

CAPÍTULO V

HINCA DE PILOTES Y TABLESTACAS

Mazos de mano. — Martinete de tirantes. — Martinete de escape. — Martinete de vapor. — Martinete balístico. — Martinete eléctrico. — Martillos trepidantes. — Botadores. — Precauciones para la hincada de los pilotes de hormigón armado. — Presentación de los pilotes. — Influencia del peso de la maza. — Corte de los pilotes. — Arranque de los pilotes. — Hincada de pilotes inclinados. — Instalación de los martinetes. — Cabrestantes y andamios para la hincada de pilotes de rosca. — Aparatos para inyección de agua.

La hincada de pilotes en el terreno se realiza a brazo o mecánicamente, por choques repetidos de una maza en los pilotes de madera u hormigón armado, por giro en los pilotes metálicos de rosca.

Describiremos los aparatos que pueden emplearse y las operaciones necesarias para su hincada.

Mazas de mano. — Cuando la hincada ha de ser pequeña y sólo se trata de clavar estacas, como en ciertas ataguías y otras obras provisionales, se puede llevar a cabo la hincada por medio de unas mazas movidas a mano (fig. 55), formadas por un cilindro de madera, reforzado con varios cinchos de hierro con tres o cuatro mangos. Otros tantos operarios agarran los mangos, levantan la maza y la dejan caer por su propio peso sobre la cabeza del pilote.

El reducido peso de esta clase de mazas,

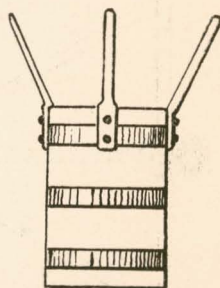


Fig. 55.

que no suele exceder de 60 kg., y su escasa altura de caída, de 50 a 80 cm., reducen su eficacia y obligan a emplear los aparatos que se llaman *martinetes* o *machinas*.

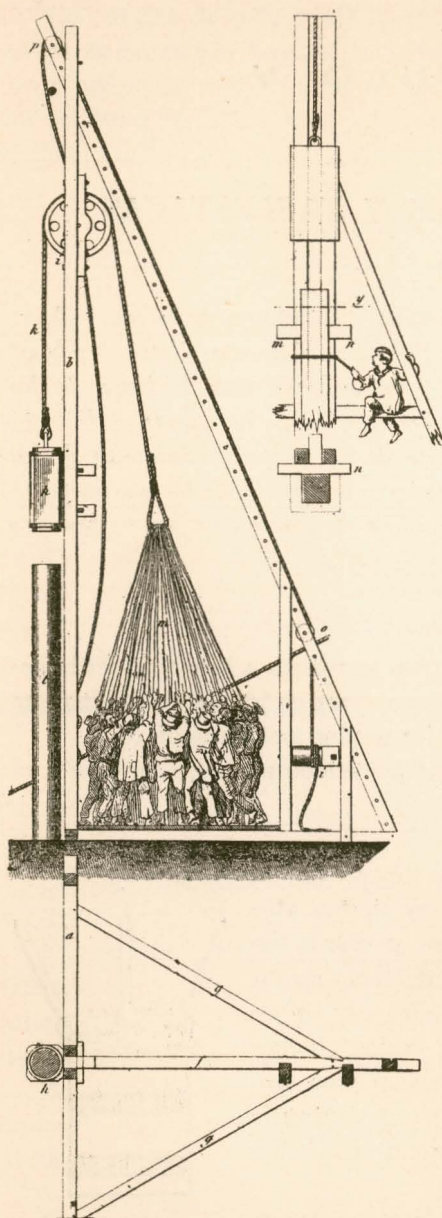


Fig. 56. Martinete de tirantes

Martinete de tirantes (figura 56). — Está formado por una cabria piramidal de madera, sujeta a un entramado horizontal llamado solera.

El entramado triangular de frente lleva dos montantes verticales *b*, llamados *gemelas*, ensamblados a unos 10 ó 12 cm. en la solera, dos jabalcones oblicuos y los travesaños necesarios para que sea indeformable. Este cepto sujeta la polea *i* que sostiene la maza *h*, y el extremo libre de la cuerda *k* se subdivide en varios cabos, a los que se asirán los operarios, que tirando a un tiempo y soltando luego los cabos, dejan caer la maza sobre la cabeza del pilote *t*.

