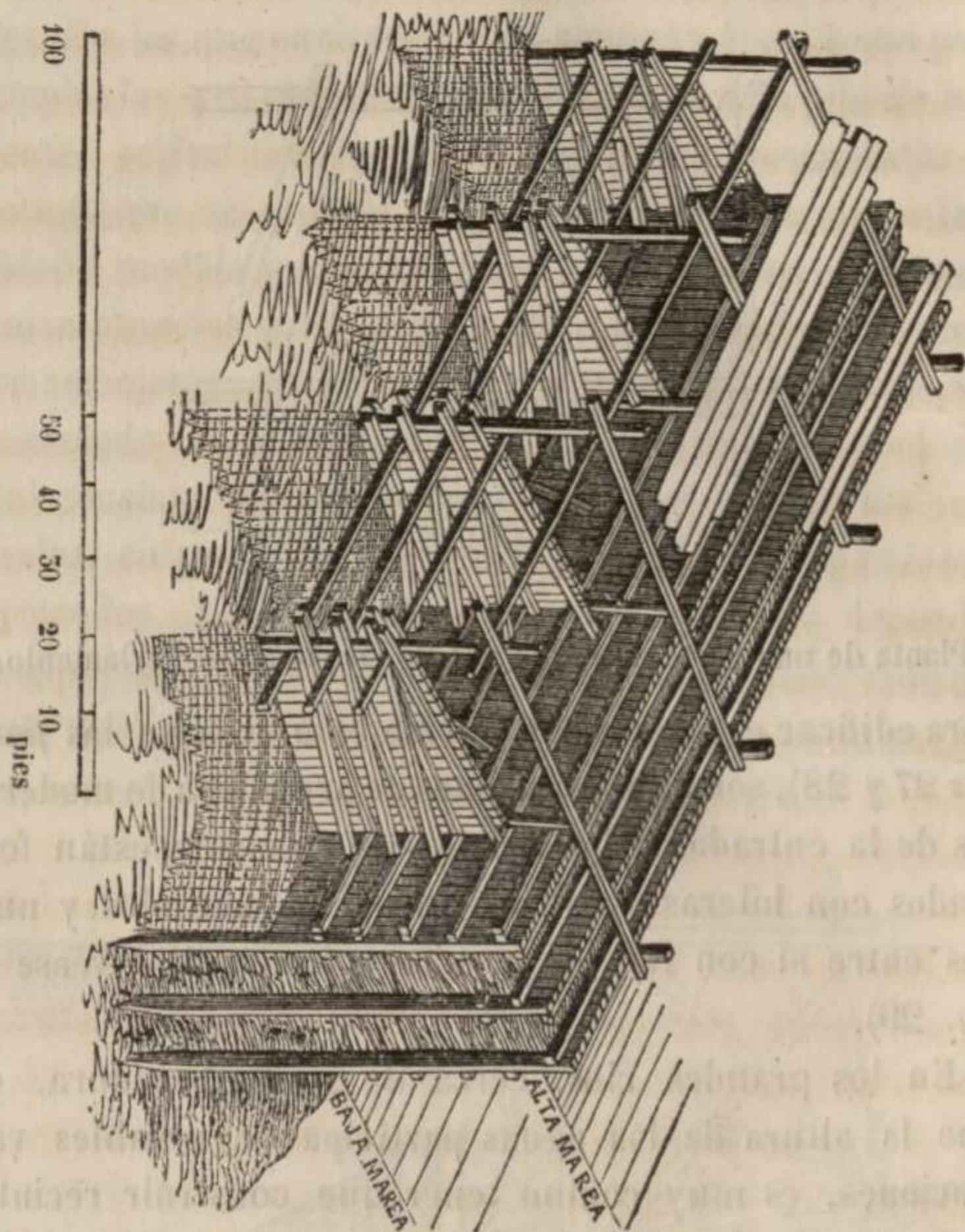


Planta de una parte de la ataguia de las casas del Parlamento.

para edificar el palacio del Parlamento (véanse las *figuras 27 y 28*), son unos esqueletos de armadura de madera; los de la entrada de los muelles de Grimsby están formados con hileras de pilotes muy bien clavados y unidos entre si con fuertes pasadores de tornillo (véase la *fig. 29*).

En los grandes rios, cerca de su embocadura, en que la altura de las aguas participa de notables variaciones, es muy comun tener que construir recintos y ataguias bajo el nivel de la pleamar, y en su caso de las inundaciones; porque generalmente cuesta menos extraer el agua con bombas, cuando llegan aquellos casos, que construir y entretener obras que resistan la presion de las altas aguas. No será ocioso por lo tanto aconsejar que al efecto se provea cada recinto de una compuerta, por la cual se pueda dar entrada al agua si hay temor de algun deterioro por la presion exterior, como una inunda-

Figura 29.



Vista de una parte del recinto de los nuevos diques de Grismby.

cion, etc. Cerrar un recinto sin la precaucion de hacerle una compuerta para llenarla de agua á la subida de la marea es sumamente peligroso, no teniendo los pilotes y el macizo reciente de arcilla una considerable resistencia; y aun en el caso de adoptar la citada precaucion es necesario que el claro de la compuerta tenga unas di-

mensiones proporcionadas para que el desagüe se verifique de modo que las aguas muertas interiores estén perfectamente equilibradas con las exteriores, las cuales, aun así, sobrepujan á las primeras á causa de la fuerza de la corriente. No teniendo muy en cuenta estas circunstancias, la obra está muy espuesta á ser deteriorada y aun totalmente destruida por la falta de compensacion entre el agua inerte y la que está en movimiento.

Cuando se cierra un espacio con una caja-esclusa cuyos muros tienen una altura superior al nivel de la marea baja, hay el recurso de establecer lo que en Inglaterra se conoce con el nombre de *recintos de media marea*. Este nombre se dá á los que durante la pleamar se llenan de agua que salva los bordes de sus muros y que en la vaciante se desaguan en gran parte por medio de compuertas, desalojando el agua restante con una bomba de gran potencia. Desde el momento en que quedan completamente en seco, hasta que la inmediata marea los invade nuevamente por encima, se puede trabajar en ellos con toda facilidad.

Las principales dificultades que suelen ocurrir en la construccion de recintos son las siguientes.

- 1.ª Obtener un firme agarramiento para los pilotes, lo que es materia de penosa resolucion cuando se encuentra un fondo de roca ó de cieno poco compacto.
- 2.ª Impedir las filtraciones entre el terreno firme y la superficie del fango, á traves de la capa que forma este mismo.
- 3.ª Evitar las filtraciones en los macizos de arcilla de los muros.

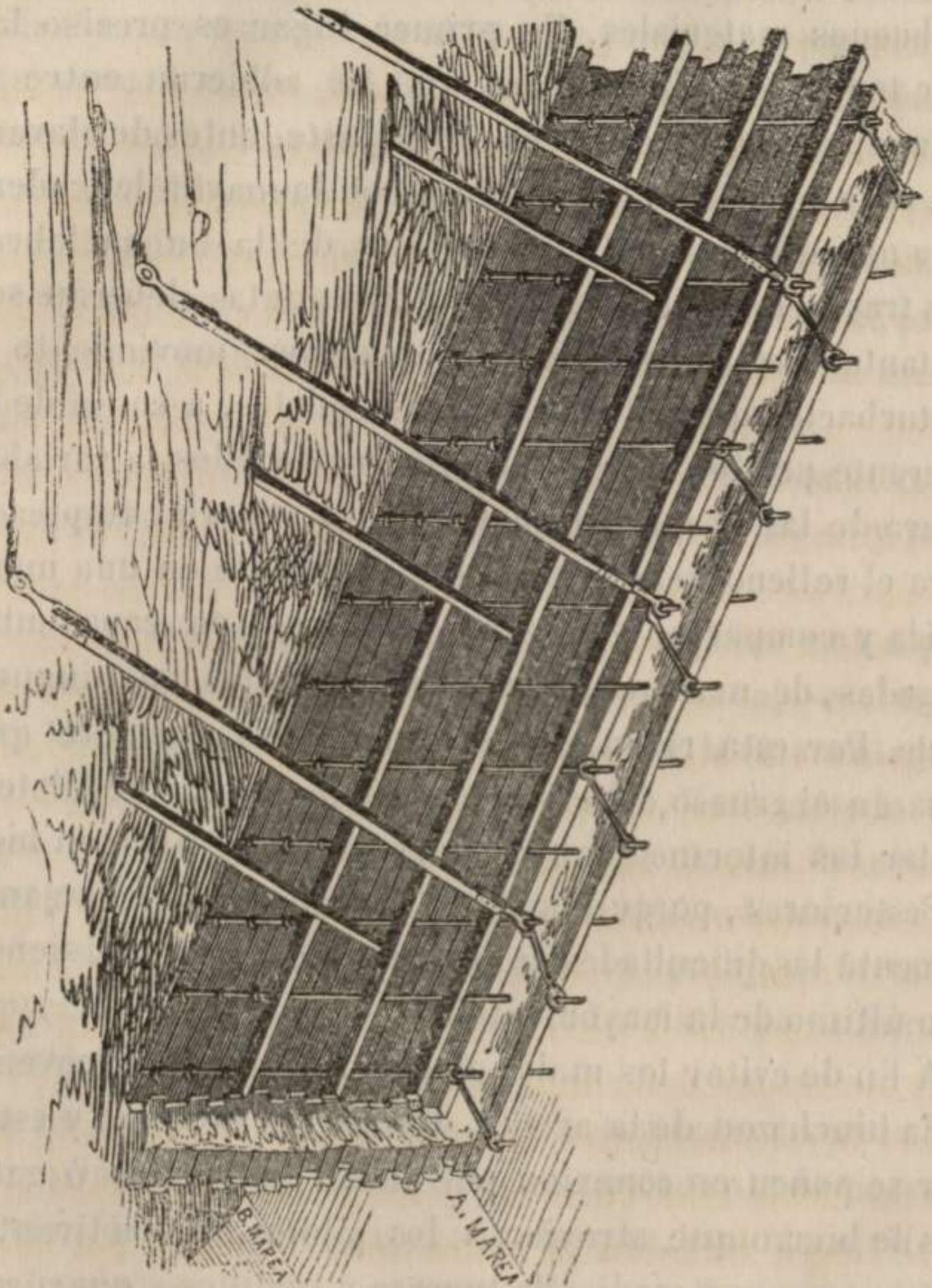
4.^a Precaverse contra la aparicion de manantiales subterráneos.

Siempre que se encuentra un suelo de roca es imposible emplear pilotes ordinarios de madera, hincados por el sistema comun. Para salvar este inconveniente inventó Mr. David Stephenson un procedimiento, tan ingenioso en su concepcion como feliz por sus resultados, para asegurar los muros en las rocas del fondo del rio Ribble. Los pilotes de guia, usados generalmente, fueron sustituidos con barras de hierro clavadas en la roca, formándose las paredes con tablones ó planchas de palastro provistos de unas argollas, por las cuales debian pasar las barras-pilotes para sujetarlos. El primer tablon ha de recortarse por su canto inferior, aproximándose en lo posible al perfil del terreno del fondo, tanto para adaptarse á él, como para que los tablones restantes queden horizontales y con buen asiento. (Véase la *fig.* 30.)

