

FUNDACIONES TUBULARES.

POR MEDIO DEL VACIO.

La introduccion de los pilotes por medio de la presion atmosférica ha tenido ya grandes aplicaciones desde que fué inventada por el doctor Pott's en 1845.

El principio en que se funda este sistema consiste en obrar directamente sobre el terreno, en vez de hacerlo sobre el pilote como en el sistema ordinario de hinca. Imaginémonos un pilote hueco de fundicion ó de palastro, abierto por su parte inferior y cerrado en la superior por medio de una cubierta ó casquete, bien atornillado y bien calafateada su junta, que comunique con una bomba neumática, y que su parte inferior se apoye en un terreno de fango, arena ó arcilla, cubierto por el agua. Si hacemos obrar una bomba de aire dispuesta tal como se halla representada en las figuras de la lámina 95 desde el momento en que la presion del aire interior del tubo empieza á disminuir, el agua exterior, y aun el mismo terreno, se precipitará en el interior del tubo en virtud de la presion atmosférica; la corriente de agua que se establecerá en la parte inferior del tubo arrastrará el terreno que hay debajo, rompiendo ó destruyendo el enlace natural de las tierras, y el pilote bajará en virtud de su propio peso aumentado de el debido á la presion atmosférica que obra sobre el casquete ó cubierta superior. Cuando este tubo se llene de las materias arrastradas, que serán agua y fango ó arena de la parte inferior, se limpiará ó se separarán estas materias por cualquier medio, y se volverá á empezar la operacion hasta que el tubo baje á la profundidad necesaria.

Una de las aplicaciones mas interesantes de este sistema, es la que se ha hecho en las fundaciones de un viaducto en la isla de Anglesey, camino de hierro de Khester á Holyhead. Una de las pilas de este viaducto se fundó sobre una plataforma de fundicion que descansaba en diez y nueve pilotes, cada pi-

Tomo VI.

lote era un tubo de fundicion de 0^m,057 de espesor y de 0^m,555 de diámetro interior.

El terreno en que se fundó se componia de arena y grava, cubierto en baja mar con una altura de agua de 1^m,205. La corriente era muy rápida en este sitio, y se creyó conveniente dejar que el agua pudiera correr entre los pilotes, para evitar las socavaciones. Cada pilote de 4^m,88 de longitud, se introdujo en el terreno 3.66. Hé aquí como se hizo la operacion:

Un cuerpo de bomba doble de 0^m,11 de diámetro, maniobrado por cuatro hombres, se instaló en una de las pilas inmediatas, y comunicaba con el pilote por medio de un tubo encorvado, en el emplazamiento de la pila que se trataba de construir se hizo un andamiage provisional, con una armadura para colocar y dirigir el pilote durante su introduccion; este se colocaba en su sitio por medio de una cabria dispuesta al efecto. Cuando la cubierta ó casquete se hallaba bien atornillada y calafateada se hacia obrar á las bombas, á cada pistonazo el pilote bajaba á razon de 0^m,34 por medio minuto de trabajo. Cuando habia llegado á toda la profundidad necesaria se vaciaba hasta 1^m,80 y se llenaba de hormigon. Despues de la colocacion de los 19 pilotes se puso la plataforma de fundicion y despues la silleria.

Estas fundaciones, hechas en 1847, no han experimentado ninguna alteracion, ni se ha observado ningun asiento á pesar de aguantar una carga de mas de 500 toneladas, comprendido el peso de los trenes.

Este procedimiento no es aplicable mas que á los terrenos de fango, de arena, de grava y de arcilla, aunque el doctor Pott's creyó que podría generalizarse su aplicacion.

En el aparato empleado para el viaducto de la isla de Anglesey, la comunicacion entre el pilote y las bombas neumáticas se hizo con un solo tubo. Pero en algunos casos, al hacer sucesivamente el vacio, el agua va ascendiendo lentamente sin desarreglar las materias que hay debajo del pilote; para conseguir esto se han interpuesto en el tubo de comunicacion

Madrid 15 de Diciembre de 1858.

dos depósitos, en los cuales se hace el vacío, (fig. 6 y 7 lám. 85) poniéndolos en seguida en comunicacion con el tubo. Hay entonces una expansion repentina del aire, la cual desarrólla una fuerza impulsiva suficiente para hacer que en poco tiempo se introduzca el pilote una cantidad considerable.

Estos depósitos tienen ademas por objeto, recoger el agua que pase al tubo, echándola fuera por medio de las válvulas.

Otra mejora importante para extraer con facilidad las materias que llenan el pilote, an-

tes de que este haya llegado á toda su profundidad, consiste en introducir en el pilote un tubo provisto de válvulas que se abren de abajo á arriba; se hace el vacío en este tubo de manera que obre sobre las materias que hay dentro del pilote, como este obra con respecto al terreno exterior ó que le rodea. Cuando el tubo está lleno, se sube por medio de una cadena y se repite la operacion hasta que se haya vaciado el pilote lo que sea necesario.