Otro jabalcón *c*, lleva dos poleas más pequeñas que, por medio de una cuerda tirada por un sencillo cableante, permite levantar y presentar los pilotes; unos barrotes de hierro horizontales que atraviesan este jabalcón sirven de escalera.

Puede aun simplificarse

este martinete para hincas y pilotes pequeños, reduciéndolo al entramado vertical de frente, sostenido con vientos, que entonces se llama *cabria*.

La maza es generalmente de fundición, de 300 a 500 kgs. de peso, que necesita de 20 a 30 hombres para su manejo, a razón de unos 15 kg. por operario. La altura de caída de la maza no puede exceder de 1,50 m.

La maza corre a lo largo de los montantes, guiada por unas *orejas* que deslizan entre aquéllos. El pilote se aploma a lo largo de estos montantes por medio de tacos de madera *m n* (fig. 56) y de una argolla de cuerda a la que se da *garrote* retorciéndola por medio de un palo que la mantiene en tensión.

Una vez asegurada la verticalidad del pilote, se golpea su cabeza con el mazo, por tandas de 25 golpes, que se llaman *andanadas*. Pueden darse al día de 100 a 120 andanadas, y se continúa la hinca hasta llegar al rechazo que se considera conseguido cuando la hinca obtenida con una andanada de un mazo de 500 kg., cayendo de 4 m. de altura, queda reducida a 3 mm., lo que permite suponer que se ha alcanzado un terreno incompresible.

A pesar de todas las precauciones, el pilote se desvía, y si no se consigue enderezarlo con cuñas o cadenas que equilibren su des-

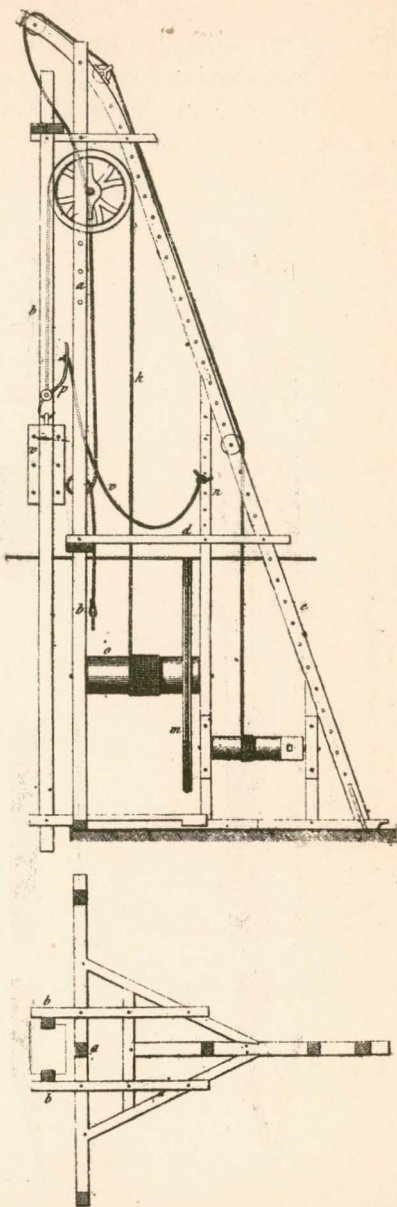


Fig. 57. Martinete de escape.

viación, hay que arrancarlo, lo que es difícil, o abandonarlo serrándolo al nivel del agua o del terreno.

Claro es que si el pilote ha de hincarse en el agua, debe instalarse el martinete sobre una barca o chalana, o mejor aun sobre dos embarcaciones sujetas entre sí, y entre las que se coloca el pilote.

Cuando el pilote ha de hincarse por debajo del agua o de la solera, se prosigue la operación interponiendo entre la maza y la cabeza del pilote un falso pilote o *botador*, que consiste en una pieza

de madera, reforzada con cinchos de hierro.

Martinete de escape.

— Para evitar la limitación de la altura de caída de la maza y poder aumentar el peso de ésta, que son los dos factores que más influyen en la rapidez de la hinca, hay que recurrir al martinete de escape.