En terreno blando hay tanta dificultad para la hinca de pilotes de guia como en el fondo de roca. Puede apelarse en estos casos á los de hélice ó tornillo con un tope muy ancho que determine su entrada.

Las filtraciones entre la superficie del fango y la del terreno firme tendrán lugar generalmente siempre que no se limpie bien con la rastra toda la parte del suelo artificial blando y poroso, antes de colocar allí la arcilla. Este rastreamiento puede hacerse bien antes ó despues de clavar los pilotes; pero es preferible hacer una parte antes de la hinca, que se facilita mucho por este medio, y concluir la operacion despues, profundizando cuanto se pueda entre las hileras del pilotaje, para asentar la

Figura 30.



Vista de una parte de la ataguia construida en la ribera del río Ribble.

arcilla, si fuese dable, sobre el mismo terreno firme.

De varias causas suelen proceder las filtraciones á través de las paredes de arcilla; pero en casi todos los casos

pueden prevenirse con una ejecucion esmerada y eligiendo buenos materiales. En primer lugar es preciso labrar todos los pilotes para que se adhieran entre sí herméticamente y comprobar su ajuste, antes de clavarlos, cuya operacion se ejecutará con la mayor delicadeza para no perder en ella las ventajas de la buena labra. Los traveseros, durmientes y tornapuntas deberán ser bastante fuertes para impedir cualquier movimiento ó perturbacion que puedan sufrir los pilotes, á causa de la diferente presion que puede ejercer en ellos la variable altura de las aguas. Ultimamente, el material empleado para el relleno debe ser tal, que se asiente en una masa sólida y compacta, y que sea apisonado en capas muy delgadas, de manera que no queden vacios en ninguna parte. Por esta razon es de importancia, siempre que haya en el grueso del muro mas de dos hileras de pilotes, quitar las intermedias tan luego como se afirmen bien las exteriores, porque cualquiera proyeccion semejante aumenta las dificultades de apisonar bien la arcilla, siendo esto último de la mayor entidad.

A fin de evitar los malos efectos que puedan provenir de la hinchazon de la arcilla, las hileras interior y exterior se ponen en conexion por medio de tirantes ó gatillos de hierro que atraviesan los pilotes. Estos tirantes se aseguran por medio de tuercas y nudillos, guarnecidos ademas de chavetas y zoquetes de madera dura, para impedir que con la inmensa presion que ejerce el peso de la arcilla, las tuercas se introduzcan en la madera del pilote. En contraposicion de sus ventajas, estos gatillos son con frecuencia causas ocasionales de incómodas fil-

traciones, porque, introduciéndose el agua por el taladro, es difícil evitar que esta se abra paso junto á los pasadores y atraviese el muro. En la ataguía de Grimsby se halló un medio muy eficaz de precaver este mal, consistente en que de su doble muro de arcilla, comprendido entre tres hileras de pilotes, los pasadores solo atravesaban la mitad del total espesor, cuyo recurso dificulta bastante el paso del agua, si bien es á costa de falta de trabazon en el conjunto.

Las filtraciones originadas por manantiales subterráneos apenas pueden precaverse en terrenos flojos y porosos.

El mejor medio que puede adoptarse es poner una capa de betun en toda la estension ocupada por la caja-esclusa, hecho lo cual, y despues que aquella esté bien asentada, el interior permanecerá bastante seco. Este método es menos incómodo que el uso constante de las bombas, ademas de que el betun estendido á cierta distancia alrededor de la base de la obra produce la ventaja de formar un precioso preservativo contra toda clase de infiltraciones del suelo.

No es raro que un terreno, perfectamente firme en la apariencia, cubra otro lleno de agua procedente de tierras mas elevadas. En tales casos sucede que, cuando el área de la fundacion se deja en seco y la capa firme se adelgaza con las escavaciones, la presion de las aguas inferiores suele hacer reventar la capa, al parecer segura. Esto puede precaverse dando paso por mediõ de algunos barrenos á los manantiales que nos ocupan, ó bien hay el medio de escavar el terreno en pequeñas porciones á la

vez, rellenándolas de mampostería antes de empezar una nueva, teniendo cuidado al mismo tiempo de poner mucho peso en la superficie para impedir que se levante.

Como operación preliminar de la formación de un recinto es preciso preparar bien el terreno por medio de la rastra: la inmediata consiste en colocar pilotes de guía á poca distancia unos de otros, fijando á estos unos maderos horizontales que servirán para determinar la buena posición de los pilotes murales y encaminarlos en su descenso. Los pilotes maestros ó de guía se hacen siempre con maderas enterizas; mas las soleras horizontales, travesaños ó durmientes suelen ponerse las mas veces de piezas cachadas de la mitad del grueso. La distancia á que se colocan generalmente los pilotes maestros es la de diez pies de eje á eje, siempre por supuesto que la extensión de los lados del recinto sea divisible por este número. Si las tablestacas se hiciesen de maderos enteros, los durmientes deberán fijarse con pasadores á los pilotes maestros, que en este caso llegan á confundirse con los murales; pero si estos fuesen de media madera ó tablones, es preciso que los durmientes intesten en las caras laterales de los grandes pilotes, sujetándolos á ellos con fuertes pasadores fijos. Antes de practicar esta operación se clava á cada costado de los maestros un pilote de los tableados, con objeto de que determine bien la posición de los durmientes y el claro que necesitan tener entre sí.

Bajo algunos puntos de vista este sistema es mejor que el primero, porque no siempre es dable al presentar los pilotes de guía colocarlos en una perfecta alineación, y por este medio se facilita la rectificación, y en su caso la

remocion de estos pilotes, de cuya regularidad depende la de toda la tablestacada. Estos dos sistemas pueden compararse observando detenidamente la construccion de la ataguía hecha á la entrada de los diques de Sta. Catalina en Londres, representada por las *figs.* 31 y 32, y la seccion de la empleada para el malecon del palacio del Parlamento (vease la *fig.* 27, página 120).

Es conveniente que haya siempre por lo menos dos órdenes de travesaños ó durmientes; los inferiores, á quienes propiamente corresponde este nombre, y los superiores á que podemos llamar tambien ligazones ó carreras. Lo comun es que los de abajo se coloquen en la linea de la baja mar; pero empleando buzos es infinitamente mas ventajoso que se fijen sobre el terreno mismo, á raiz de la salida de los pilotes, lo que produce incuestionables ventajas de seguridad y buena alineacion.

Los pilotes maestros se clavan casi siempre desde balsas; mas para la hinca de los murales pueden habilitarse sobre los primeros unas puentes, en las que descansen una andamiada que permita fijar en ella el martinete y moverlo en sentido de la línea de las tablestacas, que irá asegurando una tras otra. A medida que avance esta operacion deben quitarse los durmientes y cruceros interiores y afianzar todo el pilotaje á los exteriores, por medio de pernos fuertes ó tornillos.

Terminadas las dos hileras que han de formar el muro, es necesario limpiar el interior del recinto hasta la profundidad exigida por la indole del terreno y de la obra, poner los pasadores para asegurar dichas hileras, conservando su paralelismo, y trabar bien toda la arma-

dura. Hecho que sea esto, puede procederse al relleno de arcilla, que es indispensable colocar en capas delgadas, apisonándolas sucesivamente con el mayor esmero, hasta llegar á la altura total propuesta.

Los recintos portátiles, inventados por Mr. Thomas Stevenson, de Edimburgo, han sido empleados por su autor con gran éxito en obras de puertos y otros trabajos marítimos en puntos donde, á causa de la naturaleza del fondo ó la posición arriesgada de la obra, la construcción de una ataguía ordinaria sería imposible ó completamente ineficaz. Los recintos portátiles que nos vienen ocupando, tienen dos fajas de durmientes y traveseros, ensamblados con solidez á unos palos verticales que forman los ángulos, mientras que unos pasadores largos de hierro sujetan la faja superior y la inferior. Esta armadura es doble naturalmente para poder formar las caras interior y exterior de la caja-esclusa. Conducidas á flote ambas armaduras hasta el sitio donde deben plantearse, se colocan una dentro de la otra, y los pilotes murales se clavan con pesados mazos cerrando estos bastidores.

Después de clavados los pilotes se fijan por el exterior de las armaduras unos blindages de hierro, á los que para mejor retener la arcilla se agregan unas tablas armadas de ganchos para sujetarlas. Cerrado que sea el recinto, se rellena el espacio comprendido entre la doble línea de tablas y pilotes con buena arcilla mezclada con grava y apisonada con esmero. En este estado se puede sacar con bombas el agua y dejar en seco el recinto portátil, del mismo modo que se verifica con los fijos.

Este sucinta relación dará al lector una ligera idea de

a caja-esclusa portátil, que Mr. Stevenson ha descrito muy detalladamente en un discurso pronunciado ante la Real Sociedad escocesa de Artes, en el mes de Enero de 1848, cuyo discurso ha sido publicado despues en el periódico titulado: *Civil Engineers and Architects Journal*, en Agosto del mismo año 1848.

Los primeros recintos portátiles que se construyeron, eran de reducidas dimensiones; pero Mr. Stevenson hizo uso en las obras de navegacion del Fortk, en Stirling, de uno que tenia 55 pies de lado. Tomando nuevas precauciones para reforzar la armazon, parece probable que aun se puede sobrepujar este limite. La eleccion de una arcilla á propósito es de suma importancia, siendo necesario mezclarla con la porcion conveniente de graba, antes de emplearla en el relleno, pues la presencia de la graba disminuye la tendencia que la arcilla tiene á desquebrajarse, y hace que el conjunto de la masa resulte compacto y adherido. La marga tambien es un excelente material, así como el yeso, cuando están bien machacados y apisonados; no siendo así, dejan muchos vacios que esterilizan todas sus ventajas.

Hemos hablado ya de los inconvenientes y peligros que ofrece volver á sacar los pilotes de los recintos, solo por economía, para utilizar el hierro y la madera. Próximos á abandonar este asunto, queremos repetir á las personas encargadas de estas obras, que no siendo en un caso de absoluta necesidad, no se haga uso de tan perjudicial ahorro, cuyos riesgos es indispensable tener en cuenta.