El siguiente cuadro indica las principales aplicaciones de este sistema hasta 1847.

Pilotes introducidos por el procedimiento del doctor Pott's desde que obtuvo el privilegio hasta el día que lo cedió á MM. Fox y Henderson.

Parages en que se han empleado los pilotes.	Fecha de la operacion.	Núm. de pilotes	Diámetro.	Profundidad de la hincada.	Altura del agua en las marcas.	Longitud de los pilotes.	Naturaleza del terreno.	Clase de obra en que se han empleado.
Trenity Cohar.	Mayo 1845.	1	0,765	6,555	Seco	7,625	Arcilla azul.	Para cuerpo muerto y amarra.
Gerdier Sand.	Julio 1846.	1	0,765	6,75	Seco	18,500	Arena.	Faro.
Shingler Sand.	Set. 1846.	1	0,765	4,575	Seco	18,500	Id.	Id.
Beacy Sand	Nov. 1846.	1	0,765	4,575	Seco	13,725	Arena y arcilla.	Id.
Sout Kook Margate Sand.	Mayo 1847.	5	0,582	4,27	Seco	15,725	Arena.	Id.
Maldreath bay Anglesey.	Mayo 1847.	19	0,555	3,66	1,205	4,88	Arena y grava.	Pila de viaducto.
East aud of Blyte Sand.	Junio 1847.	5	0,582	5,555	Seco	15,725	Arena y arcilla azul.	Faro.
South Calliper Goodwnis.	Agos. 1847.	5	0,765	9,605	Seco	20,74		
			0,582	6,40	Seco	16,725	Arena,	

SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO, EMPLEADO EN EL PUENTE DE ROCHESTER.

En 1847 MM. Fox y Henderson se hicieron dueños del privilegio del doctor Pott's y ensayaron una nueva aplicacion en el puente de Rochester.

Este puente construido sobre el Medway se compone de tres tramos, el central de 55^m,25 de luz y los extremos de 45^m,50; cada una de las pilas tiene 5^m,588 de ancho por 21,550 de longitud. El estribo de Strood está apoyado en 50 pilotes cilindricos de 1^m,85 de diámetro. el de Rochester en 12 del mismo diámetro y las dos pilas en 14 pilotes cada uno de 2^m,155 de diámetro.

Cada pilote se compone de un cierto número de tubos de 2^m,745 de altura, superpuestos los unos á los otros y unidos por medio de fuertes rebordes atornillados.

Los sondeos que se habian hecho, indicaban que el terreno estaba compuesto de capas de tierra blanda, de arena y de grava recubriendo la creta, la que se hallaba á 14^m,50 bajo el nivel de las altas aguas y se optó por el sistema del doctor Pott's que habia dado muy buenos resultados en terrenos análogos.

Pero desde el momento en que se empezó á trabajar en el estribo de Strood, se encontró el resto de las fundaciones de un puente antiguo, compuestas de piedra y madera. En vista de esta dificultad, el Ingeniero M. Hughes que dirigía estos trabajos recordando los buenos

resultados que habian obtenido MM. Friger, Mongel y Caré empleando el aire comprimido, tuvo la idea de suponer que el pilote fuese una campana de buzo, sustituyendo el aire comprimido al vacio.

Para esto uno de los cilindros se cubrió con un casquete, atornillandolo bien y calafateándole y en el se colocaron dos cámaras de fundicion, destinadas á servir de intermedio, entre la parte exterior é interior del pilote.

Estas dos cámaras en forma de D un poco separadas una de otra, estan vueltas por el lado curvo de manera que las caras planas están colocadas en sentido inverso. La parte del cilindro que no está ocupada por las cámaras, llamadas *Cámaras de aire* y que además está separada del resto del pilote por medio de un suelo atravesado de dos agujeros circulares, se llama *Cámara de estraccion*.

Cada cámara de aire tenia una superficie de 5^m,50, 1^m,90 de altura y sobresalia encima de la cubierta 0^m,75, estaba provista de una abertura de 0^m,60 con una válvula, que se movía por medio de una charnela horizontal y estaba aplicada contra la abertura por la presion interior. A un lado de la cámara se habia practicado otra abertura, para comunicarse con el interior del cilindro y por la cual entraban los brazos de dos gruas (dispuestas en el espacio que habia entre las dos cámaras) para dejar los cubos, estos se elevaban por el torno interior.

Dos grupos de llaves que podian manejarse por la parte interior ó por la exterior, destinadas á asegurar el paso de los materiales y la circulacion de los trabajadores, ponian en comunicacion la cámara de aire, por una parte con el cilindro y por la otra con la atmósfera.