El representado por la figura 57 fué el empleado ya en el siglo XVIII por Perronet para los cimientos del gran número de puentes que construyó aquel notable ingeniero. Salvo peque-

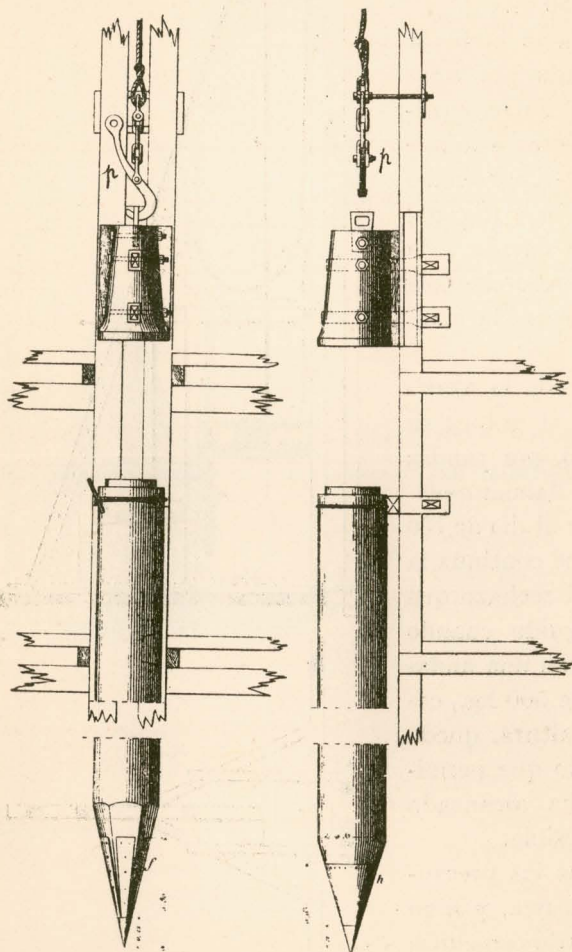


Fig. 58. Escape de gancho.

ños perfeccionamientos, en los cabrestantes sobre todo, es el que se emplea hoy día con frecuencia.

Su característica es el *escape*. El más sencillo es el de gancho ϕ , de la figura 58, que puede girar alrededor del punto de unión con la cuerda del mazo.

Cuando éste llega a la altura que se desea, basta tirar de otra cuerda v , sujeta al extremo del gancho, para que éste gire y suelte la maza.

Otro sistema de escape, representado en la figura 59, consiste en una tenaza, cuyos brazos $t t$ tienen su punto de giro en una placa suspendida por una cuerda que pasa entre dos topes; al subir el escape y tropezar los brazos con aquéllos, se aproximan entre sí, las mandíbulas de las tenazas se abren y la maza cae.

Con este martinete se emplean ya mazas de 700 a 1.000 kg. y alturas de caída de 3 a 5 metros, que son suficientes para un gran número de casos.

Los tornos de madera deben sustituirse por cabrestantes de hierro con engranajes, y en obras de gran importancia, éstos pueden ser movidos con locomóviles de vapor o con motores eléctricos, más fáciles de manejo y de instalación, y así lo emplean muchos constructores.

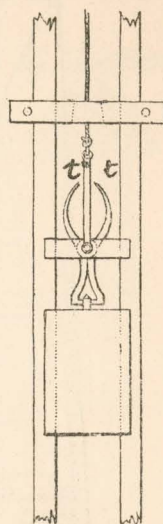


Fig. 59. Escape de tenaza.

Martinete de vapor. — Cuando se trata de hincar gran número de pilotes a profundidades considerables, se recurre casi siempre a martinetes de vapor.

El más conocido en España es el de sistema *Lacour* (1), cuyo modelo más sencillo es el representado por la figura 60, con cabria de madera de 10 m., maza de 1.100 kg. y una caldera de 10 m.².

Pero se construyen cabrias metálicas hasta de 25 m. de altura y mazas de 2.000 a 8.000 kg., aunque las más corrientemente empleadas son las de 3.000 kg.