Ya se han explicado los puntos esenciales de la construccion de cajas-esclusas, y aunque hemos omitido mu-

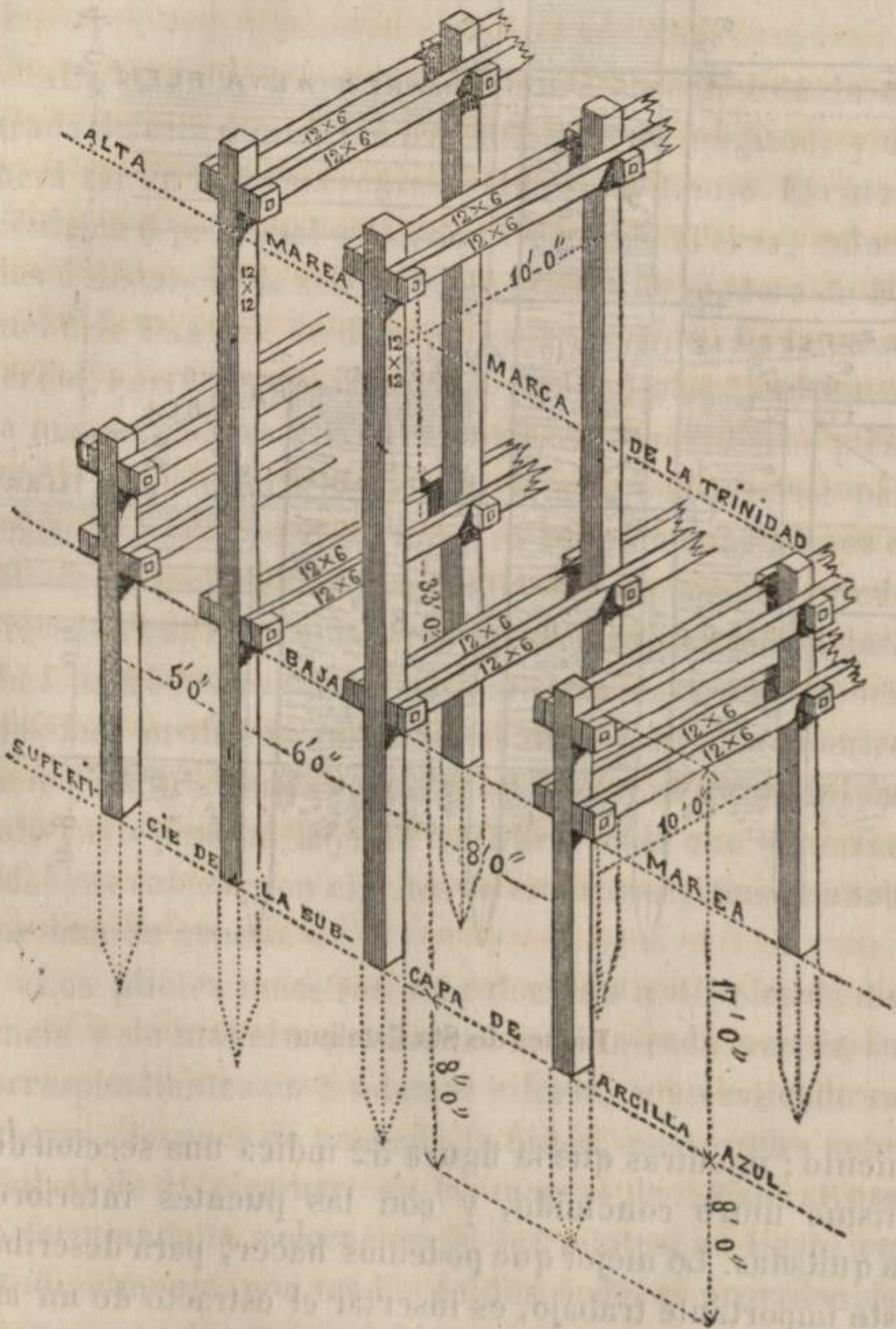
chos detalles prácticos de importancia, son de aquellos que se aprenden mucho mejor por las observaciones personales, hechas en las mismas obras, que por descripciones escritas. Nuestra mira no es, por lo tanto, que se prescindiera de las observaciones prácticas, sino indicar al lector cómo debe conducir estas observaciones; y también hemos querido explicar los principios á que debe recurrir, para que comprenda el objeto de lo que vea en sus visitas á los trabajos, á fin de que juzgue bien por sí mismo hasta qué punto los medios que se emplean, concurren al objeto propuesto.

En conclusion: describiremos brevemente algunas de las mejores cajas-esclusas ó recintos y ataguías que se han construido en Inglaterra, y recomendamos á los principiantes que examinen con atención los diferentes sistemas que se emplean. Harían bien, asimismo, en sacar copias y hacer modelos de estos trabajos en grande escala, cuyos ejercicios les serán de grandísima utilidad, cuando llegue el caso de que tengan necesidad de hacer obras análogas por sí mismos.

(Las figuras á que haremos referencia, se hallan todas dibujadas en las anteriores páginas.)

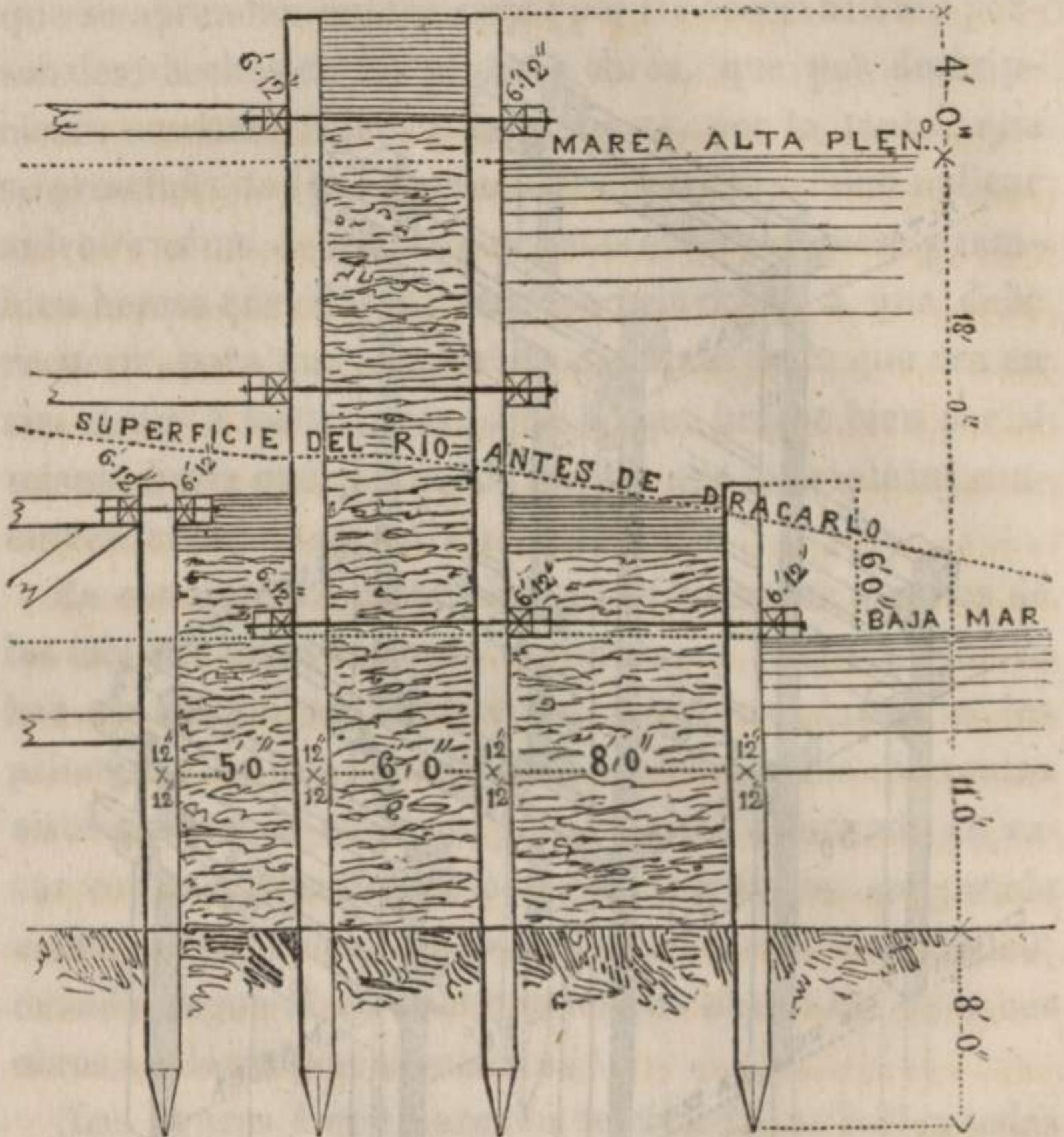
La primera ataguía que nos proponemos describir, es la construida por Mr. Thomas Telford, en frente de la compuerta de entrada de los Diques de Sta. Catalina, en Lóndres, de la cual se manifiesta el sistema en las *figuras 31 y 32*. La figura 31 es una vista en perspectiva de un lado del muro, demostrando los pilotes maestros con los puentes ó correas unidos á ellos por medio de pasadores, antes de clavar los pilotes murales ó de revesti-

Figura 31.



Diques de Sta. Catalina.

Figura 32.



Diques de Sta Catalina.

miento ; mientras que la figura 32 indica una seccion del mismo muro concluido, y con las puentes interiores ya quitadas. Lo mejor que podemos hacer, para describir este importante trabajo, es insertar el extracto de un articulo publicado acerca de él por *The Civil Engineers and Architects Journal*, en noviembre de 1859.

DIQUES DE SANTA CATALINA.

«La ataguía, ó mas bien el muro en que está la entrada de este dique, tendrá 207 pies de longitud, y deberá ser de la forma representada en el dibujo. El cuerpo céntrico ó principal se formará con dos hileras, colocadas á distancia de seis pies, de pilotes de madera de Memel ó de Dantzic, de doce pulgadas de lado. La linea exterior, que forma la banquetta, es de pilotes tambien, de la misma madera é igual grueso, colocada á ocho pies y medio del cuerpo principal. Otra banquetta interior para reforzar mas la base, se formará con una cuarta línea de pilotes de pino de la misma calidad y dimensiones de los precedentes. El pilotaje, que lo constituirán piezas derechas, labradas por todas sus caras, se clavará hasta ocho pies mas profundo que el nivel de la solera de la entrada del dique, siendo calzados con azuches de hierro forjado cuyo peso no baje de 15 libras cada uno y guarnecidas sus cabezas con cinchos de cuatro pulgadas de ancho por una de grueso.»

«Los pilotes maestros se colocarán á 10 pies de distancia y de manera que estén enfrente cada uno de sus correspondientes en las demas hileras, sobresaliendo sus cabezas, despues de acabada la hinca, cuatro pies sobre el nivel de la pleamar, en las mareas de 18 de altura. Ya terminada la colocacion de los pilotes, se ligan longitudinalmente por medio de dos órdenes provisionales de correas ó ligazones dobles, cuyos gruesos deben ser 12 por 6 pulgadas, debiendo tener el superior de estos

dos órdenes un pie mas de altura que el mayor nivel de la marea viva y el inferior una colocacion tan baja cuanto lo permitan la baja mar. Es necesario contar con el grueso de los pilotes murales para dejar el suficiente espacio entre las dos riostras, que constituyen las ligazones, por medio de los cuales han de pasar dichos pilotes. Los pasadores para atar todas estas piezas deberán tener pulgada y media de grueso y tres ó mas pies de longitud, puesto que han de atravesar los dos durmientes, el pilote y los zoquetes de 6 pulgadas que ha de tener el pasador en cada una de sus cabezas. »

«No estará de mas aconsejar una estremada precision en la colocacion de los pilotes murales y que su corte inferior sea diagonal con el objeto de que al clavarse se adhieran completamente, concurriendo á su principal objeto que es el de formar una barrera impermeable.»