Para permitir la circulacion de los trabajadores y de los materiales en el interior del pilote, se dispusieron escaleras inclinadas en sentido inverso y alternando á derecha é izquierda apoyadas en unos bastidores sujetos al tubo, dejando paso libre á los cubos.

Una bomba de aire de dos cilindros de 0^m,504 de diámetro y de 0^m,457 de carrera, de doble efecto y movida por una máquina de vapor de 6 caballos, sin condensacion, intro-

ducia el aire comprimido, el agua era inpelida progresivamente por la parte inferior y podia desmontarse el terreno del fondo sin dificultad.

Los descansos sucesivos que necesita esta clase de trabajo, son suficientes para poder renovar el aire lo cual se ejecutaba por la parte superior.

No se habia previsto que el terreno podia ser bastante consistente, para impedir que saliese el agua por debajo; para poder extraerla se empleó un tubo en forma de sifon, cuyo brazo mas largo bajaba hasta el fondo del pilote y como estaba sometido á la presion del aire comprimido, arrojaba el agua por el otro brazo al rio; entonces el terreno era bastante impermeable para no dejar entrar otra nueva cantidad de agua. El aire se precipitaba con violencia por el sifon y la expansion repentina, producía en el interior del pilote una neblina espesa, que impedía á los trabajadores distinguir los objetos inmediatos, haciéndoles además experimentar una impresion fria desagradable. Para impedir este efecto, bastó colocar en el extremo del brazo interior del sifon, una llave que pudiera abrirse ó cerrarse á voluntad, con lo cual el aparato correspondió completamente al objeto propuesto.

Para vaciar una altura de agua de 4^m,55 cuando el terreno del fondo permitia la salida, se necesitaba hacer maniobrar cinco minutos á las bombas de aire, mientras que cuando el agua no podia salir mas que por el sifon, se necesitaban 40 minutos para una altura de agua de 1^m,80.

Para resistir á la tendencia que tenia el pilote á elevarse cuando la presion interior sobre su cubierta era mayor que su peso, fué preciso emplear un contrapeso que fuese capaz además de asegurar la marcha descendente del pilote y por consiguiente, poderle aumentar con la profundidad, prescindiendo de las resistencias variables que tuvieran los terrenos atravesados. Para esto se colocaron sobre la parte superior del cilindro, dos pares de vigas de madera unido cada par invariablemente y enlazadas trasversalmente por otras dos vigas, ahuecadas en cada uno de sus extremos. En cada

hueco se dispusieron dos poleas de fundicion por las cuales pasaba una cadena que se unia, por uno de sus extremos á un pilote de fundicion apoyado en el fondo del rio y por el otro á un cilindro, moviéndose en el interior de este pilote y dispuesto para recibir una sobrecarga. Si se cargase el cilindro móvil con un peso menor que el del pilote en donde se movia, ó por quien estaba guiado, se impedía cualquier oscilacion y falta de equilibrio. No se utilizaba mas que una parte del peso del cilindro fijo; la carga sobre cada extremo de la viga era de este modo, dupla del peso del cilindro móvil, que se iba cargando sucesivamente á medida que se verificaba la introduccion.

Se comprende fácilmente que la maniobra de este contrapeso presentó grandes dificultades, porque la sobrecarga que habia que repartir *con igualdad* en los dos platillos, llegó á ser de 40 toneladas; ademas su marcha debia arreglarse de tal modo que no llegase al fondo del rio antes que el pilote sobre el cual se operaba, se introdujera una cantidad igual á la

altura de uno de los cilindros de que se componia.

Los inconvenientes que resultaban fueron los siguientes:

La introduccion de los cilindros no se hizo con regularidad; algunas veces el pilote descendió casi repentinamente y de una sola vez hasta un metro. El temor bien motivado (1) de una desviacion al tiempo de introducirse en el terreno los tubos, que hubiera sido la consecuencia de una carga desigual en los platillos y hubiera hecho difícil el volver los tubos á su posicion vertical, obligó á disponer los andamios de manera que impidiesen este efecto completamente, lo cual no se consiguió sino aumentando mucho el coste.

En fin, el tener que sacar las cámaras de aire y de estraccion cada vez que era preciso añadir un nuevo cilindro, era una operacion difícil y costosa por efecto del enorme peso que habia que mover.

El cuadro siguiente da las indicaciones que hemos podido obtener de la ejecucion:

Designacion.	Número de pilotes.	Núm. de cilindros por pilote.	Dímetro del pilote.	Introduccion del pilote de las alturas aguas.	Introduccion en el suelo.	Tiempo empleado en la introduccion.	Importe de los jornales reales.	Naturaleza de las capas que se atraviesan.	Observaciones.
Pila de Strood.	14	5	2,155	18,91	12,20	140 ^d ,00	60000	Restos de mamposteria y madera.	
Pila de Rochester.	14	3	2,455	15,42	6,71	89 ^d ,60	25000	Id. id. id.	
Estribo de Strood.	50	2	1,85	"	5,49	82,50	18500	Arena, grava y creta.	Introduccion libre sin aire comprimido
Estribo de Rochester.	6	2	1,85	"	5,49	40,00	6290	Piedra, restos de madera y creta.	Introduccion libre sin aire comprimido
	6	3	1,85	12,81	8,25	50,55	10200	Terreno natural.	