La característica de este tipo de martinete es su *maza auto-*

(1) Construido por la casa Chantiers navals Delmas-Vieljeux-La Rochelle.

motora (fig. 61). La maza es un cilindro hueco de fundición *A*, dentro del que se mueve un émbolo *B*. La base *C* de la maza está re-

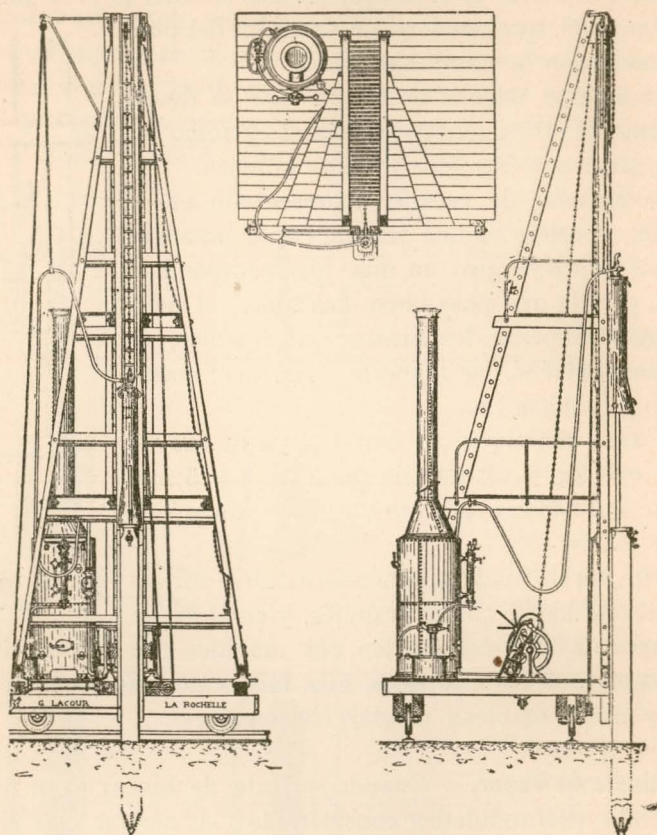


Fig. 60. Martinete Lacour.

forzada para soportar los golpes y perforada en su centro para permitir el paso del vástago del émbolo, cuyo extremo se apoya sobre el pilote.

Un agujero *m* purga las condensaciones; otros dos *n n* permiten entrar y salir el aire dentro del cilindro.

La parte superior del mazo lleva una tapa *D* con una válvula *E* que tiene tres orificios: uno, *p*, comunicando con la caldera de vapor; otro, *q*, con el interior del cilindro; el último, *r*, con la atmós-

abriendo la válvula superior antes de que el émbolo alcance el final de su carrera.

La altura máxima de caída es la de la carrera total del émbolo.

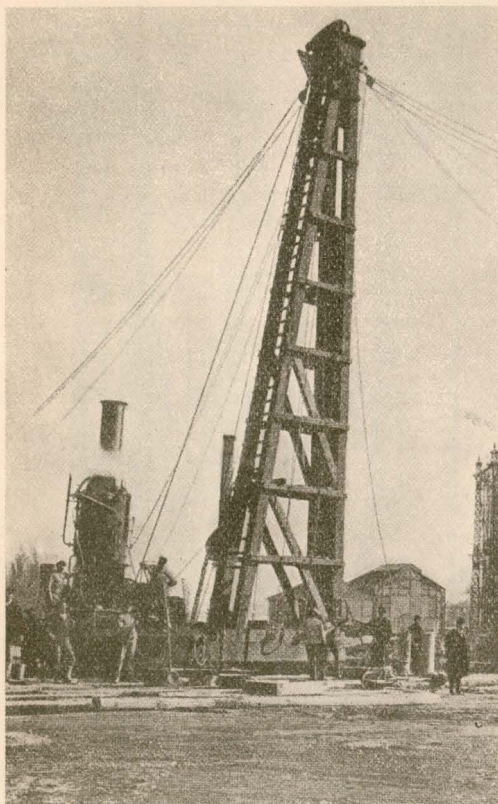


Fig. 62. Martinete para pilotes *Simplex*.

Este aparato utiliza el vapor y exige la frecuente renovación del tubo de caucho que conduce el vapor; pero es robusto, eficaz y de fácil manejo, aunque parezca algo complicado.