«Terminada la hinca de pilotes, deben reemplazarse los traveseros provisionales con los permanentes, calafateando perfectamente con alquitran y estopa y embreando despues toda la cara exterior del muro especialmente las cabezas de los clavos y pasadores. Las fajas de ligazones provisionales suelen ser tres por lo regular y siempre se colocan sencillos y no dobles como los definitivos, siendo sus anchos y gruesos 12 y 6 pulgadas, escediendo siempre su longitud de 20 pies. »

«Las dos ó mas hileras de pilotes, que constituyen el grueso del recinto, se unen y traban entre si por medio de pasadores de hierro dulce de la mejor calidad, á ser posible de herraduras, provistos de rosca, tuerca y chaveta por sus cabezas y de dos pulgadas de grueso. Estos

pasadores deben atravesar todas las piezas que se encuentren en su direccion ó sea los travesaños, pilotes y zoquetes de las diferentes hileras. Sin embargo, hay veces en que los pasadores se colocan parcialmente enlazando solo dos de las diferentes líneas de pilotes y en este caso los pasadores, que unen la primera hilera con la segunda, deben colocarse á cinco pies de distancia; á siete los de la segunda á la tercera y á diez los de esta á la cuarta. »

«En este estado solo resta hacer el relleno con buena arcilla hasta cubrir con tres pies los pasadores mas altos, y desde allí á la coronacion de la obra, que debe ser otros tres pies mas elevada que las altas mareas de equinoccio, se completa el macizado con ladrillos sentados con arena.»

«Los pilotes maestros para la hilera exterior, que forma la banquetta, se colocarán á diez pies de distancia de eje á eje, teniendo sus cabezas, despues dela hinca, seis pies mas de altura que el nivel de bajamar en las mareas vivas extraordinarias. Las dos fajas de riostras provisionales se unen á los pilotes maestros y á las dos hileras que constituyen el muro principal, por medio de pasadores, siendo preciso dejar entre los durmientes de cada faja espacio suficiente para que los pilotes murales llenen el hueco: hecho lo cual estos traveseros dobles se quitan reemplazándolos por uno sencillo, pero de doce pulgadas de lado, como aparece en el dibujo, provistos de sus correspondientes pasadores, de manera que se aseguren fuertemente á el muro principal, no debiendo estar estos pasadores á mas distancia de cinco pies pasando uno si y otro no las dos hileras del citado muro principal. La

línea interior á cinco pies de distancia del mismo muro principal deberá estar ligada por una doble faja de travesaños de 12 pulgadas por 6, un pie mas baja que la cabeza de los pilotes y unida ademas con restreles y tornapuntas á la orilla para evitar todo movimiento á la obra por la presión alternativa del agua y el terreno durante las revoluciones de la marea. »

«Conviene colocar á través del grueso del muro un tronco hueco de unos tres pies de diámetro, provisto de unas pequeñas compuertas en sus aberturas, para que por él se verifique el desagüe del interior, cuya localidad debe el contratista limpiar del fango, graba y demas materiales que contenga. Al verificar esta limpia es necesario dar al terreno una inclinacion uniforme en direccion del punto mas bajo del lecho del rio enfrente de la construccion.»

La obra que acabamos de describir es fuertisima y capaz de resistir sin deterioro una presión enorme. Tomaremos, sin embargo, otro ejemplo, cual es el del malecon del nuevo edificio del Parlamento, cuya construccion es enteramente distinta, pues el apoyo de los pilotes y del relleno de arcilla, dependen esclusivamente de los contrafuertes y tornapuntas.

La siguiente descripcion de este trabajo ha sido sacada de *The Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, de 11 de Febrero de 1840.

«El fango que ocupaba el sitio de la obra variaba mucho en profundidad y consistencia; pero debajo de él existe un lecho de graba roja y arena silicea muy cristalizada, de 14 pies de espesor, el cual cubre una capa

de arcilla fuerte, en la que los pilotes entraban hasta dos pies.»

«Para facilitar la hinca de los pilotes se hizo por medio de la rastra, una zanja de seccion curva que tenia 27 pies de cuerda por ocho de flecha y profundidad.»

«Los pilotes principales *A* de pino de Memel tienen 36 pies de largo por uno de grueso en cuadro, y fueron clavados, dejando sus cabezas cuatro pies y medio por encima de la marea de pleamar de las mareas ordinarias mas elevadas, segun las medidas de las oficinas de la Trinidad (*a*). A ellos se unieron los traveseros *C* y los pilotes murales *D*, de piezas enteras de 36 pies de longitud y 13 pulgadas de grueso, perfectamente escuadradas por todas sus caras para que se adaptasen completamente á los travesaños por medio de la clavazon y los pernos. Los pilotes murales interiores *E* de medios maderos, fueron clavados entonces hasta la misma profundidad, que los otros, llenando el espacio que quedaba sobre ellos con maderas horizontales del mismo grueso *F* aseguradas con pasadores á las piezas *H* introducidas entre aquellas y cada uno de los pilotes maestros. Toda la longitud del malecon estaba asegurado por unos cruceros diagonales *G* que se estendian hácia atras hasta el muro antiguo del rio, en el cual se apoyaban. Las cuatro hileras

(*a*) Las oficinas de la Trinidad, llamadas asi porque ocupan un antiguo convento de esta órden, son un establecimiento de la marina británica, destinado á observaciones y á otros muchos trabajos hidrográficos.

de pilotes se enlazaban unas á otras por medio de tres órdenes de pasadores de hierro forjado *I*, de los cuales, los inferiores tenían dos pulgadas y media de grueso, y los restantes solo dos pulgadas.»

«Después de armado completamente el esqueleto, se limpió el espacio intermedio hasta la subcapa de arcilla, y entonces se procedió al relleno con otra muy fuerte mezclada con una porción de grava: la parte del material estraido en la limpia, se colocó á ambos lados del muro para proteger los pilotes de las injurias del agua.»

«El primer pilote se clavó el 1.º de Setiembre de 1837, y la ataguía quedó cerrada el 24 de Diciembre de 1858. La cara principal de esta obra mide la extraordinaria longitud de 920 pies, prolongándose además por ambas estremidades, formando un ángulo muy obtuso con la línea del frente en una estension de 200 pies por cada lado hasta unirse al malecon antiguo. La medida total de esta ataguía son 1520 pies ingleses.»

El recinto construido á la entrada de los diques de Grimsby, del cual, con permiso del Instituto de ingenieros civiles, hemos sacado un diagrama en perspectiva, (*fig, 29*) copiado del dibujo que Mr. Charles Neate presentó á dicho instituto para ilustrar la memoria que escribió sobre dicha obra, es uno de los mas importantes trabajos que jamás se han intentado en su género. Se halla establecido en aguas bastante profundas á distancia de cinco octavos de milla del límite á que alcanza la marea, estando apoyada exclusivamente por sí misma. Su longitud es de 1,500 pies, y sostiene durante la pleamar el peso de 25 pies de agua, mientras que la escavacion

practicada detras de él está 11 pies mas baja que el nivel de la baja mar.

La forma es un segmento de circulo de 200 pies de flecha ó sea casi la quinta parte de la cuerda. El cuerpo está formado por una triple hilera de pilotes murales de maderas enterizas, apoyado por contrafuertes de pilotes unidos y clavados en diferentes grupos, á 25 pies de distancia. Los pasadores están hechos de manera que puedan terminar en la hilera central, de modo que el agua no pueda abrirse paso junto á ellos. En la citada hilera central unas ataduras longitudinales de hierro forjado, sustituyen á los ligazones de madera, á favor de los que se consigue una superficie sin interrupcion ni aberturas, contra la cual, la arcilla ha sido compactamente apisonada.

La ejecucion de la obra es enteramente igual al diseño, y de ella se ha dicho enfáticamente que es la mas larga, la mas profunda, la mas fuerte y la mas impermeable que ha existido.

Una completa descripcion de este importante trabajo, con todos sus pormenores y acompañada de grabados, se publicó en *The Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers* de 1850.

Solo tenemos espacio para una esplicacion mas sobre el asunto, y esta es la del recinto construido por Mr. Stevenson para sacar unas rocas del lecho del rio Ribble.

La particularidad de este recinto consiste en haber sido construido sobre un fondo de roca, sin pilotes maestros ni murales, estando formados sus lados ó paredes con tableros sujetos con grapas á unas barras de hierro

clavadas en la roca y mantenidas en su posición á beneficio de unos tirantes por dentro. La siguiente descripción de esta obra, que constituye un sistema, está extractada de *The Transactions of the Institution of Civil Engineers*, tomo III, (véase la figura 30.)

«Por la simple inspección del dibujo se verá que el recinto consiste en dos hileras de barras de hierro de dos pulgadas y media de diámetro, á tres pies de distancia una de otra, quedando el mismo espacio entre cada una de las barras. En el lado interior de cada línea se coloca un forro ó revestimiento de tablonés de Memel, de tres pulgadas de grueso, y el espacio que resulta entre estas dos barreras, así formadas, se rellena cuidadosamente con arcilla bien batida. Las dos hileras se mantienen equidistantes por medio de tirantillas de hierro sujetas á unos travesaños de madera de Memel, de 10 por seis pulgadas, que se hallan colocados por fuera de las barras, en los paramentos exteriores del muro.»

«Estas tirantillas pasan horizontalmente á través de la arcilla á distancia proporcionada y neutralizan la tendencia á desunirse de los tableros, ocasionada por la presión de la arcilla interior. Unas fuertes tornapuntas colocadas á 12 pies de distancia, como se ven en el grabado, aseguran la construcción por el lado interior del recinto; absteniéndose de ponerlos también por fuera para que no interrumpen la navegación. Estas tornapuntas, como también puede verse por el dibujo, están guarnecidas por sus estremidades con unas piezas de hierro, de las cuales, las superiores son como los nudillos de una visagra, para sujetarlas á las tirantillas transversales; las

inferiores tienen simplemente una clavera grande. Merced á la disposicion de estas piezas, las tornapuntas se prestan á moverse en todos sentidos para acomodarlas á donde mas convenga sobre la superficie desigual de la roca, en la que se clavan por medio de unos fuertes pernos de hierro. Las tornapuntas cortas, colocadas mas abajo, pueden irse removiendo á medida que avanza la obra.»

«Una compuerta al nivel de las aguas bajas, para dar entrada á las del rio é impedir las peligrosas consecuencias de una repentina subida, estando el interior del recinto vacío, y dos bombas de 12 pulgadas de diámetro, con su máquina de vapor de 10 caballos, para hacerlas funcionar cuando se quiera dejar en seco, completan todo el aparato.»

«La operacion mas difícil en la construccion de recintos de este sistema, consiste en fijar las barras en el lecho del rio y asegurar la primera tanda de tablones que descansan en la superficie irregular de la roca. Esplicaremos con brevedad el procedimiento material de llevar á cabo estas dos maniobras.»