(1) La unidad es el día de 10 horas.
 (2) Estos gastos son únicamente los que se han pagado por la mano de obra en la introduccion y en el desmonte, sin tener en cuenta los trabajos accesorios, andamiages etc.

De este cuadro puede deducirse el siguiente, que da la duracion y el precio de la introduccion por metro:

Designacion.	Para toda la fundacion.		Por pilote.		OBSERVACIONES.
	Tiempo.	Coste.	Tiempo.	Coste.	
	Días.	Reales.	Días.	Reales.	
Pila de Strood..	11,50	4954	8,21	552	
Pila de Rochester..	15,55	5726	9,55	266	
Estribo de Strood..	14,99	5555	5,00	111	
Estribo de Rochester.	7,28	1145	12,15	190	Sin aire comprimido.
	5,68	1240	6,15	206	Sin aire comprimido.

(1) En Lyon se ha fundado, por este mismo sistema, un puente sobre el Saona para el camino de hier-

Lo que da los términos medios siguientes:

	Por el aire comprimido.		Sin aire comprimido.	
	Tiempo.	Precio.	Tiempo.	Precio.
Un metro de introduccion.	7 ^h ,95	275	8 ^h ,56	150

Teniendo en cuenta el diametro de los pilotes se ve que empleando el aire comprimido se han necesitado 8^h,21 para los pilotes de 2^m,15 y 6^h,15 para los de 1^m,85, y que con respecto al gasto, los primeros han costado 552 rs. y 206 los segundos.

Ademas, para los pilotes de 1^m,85 introducidos sin aire comprimido el tiempo invertido ha sido de 8^h,56, y el gasto de 150 rs.

Mr. Hughes ha suministrado los datos siguientes:

La introducción ha sido de 2^m,75 por 24 horas, empleando 15 hombres para la manobra de los cilindros, lo que está conforme con el término medio que hemos indicado antes.

En cada andamiage entraban 11^mcs. 525 de madera, y costaba 55,480 rs., lo que da 490 reales para el coste del metro cúbico de andamiage.

Desde 1851 este método se ha aplicado nuevamente en Inglaterra, y su buen resultado es ya un hecho.

En la construcción de otro puente en Rochester, se empleó otro procedimiento para extraer las materias del tubo, cuya modificación tuvo por objeto disminuir los descansos que se necesitaban para renovar el aire comprimido.

Esta modificación consiste en colocar dos tubos verticales que atraviesen la cámara de equilibrio, y ponen en comunicación directa el aire exterior con el interior del cilindro, cada uno da paso á una cadena de cubos ó canchales destinados á extraer las tierras, y provistos en su parte inferior de una placa de goma, obrando como si fuese un émbolo en el tubo. La cámara de equilibrio no tiene enton-

ces mas objeto que dar paso á los trabajadores. Estas dos cadenas reciben de un mismo árbol, la una un movimiento de ascension y la otra de descenso. Los canchales cargados de tierra que llegan á la parte exterior se separan y se vacian, agregándolos despues á la columna descendente; en el fondo del cilindro se hace una operacion inversa.

(Se continuará.)

VIAS DE COMUNICACION.

NOTAS ESTADISTICAS.

(Continuación.)

La ley de carreteras de 7 de mayo de 1851 divide estas comunicaciones en carreteras generales, trasversales, provinciales y locales en los cuatro artículos siguientes:

«Art. 2.º Se comprenden en la primera clase (*carreteras generales*), las que se dirigen desde Madrid á capitales de provincia, á departamentos marítimos y á aduanas de gran movimiento mercantil, habilitadas para el comercio extranjero.

»Los ramales que mande construir el Gobierno, y que partiendo de una carretera general conduzcan á alguno de los puntos designados en el párrafo anterior forman parte de la misma carretera.

«Art. 3.º Se consideran carreteras trasversales las que cortan ó enlazan á dos ó mas carreteras generales pasando por alguna ó algunas capitales de provincia ó centros de mayor población y tráfico; así del interior como del litoral de la Península.

«Art. 4.º Son carreteras provinciales:

»Primero. Las que enlazan una carretera general con una trasversal.

ro de París á Lyon; se quiso evitar el gasto de un andamiage de bastante importancia y se han tenido muchas desviaciones en los tubos.

FUNDACIONES TUBULARES POR MEDIO DEL VACIO Y DEL AIRE COMPRIMIDO.