Hay otros martinetes de vapor, entre los que citaremos el que se emplea para la hinca de pilotes *Simplex*, representado en la fotografía (figura 62), en la que el vapor, en lugar de levantar directamente la maza, mueve un cabrestante que, por medio de un cable y un escape, levanta dicha maza.

Pero, además, este cabrestante de vapor es el que se utiliza para arrancar, venciendo la adherencia a veces considerable del terreno, el

cilindro de acero que perfora el terreno en la forma que describiremos más adelante.

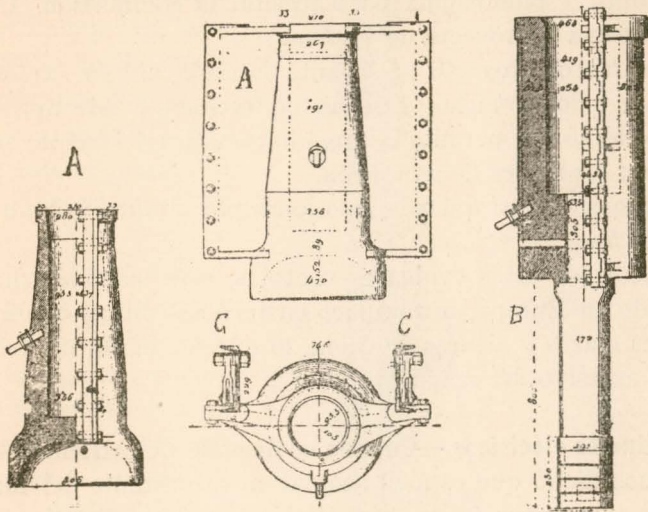
Martinete balístico.—Es un aparato americano movido por pólvora.

Aprovecha muy bien los esfuerzos, pues no sólo la caída de la maza produce la hinca, sino también la misma elevación, lo que no ocurre en los demás martinetes en que la elevación de la maza consume energía perdida.

Aunque no se ha generalizado su empleo, en Europa, al menos, pudiera perfeccionarse algún día, y conviene conocerlo (fig. 63).

Sus partes esenciales son:

El cañón *A A*, de acero fundido y 450 kg. de peso, con ánima de 0,19 de diámetro y 0,72 de altura. Lleva unas orejas que le obli-



63. Martinete balístico.

gan a moverse a lo largo de dos hierros *C C* en U, que son los montantes del martinete, y su cavidad inferior se apoya sobre el pilote.

La maza *B*, de fundición y 1.000 kg. de peso, corre también a lo largo de los montantes *C C*, mediante orejas análogas a las del cañón. Su parte inferior, que pudiéramos llamar émbolo, lleva unos anillos de acero que actúan como resorte y ajustan con el ánima del cañón, para comprimir el aire dentro del cañón, cuya elevación de temperatura determina la explosión del cartucho.

La parte inferior del mazo es hueca, y en ella penetra otro émbolo sujeto en el extremo superior del martinete, y que sirve de freno neumático cuando el mazo es lanzado como proyectil por la explosión de la pólvora.

Elevado el mazo por una cadena que pasa por una polea, se le sujeta con un freno especial movido por palancas de fácil manejo. Colocado el cartucho en el cañón, se suelta el freno cayendo el mazo

dentro del cañón, y la compresión del aire determina una primera hinca del pilote y el retroceso del cañón después, por efecto de la explosión, produce una segunda hinca, ambas sin deteriorar la cabeza del pilote.

La carga del cartucho suele ser 30 gr. de pólvora y está recubierto de parafina y plombagina para acelerar la combustión. Con esta carga se eleva el proyectil de 4 a 5 m.

Mientras el proyectil se levanta lanzado por la explosión, se introduce otro cartucho, y se ha perfeccionado este aparato con un dispositivo que permite la carga automática del cañón, en forma análoga a los fusiles de repetición.

Se consiguen así quince explosiones por minuto, con alturas de caída de 5 m.

A pesar de estas evidentes ventajas, este martinete no se ha empleado en Europa, ni tampoco en terrenos duros, que exigirían mayores mazos y alturas de caída, lo que originaría un recalentamiento excesivo del cañón.

Martinetes eléctricos.—Cuando se dispone de corriente eléctrica, ya hemos dicho que es fácil acoplar al cabrestante del martinete de escape un pequeño motor eléctrico, que aumenta muy sensiblemente el rendimiento de ese aparato, obteniéndose, además, una gran economía de jornales, que amortiza con rapidez la instalación eléctrica.