«Las barras, provistas por su estremidad inferior de una boquilla acerada de barrena, fueron clavadas hasta una profundidad, que variaba entre 12 y 18 pulgadas por hábiles operarios, situados en botes anclados á lo largo de la linea del recinto, á razon de tres ó cuatro hombres por bote. De antemano se habian tomado las precauciones y medidas necesarias, á fin de conseguir que las barras resultasen, despues de fijas, bien alineadas, equidistantes y en posicion casi vertical. El materialismo de clavar las barras fué bastante enojoso por la difícil-

tad de trabajar con una rápida corriente, y tambien por las repetidas interrupciones ocasionadas por las grandes mareas y las avenidas. Cuando se hubo fijado un número suficiente de barras de la manera descrita, la primera tanda de tablonos fueron sumergidos, sujetos á las barras por medio de abrazaderas de hierro, como puede verse por el dibujo. El canto inferior de los primeros tablonos, cuyo ajuste fue sumamente trabajoso, para que se adaptase lo mejor posible á las desigualdades de la roca, se arregló presentando una série de varillas de igual longitud en toda la que debia ocupar cada tablon, determinando las estremidades superiores de estas varillas el perfil aproximado que aquel debia tener. Colocado el tablon en su sitio despues de recortado, se empleó para comprobar su ajuste otra varilla delgada con una especie de gancho, que pasando por entre el tablon y la roca daba á conocer hasta qué punto uno y otro estaban en contacto, y qué parte era necesario modificar hasta conseguir el objeto, repitiendo, como es consiguiente muchas veces, la misma prueba. Cuando se obtuvo una gran aproximacion con el contorno del fondo, el canto del tablon se achafanó con un hacha en forma de cuña de ángulo muy agudo, y despues de colocarlo definitivamente, recibió repetidos golpes de mazo dados sobre un trozo de madera vertical que se apoyaba en el canto superior, y cuya cabeza salia de la superficie del agua. El borde adelgazado con el chafan, cediendo á los repetidos golpes del mazo, se aplastó, adhiriéndose á las irregularidades menores del fondo, formando, ayudado de la arcilla que se puso detras, una junta perfectamente impermeable, como lo ha

acreditado la experiencia. Los tablones colocados sobre el nivel de la bajamar no tienen grapas para fijarlos á las barras de hierro, bastándoles la presión interior de la arcilla para mantenerlos con seguridad en sus respectivas posiciones.»

Hé aquí terminada una sucinta explicación de los principales medios de fundar obras, que, si bien está lejos de satisfacer las exigencias de los hombres científicos, puede ser de gran utilidad, para resolver muchas dificultades prácticas que ocurran á los inmediatamente encargados de los trabajos. Es mas: creemos que puede servir de mucho aun á los primeros por los datos que encierra y el buen resultado con que la experiencia autoriza los ejemplos de que hemos hecho mención, tomados á propósito de obras que llevan algunos años de existencia.

La lista de las obras, periódicos y folletos que aparecen al final de este pequeño libro, donde se tratan con extensión las materias de que nos hemos ocupado, proporcionará el medio de conocer detalladamente cada una de ellas á aquellos de nuestros lectores que necesiten hacer un estudio especial.

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

... de la ...
... de la ...
... de la ...
... de la ...

NOTAS. ^(a)

Nota 1.ª, página 6. La superioridad de la graba sobre la arcilla, como capa sostenedora, está bien manifestada en las siguientes observaciones, hechas por Mr. Bidder en el Instituto de Ingenieros civiles, en 23 de Junio de 1846.

«En la construcción del puente sobre el canal Grand Junction, que está en la línea del ferro-carril de Northampton y Peterborough, los carriles fueron colocados

(a) Despues de impreso el cuerpo de esta obra con las llamadas para las notas que nos parecieron al principio suficientes, hemos creido útil la insercion de otras á cuya cabeza se marca la página y párrafo á que pertenecen. Entre esta irregularidad de forma ó privar á nuestros lectores de convenientes detalles, hemos preferido lo primero.

encima de cuartones, descansando sobre largueros, con pilotes debajo de cada estremidad de los primeros.....»

Parte de estos pilotes fueron clavados en graba seca, y otros pocos en arcilla de Oxford. Se descubrió á poco que, pasando las locomotoras sobre la primera, no produjeron efecto visible; pero al gravitar sobre los últimos, hubo un hundimiento evidente y muy marcado, contra el cual fué necesario tomar medidas especiales. Segun la esperiencia adquirida hasta hoy por Mr. Bidder, no conviene esponer la arcilla ó los suelos húmedos á un peso mayor que el de diez toneladas sobre cada pilote; pero en cuanto á la graba no hay hasta ahora limites conocidos á su fuerza soportadora vertical.

Nota 2.^a pág. 6. La historia de los tres faros modernos mas célebres, que son los de Edystone (a) Bell Rock (b) y Skerryvore (c) proporciona instructivos ejemplos del tra-

(a) Descripción de la torre de piedra del faro de Edystone por Mr. Jonh Smeaton, ingeniero civil, miembro de la sociedad real. Londres, 1791.

(b) Memoria del faro de Bell Rock por Mr. Roberto Stevenson, de la Junta del faro del Norte etc. Edimburgo 1824. Se halla tambien en la série de obras publicada por el editor Weale.

(c) Relacion del faro de Skerryvore, con notas sobre el alumbrado de faros, por Mr. Alan Stevenson, ingeniero de la Junta del faro del Norte, 1848.

Despues del buen éxito que ha coronado los esfuerzos de los ingenieros franceses, empleados en las obras del puerto de Argel, en la formacion de fundaciones de betun sobre las rocas mas desiguales y espuestas á la accion violenta del mar, es una cuestion digna de estudiarse si en otros casos, semejantes al del faro de Skerryvore, una fundacion de betun ensamblada, digamoslo asi, en las cavidades de la roca es tan eficaz, contra la fuerza de las olas, como otra formada cortando á nivel la roca misma, tal como se ha practicado en Bell Rock y Skerryvore.

bajo, de las dificultades y los gastos que ocasiona formar un lecho nivelado en la roca dura. El faro de Edystone fué erigido cortando en escalones la roca que le sirve de base, y cada hilada de sillares fué ensamblada, á cola de milano, en la superficie vertical de estos escalones. En los de Bell Rock y Skerryvore la base de la construcción proyectada se redujo á un nivel uniforme, y el cimiento se estableció además en una caja practicada á contar desde el punto inferior de la esplanación. El trabajo necesario para estas operaciones se comprenderá haciendo un breve extracto de la descripción de la obra escrita sobre este último por Mr. Alan Stevenson.

«Después de una cuidadosa inspección de la roca y de haber pesado bien todos los riesgos que podían surgir de atacar la integridad de aquella masa de piedra, me resolví á principiar un corte horizontal, de manera que resultase una área nivelada de suficiente extensión para contener las fundaciones de la torre. La áspera y desigual forma de la roca hizo que esta fuese una precaución indispensable, á fin de impedir toda equivocación respecto á su buen estado, pues aparecía atravesada por numerosas vetas inclinadas á diferentes ángulos, de cuya posición y extensión la estabilidad de la obra dependía en no pequeña parte. Aquella operación ocupó 50 hombres durante 102 días, y exigió que se diesen 246 barrenos, principalmente horizontales, mientras que la cantidad de material arrancado no excedió de 2000 toneladas.

«Cuando el piso fué groseramente nivelado, se inspeccionó otra vez con cuidado para designar definitivamente

el sitio destinado á la caja de fundacion y aprovecharme de su forma y estructura para adoptar el mayor diámetro que permitiera el terreno.

«Despues de un gran detenimiento en el exámen de todas las vetas y hendiduras, pude señalar una zanja de fundacion de cuarenta y dos pies de diámetro, cuyo fondo estaba á un solo nivel.

«Trazado el círculo de cuarenta y dos pies en la roca, numerosos agujeros fueron practicados en diferentes puntos, terminando el fondo de todos ellos en un mismo plano de nivel, de manera que sirviesen como de guias para la profundidad á la cual la zanja debia escavarse. Esta no escedió de 15 pulgadas, termino medio, de la superficie groseramente nivelada hecha al principio y que acabamos de describir, y antes de concluir el verano de 1839, cerca de una tercera parte del área del círculo habia sido desbastada y estaba dispuesta á recibir la labra suficiente para el establecimiento de la primera hilada.

Otro considerable objeto de trabajo fué el arreglo de los bordes verticales de la escavacion; porque el fondo de esta consistia en una caja cuadrada, cuyos lados sumaban 130 pies de longitud por 15 pulgadas de profundidad en la mas dura roca de Gniess, y el trabajo que esto proporciona solo puede apreciarlo un picapedrero que haya trabajado en semejante material. El plan empleado fué agujerear todo alrededor el periferio del círculo con unos taladros verticales de $1 \frac{7}{8}$ pulgadas de diámetro, separados entre sí por un espacio de seis pulgadas. Estos agujeros deben hacerse hasta la profundi-

dad necesaria, lo cual facilita grandemente el arranque de la piedra intermedia. La superficie que se obtiene de este modo se labra acomodándola á la forma y tamaño de las hiladas que deban constituir la fábrica, de manera que quede perfectamente dispuesta á recibirlas. La experiencia me confirmó las ventajas de este trabajo, y me hizo felicitarme de haber preferido un solo plano de nivel, tanto por lo ventajoso que esto resultó para el buen asiento de la obra, como por el ímprobo trabajo que hubiera proporcionado hacer todos los ángulos de una preparacion escalonada. La operacion de cortar y labrar esta fundacion ocupó 20 hombres durante un periodo de 217 dias. La roca en muchos sitios estaba tan dura, que algunas veces parecia que era necesario perder la esperanza de que las herramientas hiciesen en ella la menor impresion. El tiempo empleado en la escavacion y el número de útiles estropeados fué muy considerable, pues en las vetas de cuarzo ningun pico resistió mas de tres golpes; pero al fin nuestra perseverancia quedó ámpliamente recompensada, obteniendo una fundacion tan á nivel y bien labrada en toda el área del circulo de 42 pies de diámetro, que presentaba á la vista la apariencia de un gigantesco vaso de variadisimo mármol.»

Un escelente ejemplo de los peligros de edificar en un terreno parcialmente comprimible se ha dado por Mr. Hughes en sus notas sobre las fundaciones de puentes, de las cuales sacamos los siguientes pormenores. (Vease *Puentes* en el primer tomo, parte cuarta, de la obra publicada por Weale, Londres.)

«Las once pilas y dos estribos de un gran acueducto fueron todos fundados sobre graba á unos pocos pies de profundidad y habian resistido perfectamente bien, apareciendo la fábrica sin alteracion mientras subieron á su altura, que era de cincuenta pies. Sin embargo, una de las pilas de la estremidad meridional, fundada parte sobre la graba y parte sobre roca dura de la llamada de Whinstone, cuya superficie fué simplemente nivelada, edificando despues encima, presentó una enorme grieta que la hendia de arriba abajo, tan luego como la obra cargada sobre ella se elevó á una altura de treinta pies mas. Si toda la pila hubiera sido edificada sobre roca, hubiera resistido sin hacer ningun asiento, de la misma manera que fundada únicamente sobre la graba, el asiento hubiera sido insignificante, resistiendo tan bien como lo hicieron las demas, que estaban tambien sobre graba; pero esta al ceder bajo la gran presion, tan solo parcialmente, causó la catástrofe que hemos descrito.»

Nota 3.^a, pag. 8. Descomposicion por medio de la accion quimica. (Véase *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 26 de Marzo de 1844.)

«Mr. Taylor creia que la accion mecánica del agua producía muchos de los efectos que habian sido mencionados; pero es preciso que la accion química sobre las arcillas y aun sobre las rocas sólidas no pase desapercibida. Al decir esto haria alusion, por ejemplo, á la bien conocida accion del aire sobre algunas clases de pizarra, que, aunque tan rígidas y duras debajo de la tierra, que exigen para sacarlas el empleo de la pólvora, se descom-

ponen completamente despues de estar espuestas al aire durante algunas semanas.»

«El Granito descompuesto, llamado por los trabajadores mineros *pot grawen*, es escesivamente fastidioso en las minas: consiste principalmente en feldespato y potasa, constituyendo el caolin ó arcilla chinesca, tan empleada en las obras cerámicas. Esta sustancia parece haber sido producida por la accion del aire ó por la del oxígeno químicamente formado.»

«La pirita que abunda mucho en las capas de la cortadura de New Cross, no solamente tenia una tendencia natural á la descomposicion, cuando estaba espuesta á la accion del aire, sino que tambien afectaba á todas las cosas con que estaba en contacto.»

«Se puso en moda esplicar todos estos cambios por medio de la influencia de la electricidad, y despues de las interesantes investigaciones de Mr. Fox de Falmouth, hay razon suficiente para creer que la electricidad es capaz de producir esos maravillosos cambios. Es fácil de comprender que tan pronto como principia la accion química, la electricidad puede ser operada, y su corriente, conducida á través de las hendiduras y venas de las sustancias minerales, descomponer la materia existente y reproducirla bajo otras formas. Esta accion no puede verificarse sin la correspondiente alteracion en el volúmen de la masa, y cuando descansa un peso sobre una capa inclinada, cuya superficie está cubierta con una corteza ligera y poco adherente, como la arcilla de Lóndres, despues de haber sufrido los efectos solventes del agua, la mas ligera contraccion ó expansion bas-

taria para poner en movimiento toda la capa superior y producir de este modo los reblandecimientos.»

«Las formaciones primitivas están sujetas á los mismos efectos, y cuando se perforan rocas porfíricas, se hallan frecuentemente hendiduras llenas de materias estrañas, las cuales se hinchan y rompen los lados ó paredes de las galerías y pozos de las minas de la manera mas inesperada, no pudiéndose precaver semejantes contingencias; porque, cuando esto sucede, las grietas de que se habla, son ordinariamente paralelas con la direccion de los expresados pozos y galerías.»

Pág. 8, pár. 2.º Expansion de la arcilla cuando está espuesta al aire. (Véanse *The Minutes of Proceedings*, como arriba.)

Mr. Hawkshaw dijo: «En el tunnel del ferro-carril de Manchester y Bolton las maderas se rompián frecuentemente por la expansion de la arcilla, aunque dicha arcilla parecia enteramente seca.»

Mr. Foster dijo: «En los túneles de Primrose Hill y de Kilsby, si las cortaduras se dejaban unos cuantos dias sin revestir con los arcos de ladrillo, la entivacion de madera se rompía. La expansion resultaba la misma, bien fuese causada por el aire como en el primer ejemplo, ó por el agua como en el último.»

Mr. Thompson observó: «Que en el tunnel de Box estaba calculado que era necesario dejar seis pulgadas de hueco entre la entivacion y el corte de los costados para la expansion, y que aquel espacio apenas bastaba.»

Mr. Simpson: «Había visto en Richmond un pozo de

cuatro pies de diámetro, completamente cerrado en una noche, solamente por la subida del fondo por medio de la hinchazon, sin que hubiera en él una sola gota de agua.»

Nota 4.^a, pág. 13. La destruccion producida por el gusano no parece limitada á las aguas saladas.

Nota 5.^a, pág. 14. *Transactions of the Institution of Civil Engineers*, tomo III, parte tercera.

Nota 6.^a, pág. 14. Pormenores de las actas del Instituto de ingenieros civiles, de 1850.

Nota 7 pág. 15. Aunque nos parece un poco exagerada la asercion del autor inglés, está fuera de toda duda que el pilotaje de hierro no debe emplearse, á causa de que todos los cloruros contenidos en el agua de mar tienden en este caso á formar cloruro de hierro, verificándose de esta manera rápidamente la destruccion completa de la pieza de hierro. N. del T.

Nota 8.^a, pág. 15. Un escelente articulo sobre el aparato neumático, inventado por el Doctor Pott, para hacer fundaciones en aguas profundas por medio de la presion atmosférica, ó bien en arenas móviles, guijarros ó pantanos, se halla en el suplemento de la obra sobre Puentes publicada por Mr. Weale en cuatro partes, obra que hemos ya citado. De este articulo damos el siguiente extracto :

«Esta invencion, de la que se ha sacado privilegio, es para mejorar la construccion de fundaciones (en cualquiera de las circunstancias arriba mencionadas), para pilas, presas y otras construcciones semejantes.»

«Es tambien útil en la construccion de pozos, en condiciones análogas. Consiste en el uso de tubos huecos de hierro fundido de todos tamaños y formas, colocados por medio de la presion atmosférica. La estremidad inferior del tubo está abierta y colocada sobre el terreno; de cualquiera naturaleza que este sea, se saca el aire, agua ó materias semifluidas por medio de bombas ó por cualquiera de los medios conocidos de formar el vacio. Es usual crear este vacio ó, hablando con mayor precision, rarificar el aire en el interior de los tubos, poniéndolos en comunicacion con grandes vasos, de los cuales el aire se saca previamente por medio de una pipa con su llave. Tan pronto como se efectúa la comunicacion, el aire del interior de los tubos se precipita en los espresados vasos vacios, dejando obrar la presion atmosférica sobre la cabeza del pilote, sin que este tenga ninguna resistencia contra ella. Si las capas que hay que atravesar son semifluidas ó muy blandas, la misma causa puede hacerlas entrar en los tubos ó pilotes huecos, al mismo tiempo que bajan con la rapidez correspondiente. Los materiales asi introducidos deben extraerse, y si las capas son mas resistentes se sacan tambien con mucha mas razon para obtener la mayor rarificacion del aire, repitiendo la operacion hasta que los pilotes quedan hincados completamente. Una sucesion de tubos puede colocarse sobre los primeros, por medio de enchufes ó á tor-

nillo, de manera que alcancen á toda la profundidad necesaria. Los tubos ordinariamente empleados son cilindricos, angulares ó cónicos. Pueden hacerse de manera que se adapten uno á otro, de suerte que formen un pilotaje continuo é unido, y algunas veces tambien se emplean con ranuras exteriores destinadas á recibir planchas, como se usan en los muros del Tamesis. Al introducirse esta invencion, se aplicaba principalmente como medio de clavar pilotes huecos, de las dimensiones ordinarias de los de madera; pero experimentos subsiguientes han conducido á considerables modificaciones en su uso. El hecho de que la presion atmosférica es proporcionada á la superficie espuesta á su influencia, ha inducido á los poseedores del privilegio á aumentar gradualmente el diámetro de los pilotes, hasta que al fin han cesado de obrar de una manera tal como es necesaria al objeto.»

El procedimiento del Doctor Pott parece muy adaptable para hacer penetrar pilotes y aun cajones, á través de las capas blandas hasta llegar á las duras, y ha sido aplicado en algunas grandes empresas que todavía no están concluidas. No cabe dentro de los límites de este libro entrar en consideraciones sobre el mérito de esta invencion, que está todavía en su infancia; pero llamaremos la atención hácia algunos puntos que nos parecen importantes. Si la capa que es necesario penetrar es bastante firme, será mejor agugerearla y hacer bajar los cilindros por su gravedad. Si la subcapa es de arcilla ó de otro material comprimible, convendrá hincarlos hasta la profundidad exigida y cargarlos con un peso

de plomo, equivalente al que tienen que sufrir despues. Como la mayor presion que puede cargarse sobre la cabeza de los tubos, por la ausencia del aire, no sobrepuja á una tonelada por cada pie superficial, que es mucho menos que el peso que se carga á menudo sobre fundaciones de pilotes, es tambien una cuestion importante averiguar hasta qué punto el borde cortante del tubo ó cajon puede facilitar su descenso, cuando está cargado con el peso de la obra, y si el sistema por esta causa se puede considerar inferior en resultados al de los cilindros con platos en el fondo, que se introducen por medio de rosca, segun el sistema privilegiado de Mr. Mitchel. Tal vez será interesante para nuestros lectores una breve descripcion de este sistema felizmente empleado en Francia para atravesar una masa de arena movediza: sistema que es precisamente opuesto al del Dr. Poit. (Véase el artículo *Ventilacion* en el suplemento del Diccionario de artes, manufacturas y minas del Dr. Ure.

«Estos notables resultados, obtenidos sobre un individuo con un pequeño aparato de prueba, han sido reproducidos prácticamente en escala mayor con muchas personas encerradas juntas en un gran cilindro, el cual estaba formado á su vez con una série de otros fuertes cilindros de plancha de hierro, unidos por medio de clavos y redoblones remachados, hundidos hasta una gran profundidad á traves del rio Loire, cerca de Languin. Las vetas de carbon en este distrito de Francia están bajo una capa de arena movediza que tiene 18 ó 20 metros de espesor, y habian sido inaccesibles por todos los medios de minar practicados hasta entonces. El obstáculo

habia sido considerado tan absolutamente insuperable, que esta gran zona carbonifera, que se estiende bajo esos depósitos de aluvion . aunque muy conocida hace siglos , ha quedado intacta. Esforzarse en su extraccion por los medios ordinarios para penetrar en esas arenas movedizas que comunican con el Loire, es lo mismo que proponerse hacer una mina en el rio ó desaguar el rio mismo. Pero Mr. Triger, ingeniero civil de mucho talento, ha emprendido la lucha con estas dificultades, empleando con gran atrevimiento los recursos de la ciencia.

«Por medio de la armazon de hierro que ya hemos mencionado, provista en su parte superior de una antecámara impermeable, ha logrado tener sus obreros sumergidos en aire bastante condensado, por medio de bombas de presion, para rechazar el agua del fondo de los cilindros de hierro, y de esta manera facilitar la extraccion de la graba y las piedras hasta una profundidad muy grande. La antecámara de que hemos hablado, tiene una trampa en su cubierta y otra en su suelo, y los hombres, despues de introducidos, cierran la puerta superior por encima de sus cabezas, y entonces dan vuelta á la llave que está sobre una pipa puesta en comunicacion con el aire condensado en la cámara ó pozo inferior. Un equilibrio de presion se establece al momento en la antecámara por entrada del aire denso desde abajo, por lo cual la puerta de la trampa del piso puede abrirse para que los hombres bajen. Aquí trabajan en un aire mantenido á la presion de tres atmósferas, por la incesante accion de bombas con válvulas de cuero, movidas por una

máquina de vapor; mientras que el aire así condensado arroja el agua contenida en la arena que comunica con el Loire fuera del pozo, é infunde al mismo tiempo tanta energía en los mineros, que pueden fácilmente escavar dos veces mas sin cansarse que hubieran podido hacerlo trabajando al aire libre.»