Para nuestras obras, el malogrado ingeniero de la Sociedad J. Eugenio Ribera y Compañía, D. Ramón Daza, imaginó un martinete eléctrico especial, que patentó, y que después de perfeccionado empleamos ya casi constantemente, por las grandes ventajas que ofrece.

Consiste en una estructura metálica desmontable, en forma de pirámide triangular (fig. 64).

Por delante de dicho castillete lleva las guías de la maza, constituidas por dos hierros en U fijados al resto de la estructura y a 0,60 m. de ella por traviesas y tornapuntas, y en cuyo extremo va montada la polea, por la que pasa el cable que sostiene la maza.

Esta se constituye por tres cilindros de fundición, de una tonelada cada uno, que se pueden separar o juntar, lo que permite la

variación de pesos de la maza, de una a tres toneladas, según las necesidades de la hincadora.

Mientras no trabaja la maza, se apoya sobre unas escuadras que giran en *U*. Debajo de este descansillo de la maza van colocados dos soportes-cojinetes, sobre los que se monta una polea móvil, que con un cable distinto al de la maza, para abreviar las maniobras, permite mover y presentar los pilotes entre las dos guías gemelas.

Sobre las riostras horizontales del castillete se disponen tableros de madera que facilitan el trabajo de los operarios.

La parte posterior del castillete termina en una cola rectangular con una vía sobre la que se mueve la zorrilla del cabrestante eléctrico. Esta disposición dada al montaje del cabrestante permite una cierta elasticidad del conjunto, sin perder su sujeción, y hace que los tiranazos que tiene que sufrir aquél al izar la maza bruscamente queden en parte amortiguados y no sufran los mecanismos.

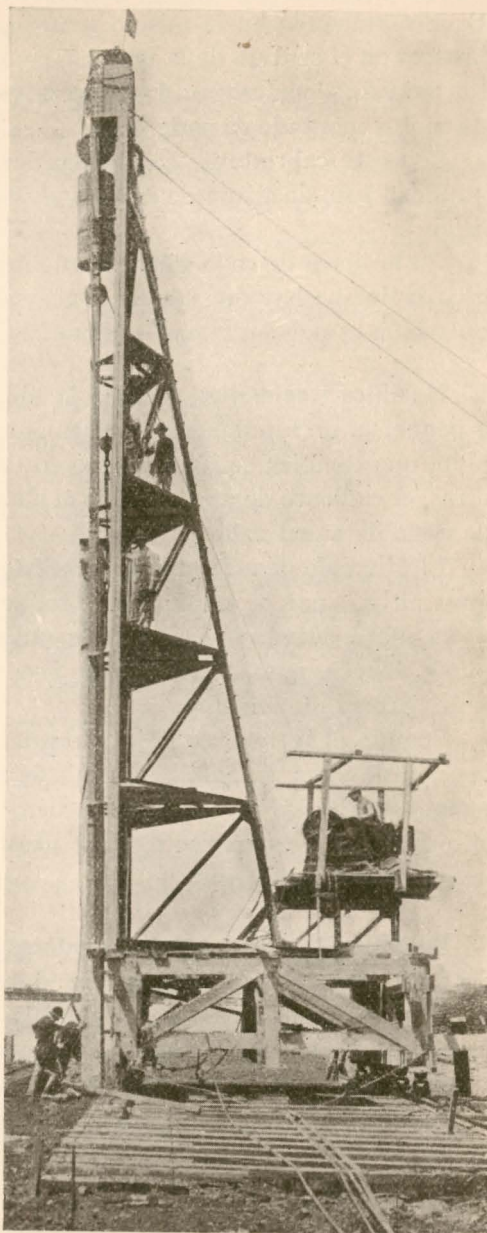


Fig. 64. Martinete eléctrico, sistema Daza.

El cabrestante debe tener su embrague sobre el tambor del cable, pues así, cuando se arría la maza, el motor y todo el mecanismo sigue marchando en el mismo sentido, no produciéndose cambios bruscos en el sentido de la marcha, sino en la potencia, pues el motor pasa de plena carga a trabajar en vacío, trabajo que sufre bien un motor montado en serie.