Pág. 15, pár. 2.º Este método de emplear cilindros promete probables y felices resultados. Hasta ahora creemos que lo único publicado sobre el sistema es una nota breve añadida á la relacion del sistema de Mr. Mitchel sobre piloteje de rosca en la obra titulada: *Minutes of Proceeding of the Institution of Civil Enginecrs*, de 1848, á que acabamos de aludir, y de la cual sacamos los siguientes pormenores.

«Mr. Brunell acaba de hacer un interesante y concluyente experimento, cerca del sitio propuesto para el puente sobre el rio Wye, en el ferro-carril de South Wales á Chepstow.

«Coasiste el sistema en un ciliudro de hierro fundido de un diámetro exterior de tres pies, con un espesor de pulgada y media, dividido en trozos de diez pies, que se unen por medio de enchufes interiores: estas juntas se aseguran con pasadores, cubriéndolas ademas con una plancha de plomo. El cilindro estaba armado en su fondo con un cerco de hélice de canto cortante de hierro forjado, cuya espiral proyectaba doce pulgadas alrededor del cuerpo del cilindro, sobre el cual hacia una revolucion entera. Por medio de unas fuertes palancas de cabrestante movidas por trabajo de sangre, facilitado por sólidas ci-

güeñas, este cilindro se atornillaba en la tierra cerca de la orilla del rio, pero fuera del alcance de la marea, hasta una profundidad de 58 pies, en cuya operacion se invirtieron 48 horas y 14 minutos, á través de una arcilla dura y de la arena, hasta llegar á la marga. Para bajar á esta profundidad hizo el cilindro 142 revoluciones, estando en relacion la velocidad de descenso con el movimiento de la rosca. El tiempo citado es únicamente el que se consumió verdaderamente en hacer bajar el cilindro; mas se le dejó parado durante largos intervalos, mientras que se sacaba la arcilla de su interior, por causa de las dilaciones ocasionadas por las roturas de cuerdas y barras del cabrestante; sin contar otros accidentes que siempre ocurren en los experimentos, cuando se ensayan por primera vez. A despecho de la gran superficie que está espuesta á la friccion lateral, se hubiera podido continuar el trabajo del tornillo de manera que su descenso fuese siempre uniforme.»

Mr. Brunell tiene intencion de probar un cilindro de seis pies de diámetro con una grande hélice, antes de decidir cuáles deberán ser las dimensiones de los cilindros para fundar sus puentes, los cuales tienen que hincarse en sitios donde hay una gran profundidad de fango, arcilla dura y arena.

Pág. 16, pár. 1.º «Descripcion de los trabajos hidráulicos de Mr. Luis Alejandro de Cessart, decano de los Inspectores de Puentes y Calzadas. Paris, 1805.»

Pág. 16, pár. 1.º «Relacion de la escollera en la sonda

de Plymouth, por Sir Jhon Rennie. Lóndres, Weale, editor, año de 1848.»

Pág. 17, pár. 1.º Memoria sobre los trabajos marítimos, que comprende la descripción histórica de las obras ejecutadas en el puerto de Argel, y la esposición completa y detallada de un sistema de fundaciones en la mar por medio de blockes de betun. Por Mr. Poirel, Ingeniero en jefe de Puentes y Calzadas. Paris, 1841.

Pág. 24, pár. 2.º (Véase «*Memoir of the Canal of Exeter*, y *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1845,» de donde sacamos los siguientes pormenores acerca del método adoptado para vencer las dificultades que provienen del levantamiento del terreno.)

«La escavacion practicada para construir la ataguía de entrada del dique de Turf, se llevó á cabo favorablemente á través de una capa de arcilla dura de aluvion sin agua hasta una profundidad de cerca de 20 pies, bajo la superficie de los pantanos; pero al clavar un pilote para averiguar la profundidad á la cual se podia obtener una fundacion mas dura, el agua se presentó alrededor del pilote; á la mañana siguiente se vió que los lados de la escavacion se habian hundido en sentido vertical mas de diez pies, levantándose al mismo tiempo el fondo á mayor altura que los mismos lados, y dejando ver en su superficie cespèd, *peat* (especie de turba), musgo, raices de árbol y plantas marinas, en gran variedad, tales como cañas, trebol, etc.; aunque con muy poca agua. Era, sin embargo, evidente que habria que luchar con una gran

cantidad de esta, clavando hasta la profundidad exigida para la fundacion. A fin de precaver esto, se clavaron pilotes de maderos enteros formando un recinto muy cerrado, que sirviesen de paredes laterales á la escavacion, cuyos pilotes estaban acodalados con maderos tambien enteros, que atravesaban la zanja. La escavacion se hizo entonces, y la ataguía se fundó entre los espacios de los codales ó maderos atravesados. Se presumia que la presion exterior del agua de la marea tendria tendencia á levantar la plataforma de madera de que se construyó el fondo y la solera de la puerta: en consecuencia fueron colocados unos conductos hechos de tablas de olmo que atravesaban horizontalmente la mamposteria que formaba la primera capa del fondo. Estos tubos colocados debajo de la esclusa, y á traves de ella, terminaban en un pozo vertical mas allá de las puertas superiores de la esclusa; de manera que el agua subteranea podia circular y levantarse sin ningun obstáculo hasta una altura correspondiente á la de la marea. Esto produjo el efecto apetecido, pues las plataformas nunca manifestaron tendencia alguna á levantarse, ni tampoco hubo la menor alteracion ni asiento en la mamposteria.»

«Mr. Telford, que observó esta obra durante su ejecucion, dijo que en su vida habia visto fundacion mas enojosa, y dió su entera aprobacion al método adoptado para impedir la presion inferior del agua.

Pág. 38, pár. 3.º La palabra *hormigon* se aplica aqui esclusivamente al que se hace con graba unida á cal comun ó débilmente hidráulica.

Pág. 66, (8). Mr. Aimé, catedrático del colegio de Argel y miembro de la comisión científica, ha hecho experimentos directos sobre el movimiento de las olas, que prueban que este movimiento se hace sentir claramente á profundidades de 50 y hasta 65 pies. Los resultados interesantes obtenidos por este jóven sábio han sido esplicados en varios artículos dirigidos por él al Instituto.

Pág. 90, (8). (Véase una tabla semejante y un artículo notable en *The Engineers and Architect's Journal* de Enero de 1842.

Es de notar que el autor no haya esplicado que no existe medio de comparar la presión inerte con la activa. La tabla ha sido calculada de nuevo para incluirla en este volumen.

Pág. 121, pár. 2.º En la planta y sección representada por el dibujo, las tornapuntas se manifiestan terminándose en los pilotes de abrazamiento, omitiéndose su extensión hasta el muro antiguo.

INDICE.

- Aimé, Mr., experimentos sobre la fuerza de las olas, 65.
- Arcos invertidos, sobre su poco prudente uso, 31.
- Argel, empleo del betun en las obras de este puerto, 16, 44, 148. Relacion de dichas obras por Mr. Poi-rel, 46.
- Arena, es casi incompri-mible, 6; debe ser cuidadosa-mente contenida, 6; necesi-dad de preservarla de la ac-cion del agua, 11.
- Arena, en pilotes, 9, 22, 36.
- Arena, en capas, 35.
- Asiento, necesidad de asegu-rar su uniformidad, 2; a-siento irregular, 5, 7, 30.
- Asiento, á causa del desagüe del cespèd y la turba, 11.
- Azuches, 96; eleccion de pi-lotes, 97; pilotes mura-les, 97.
- Belidor, Mr., prescripciones para preparar el betun, 43.
- Benthan, Sir Samuel, empleo de masas flotantes para es-colleras en Sheerness, 106.
- Bethel, Mr., procedimiento para impedir la destruc-cion de la madera por el gusano, 14.
- Betun usado por los ingenie-ros franceses en el puerto de Argel, 44, 148; su pre-paracion y empleo, 42; prueba de su antigüedad, 45 65; su comparacion con la piedra perdida, 65.
- Bidder, Mr., observaciones sobre el puente del Canal Grand Junction y sobre el ferro-carril de Nothamp-ton y Peterborough, 147; empleo de pilotes sólidos de hierro fundido, para el puente giratorio sobre el rio Wensum, en el ferro-carril de Norfolk, 14.
- Brunel, Mr., experimento de introducir á rosca un cilin-dro de hierro, á través de la arcilla dura y arena de Chepstow, 160.
- Burnell, Mr., Tratado rudi-mental sobre cales, cemen-tos y morteros, 40.

- Cachin, Mr., su opinion sobre obras construidas con piedra perdida, 68.
- Cajones para colocar betun, 17; para mamposteria. 19; para poner faginas, 24 ; su uso en Argel, 51 ; capítulo especial sobre el asunto, 105.
- Cales, cementos y morteros
Tratado rudimental sobre ellos por Mr. Burnell, 40.
- Cámaras, ataguía para el malecon del rio, al construirse el edificio , destinado á ellas, 120 , 138.
- Campana de buzo, 18.
- Cilindros de hierro fundido, 14 ; id. huecos, procedimiento del Dr. Pott para hincarlos, 15 : id. con rosca , 15 ; barreras hechas con estos y planchas de palastro , 157.
- Cilindros de rosca, 15, 160.
- Compresion de suelos, 2 hasta el 12.
- Contraccion y expansion de la arcilla, 153.
- Crate, Mr, sobre la máquina atmosférica de Clarke y Varley, 87.
- Creosota , preparacion con ella de las maderas, 33.
- Cubitt, Mr, Uso de los pilotes de hierro fundido en Northwich y Lowestoft Navigation, 103.
- De. Cessart, Mr sobre la escollera de Cherburgo, 16.
- Descomposicion , á causa de la accion química, 8.
- Descomposicion de algunas pizarras , 152.
- Diques de Sta. Catalina , empleo en ellos de la máquina atmosférica de Clarke y Warley, 87; descripcion de la ataguia, 132, 135.
- Eleccion de materiales para rellenar con arcilla, 131.
- Empleo de la máquina atmosférica de Clarke y Varley para clavar pilotes en el camino de hierro de Nottingham and Boston and Eastern Junction, 88.
- Empleo de pilotes murales de hierro fundido en el puerto de Bridlington, 101.
- Engañosas formaciones , su descomposicion expansiva, 8.
- Entablonados, 32.
- Escolleras de Cherbourgo y Plymouth, 16.
- Escolleras de Cherbourgo, 16, 70.
- Expansion del terreno en el tunel de Box, 154.
- Expansion de suelos, 153.
- Ewart, Mr. , privilegio para recintos y ataguías construidos con pilotes tableados de hierro fundido, 101.
- Exeter, Canal de, escavacion para la ataguia de entrada en Turf, 162.
- Faginas, 23, 24.
- Faro de Bell Rock , 148.