Con este cabrestante se pueden dar de 10 a 12 golpes por minuto con 1 m. de altura de caída, y de 15 a 16 golpes para 0,50 m. de caída.

En la hinca de cada pilote puede invertirse de 30 a 40 minutos, a cuyo tiempo hay que añadir el necesario para la colocación, cuya operación es más larga casi siempre.

Martillos trepidantes. — Para la hinca de tablestacas metálicas a pequeñas profundidades emplean los americanos un martillo rápido, que también se ha utilizado en varias obras españolas, entre otras, el cimiento de una presa en el Guadalquivir (1), para el canal de riego de aquel valle.

El principio de este martillo consiste en sustituir los choques de gran altura, por la trepidación producida por rapidísimos golpes de la maza, elevándose sólo unos milímetros sobre la cabeza del pilote. Ofrece, pues, la ventaja de no exigir cabrias de gran altura y de costoso movimiento.

Cuando el terreno es flojo y puede auxiliarse la hinca con inyección de agua, o cuando se trata de recintos de tablestacas, dan buenos resultados estos martillos; pero si los pilotes son gruesos y el terreno duro, es preciso recurrir a los fuertes golpes de un martinete de vapor o eléctrico.

Botadores. — Ocurre que los pilotes deben hincarse por debajo del agua o de la solera del martinete, donde la maza no puede actuar.

Se emplea entonces el *botador*, o falso pilote, que es una pieza de madera dura, zunchada con aros de hierro en sus extremos, que se apoya sobre la cabeza del pilote y recibe los golpes de la maza.

Para reducir las vibraciones debidas a la interposición del botador, que reducen el efecto de los choques, deben los botadores ser

(1) Atagüa con tablestacas metálicas, ejecutadas por el constructor D. Manuel Távora.

lo más cortos posible, y hasta conviene tener botadores de varias dimensiones, que se van sustituyendo a medida que aumenta la longitud que necesita el botador.

Precauciones para la hinca de pilotes de hormigón armado. — Si se dieran los golpes de las mazas de 2 y hasta de 4 toneladas directamente sobre las cabezas de los pilotes de hormigón armado, éstos se desagregarían con rapidez, por muy próximas que se pusieran las riostras de sus armaduras y por muy ricos que fueran los hormigones de sus extremos.

Entre los muchos dispositivos que se han imaginado, el que mejor resultado nos está dando es el de reforzar las cabezas con un zuncho de palastro, de unos 30 cm. de altura, apretado con tornillos y entibando el pilote por medio de cuñas de madera en los intersticios que queden. Encima del zuncho se dispone un pedazo de tablón de madera, sobre el que se colocan unos cuantos rodets de cabos viejos, con una altura de 30 a 35 cm.

Influencia del peso de la maza. — Aunque parezca a primera vista que la fuerza del choque depende por igual del peso de la maza y de su altura de caída, está comprobado por la experiencia que es más eficaz aumentar el peso de la maza, reduciendo su altura de caída (1).

Es, además, muy conveniente la reducción de la altura de caída en los pilotes de hormigón armado, para evitar la rotura de sus cabezas.

Así es que los constructores tienden a emplear mazas de 2 a 4 toneladas, con las que obtienen mayores velocidades de hinca.

Presentación de los pilotes. — Cuando son de pequeña dimensión, se colocan verticalmente a brazo en el sitio correspondiente; pero cuando su peso excede de 100 kg. es preciso levantarlos mecánicamente por medio de un cable o cadena que, por una polea situada en el punto más alto de la cabría, es movilizada por el cable de vapor o eléctrico del martinete.

(1) Cuando calculemos los pilotajes, veremos, al examinar las fórmulas de la hinca, que también teóricamente se comprueba este hecho.

La operación se efectúa como la carga y descarga en los barcos, con sus winches de vapor; pero en los pilotes de hormigón armado hay que adoptar la precaución de suspenderlos por el tercio superior (fig. 65) con una cadena cuyos extremos terminan en una argolla.