- Faro de Edystone, 148.
- Ferro—carriles de Bélgica, puente del de Lieja 20.
- Forth, sus obras de navegacion, en la ciudad de Sterling, empleando recintos portátiles, 131.
- Foster, sobre expansion de terrenos en los tuneles de Primrose y Hilsby, 154.
- Fundacion, sentido en que debe tomarse esta palabra, 1.
- Graba, sus propiedades como capa sostenedora, 6, 38.
- Gravesend, muelle de esta ciudad y empleo en él de pilotes cilíndricos de hierro, 44.
- Grimsby, ataguía de sus diques, 121, 140.
- Grimsby, diques, empleo en ellos del vapor para la hinca de pilotes, 77; aplicacion del martinete de Nasmyth, 84.
- Gusanos, procedimiento de Mr. Berthell para impedir sus estragos. 14.
- Hartley, Mr, empleo de pilotes privilegiados de Ewart para recintos. 101.
- Hawkshw, sobre la expansion de la arcilla en el tunel del Ferro-carril de Manchester á Bolton, 154.
- Hinca de pilotes, 71; uso de la potencia de vapor, 77; su teoría, 81; riesgo de sacar los pilotes murales, 93.
- martinete, 71; id. de anillo, 75; id. de cangrejo, 76; id. de Nasmyth, 78; id. de Clarke y Varley, 84.
- Hugues, Mr., sobre asiento de una pila de acueducto, 152.
- Hormigon, 38; debe ocupar toda el área de las escavaciones, 38; no debe emplearse para sustituir la mamposteria, ladrillo etc., 40; Tratado rudimental sobre cales, cementos y morteros, 40; preparacion de la cal para hacer el hormigon, 41; 42; su comparacion con el betun, 44.
- Jackson. Mr. G. B., sobre el arte de edificar con faginas, 25.
- Kair-ed-din, muelle de, en Argel, 47.
- Kilsby, tunel de, expansion del terreno, 154.
- Kyan, Mr, procedimiento para conservar maderas, 33.
- Langier de Tassi, relacion del muelle de Argel, 48.
- Languin, sobre la manera de minar á traves del lecho de arena movediza del rio Loire, 158.
- Lary, puente de, en Plymouth empleo de cajones sobre fundacion de pilotes, 20.
- Lieja, puente en su camino

- de hierro; empleo de cajones sobre fundacion de pilotaje, 19, 110.
- Limehouse, muelles de hierro fundido, 103.
- Liverpool, empleo en sus diques de los pilotes privilegiados de Mr. Ewart, 101.
- Lóndres, diques de, aplicacion de la potencia del vapor para hacer en ellos la hincada de pilotes, 77.
- Lóndres, Instituto de, en Finsbury, asientos producidos por desagües, 12.
- Lowestoffe, puerto de, procedimiento de Mr. Berthell para preservarla madera de los gusanos, 14.
- Máquina atmosférica de Clarke y Varley, 84.
- Matheus, Mr, uso de pilotes de plancha de hierro fundido en el puerto de Bridglington, 101.
- Meuse, rio, puente del ferrocarril en Lieja, 20.
- Milne, Mr, empleo de sus pilotes privilegiados en la caja-esclusa de Wart, 101.
- Mitchel, Mr. pilotes de rosca, 158.
- Montrose, obras de este puerto; manera de hincar en ellas los pilotes por Mr. Milne, 78.
- Mortero, su compresion, 5.
- Muelle de Downes, empleo en él de pilotes de hierro fundido, 102.
- Nasmyth, martinete de vapor de, 78.
- Neate, Mr. Carlos, su escrito acerca del recinto de los diques de Grymsby, 140.
- Noël, Mr., ingeniero de las obras de Argel, 47.
- Nortfolk, ferro-carril de, puente giratorio sobre el rio Wensum, 14.
- Northampton y Peterborough ferro-carril de, su puente sobre el canal Grand Junction, 147.
- Northwich, asiento del terreno, á causa de la estraccion del agua de los manantiales salados por medio de bombas, 11.
- Northwich y Lowestoffe Navigation, uso de pilotes de hierro fundido, 103.
- Olas, su movimiento, 65.
- Pantanos, asientos producidos por el desagüe, 12.
- Payn, sistema para conservar maderas, 33.
- Piedra perdida, 15, 65; sus inconvenientes, 66; dificultades de ejecucion, 67.
- Piedra perdida, sustituida con blockes de betun, 16.
- Piedra perdida, ejemplo de su antiguo empleo en el puerto de Civita Vecchia, 65.
- Pilotaje de hierro fundido, 14, 100; no tiene duracion en agua salada, 14, 100.

- Pilotes de hierro, su empleo en el muelle de Brunswich, en Blackwal, 104.
- Pilotaje de madera, 10, 15; efectos de ser atacado por el gusano, 13.
- Pilotes murales. 21, 96, 128.
- Pilotes de rosca, 10, 15.
- Pirita, su descomposicion, 153.
- Poirel, Mr, descripcion del nuevo muelle de Argel, 17, 46.
- Pott, Doctor, su aparato neumático privilegiado, para hacer fundaciones, por medio de la presion atmosférica, 10.
- Puente alto, en Newcastle, empleo en él del martinete de vapor de Nasmyth, 84.
- Primrosse Hill, tunel de, expansion en él de la arcilla, 154.
- Puerto de Ratoneau, en Marsella, 70.
- Plymouth, escollera de, 16.
- Puzzolana, 43, 55.
- Recintos ó cajas-esclusas, 20; son ordinariamente demasiado ligeros, 20; portátiles 20, 130; capítulo especial sobre el asunto, 118.
- Recintos en el rio Ribble, 124, 141.
- Rendel, Mr, empleo de cajones en la fundacion de pilotaje del puente de Lary en Plymouth, 20, 110.
- Rennie, Juan, aplicacion del vapor á la hinca de pilotes, 77.
- Rennie, Sir Juan, descripcion de la escollera de Plymouth, 161.
- Roca, su poca conveniencia para las fundaciones, 6; dificultades para formar en ella un lecho á nivel, 6; capas inclinadas, 7.
- Sheernes, su malecon construido de ladrillo en masas flotantes, 106.
- Sibley, Mr, empleo por él de hierro fundido, en la construccion del muelle de Lea-Cut en Limehouse, cerca de Lóndres, 103.
- Simpson, empleo de los pilotes cuadrados de hierro en el nuevo muelle de Southend, 14.
- Simpson, Mr. Juan, observaciones sobre la expansion del suelo en un pozo cerca de Richmond, 154.
- Skerriwore, faro de, trabajo para preparar su fundacion, 149.
- Smeaton, Mr, descripcion del faro de Edystone, 148.
- Southend, nuevo muelle de esta poblacion, en que se han empleado pilotes cuadrados, 14.
- Sout Wales, ferro-carril de, esperimentos en Chepstow, con un cilindro armado de rosca, para atravesar la arcilla dura y la arena, 160.

- Stevenson, Mr. David, su recinto en el rio Ribble, 124, 141.
- Stevenson, Mr. Alan, descripcion del faro de Skerriwore, 148.
- Stevenson, Mr. Roberto, relacion del faro de Bellrock, 148.
- Stevenson, Mr. Tomas, empleo de recintos portátiles, 130.
- Taylor, Mr, sobre la accion química del aire sobre las arcillas y rocas, 152.
- Telford, Mr, su opinion sobre las fundaciones de la entrada del dique de Turf, en el canal de Exeter, 162.
- Telford, Mr, ataguía á la entrada de los diques de Sta. Catalina en Londres, 152.
- Thomson, Mr, sobre la expansion de la arcilla en el tunel de Box, 154.
- Tierney y Clarke, Mr, sobre el empleo de pilotes cilindricos de hierro en el muelle de Gravesend. 14.
- Treussart, el General, Memoria sobre los morteros y argamasas, 58.
- Triger, Mr, sobre el modo de minar á través de la arena movediza del rio Loire, 159.
- Tweed, viaducto en Berwick; empleo del martinete de vapor de Nasmyth, 84.
- Varley y Clarke, Mr, su máquina atmosférica para la hinca de pilotes, 84.
- Vicat, Mr., sus esperimentos sobre los morteros y cementos, 57.
- Viento, su accion sobre las construcciones aisladas, 27.
- Valker, Mr, pilotes de hierro fundido en el muelle de Downes, 102.
- Walker y Burgess, Mr, Construccion del muelle de Brunswick en Blackwall, 104.
- Wensum, rio, empleo de pilotes sólidos de hierro fundido, 14.
- Westminster, falta de acierto en la fundacion de este puente, 108.
- Wye, rio, experimento hecho en Chepstow con el cilindro de hélice, para atravesar arcilla dura y arena, 160.
- Zócalos, 26.

Lista de las obras que se citan, ó á que se hace referencia.

Annales des Ponts et Chaussées. Bridges. <i>Weale</i> .	Anales de puentes y calzadas. Puentes, <i>Weale</i> (editor).
<i>Burnell</i> , Rudimentary Treatise on limes, cements and mortars.	<i>Burnell</i> , Tratado rudimental de cales, cementos y morteros.
Civil Engineers and Architect's Journal.	Diario de los Ingenieros civiles y Arquitectos.
<i>De Cessart</i> , Description des Travaux Hydrauliques.	<i>De Cessart</i> . Descripcion de obras hidráulicas.
<i>Langier de Tassy</i> , Work on Algiers.	<i>Langier de Tassy</i> . obra que trata de Argel.
Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers.	Actas de las reuniones del Instituto de Ingenieros civiles.
Papers on Engineering, <i>Weale</i> .	Escritos sobre asuntos pertenecientes á ingenieros, <i>Weale</i> .
Papers on subjects connected with the Duties of the Corps Royal Engineers.	Escritos sobre asuntos relacionados con los deberes del cuerpo de Ingenieros Reales (*).
<i>Poirel</i> . Mémoire sur les Travaux á la Mer, comprenant l' historique des ouvrages exécutés au Port d' Alger.	<i>Poirel</i> , Memoria sobre trabajos marítimos, comprendiendo la histórica de las obras ejecutadas en el puerto de Argel.
Railways of Belgium.	Ferro-carriles de Bélgica.
<i>Rennie</i> (Sir John), Account of the Breakwater in Plymouth Sound.	<i>Rennie</i> (Sir Juan). Memoria de la escollera en la sonda de Plymouth.
Rudimentary Treatise on the Art of Building.	Tratado rudimental del arte de construir.
<i>Smeaton</i> , Narrative of the Building and a Description of the Construction of the Edystone Lighthouse.	<i>Smeaton</i> , Relato del edificio y descripción de la construcción del faro de Edystone.
<i>Stevenson</i> (Alan), Account of the Skerryvore Lighthouse.	<i>Stevenson</i> (Alan) Reseña del faro de Skerryvore.
<i>Stephenson</i> (Robert), Account of the Bell Rock Lighthouse.	<i>Stephenson</i> (Roberto). Descripción del faro de Bell Rock.
Transactions of the Institution of Civil Engineers.	Asuntos correspondientes al Instituto de Ingenieros civiles.
<i>Treussart</i> , Memoire sur les Mortiers.	<i>Treussart</i> , Memoria sobre los morteros.
<i>Ure</i> , Dictionary of Arts, Manufactures and Mines.	<i>Ure</i> , Diccionario de artes, manufacturas y minas.

(*) Llámense Ingenieros Reales á los del cuerpo militar. En Inglaterra el estado no tiene ingenieros de caminos y canales.