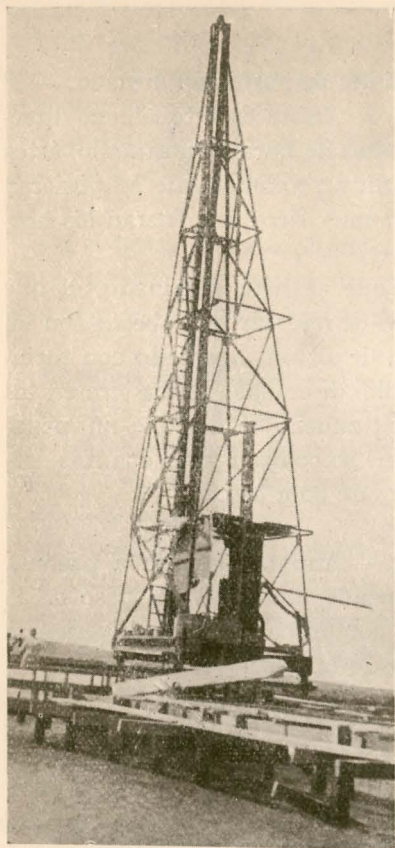


Fig. 65. Suspensión de un pilote.

Todas estas operaciones deben ser efectuadas por operarios experimentados en maniobras de gran peso, pues de no ser así, resultan caras, cuando no peligrosas.

Como es necesario mantener el pilote lo más perfectamente vertical posible durante la hinca, hay que atarlos a las gemelas del martinete, y si, a pesar de ello, se desvía la dirección, debe oprimirse el pilote por el lado opuesto, para corregir la desviación en cuanto sea posible. Si no se consiguiera y aumentara la torsión del pilote, es preciso abandonarlo, cortándolo, si no pudiera arrancarse, pues la prosecución de la hinca pudiera acarrear un

accidente, al romperse el pilote por un choque violento y oblicuo.

Corte de los pilotes. — Con objeto de evitar las alternativas de humedad y sequedad, que, como hemos dicho, pudren rápidamente los pilotes de madera, conviene aserrar sus cabezas por debajo de las aguas más bajas.

Cuando se puede esperar un estiaje muy pronunciado o una bajamar equinoccial, puede aserrarse a mano, a unos 30 cm. del nivel de agua.

En caso contrario, deben ser buzos los que sierren los pilotes.

También pueden aislarse las cabezas de los pilotes por medio de unos pequeños embudos-atagüías de tela impermeable o palastro soldado, que rodea las cabezas. Se impermeabiliza el fondo del embudo por medio de unos saquitos de lona llenos de tepes, que se comprimen contra el pilote. Se agota la pequeña cantidad del agua que contiene el embudo y se corta en seco el pilote.

Cuando se coronaban los cimientos de pilotaje con emparrillados de madera, era preciso aserrar todos los pilotes a igual altura, para que el emparrillado apoyara simultáneamente sobre todos los pilotes. Se empleaban sierras especiales, movidas desde fuera del agua, unas veces con hojas de sierra, oscilantes alrededor de un eje horizontal; otras, de sierras circulares de eje vertical, como, por ejemplo, la representada en la figura 66.

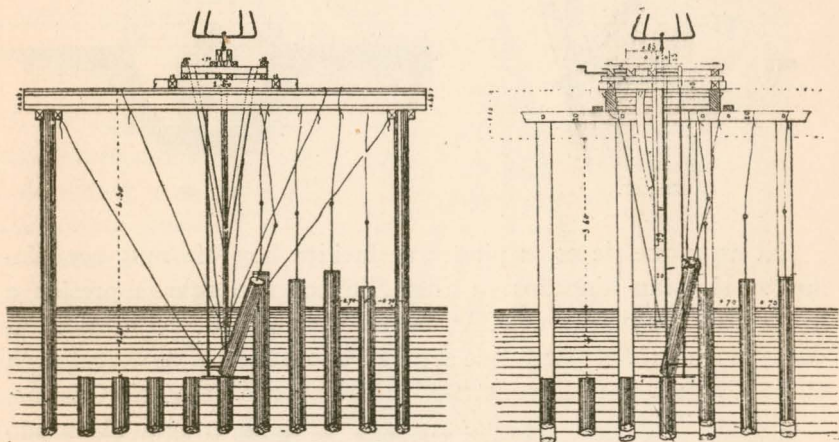


Fig. 66. Sierra para pilotes.

Pero hoy se emplean casi exclusivamente pilotes de hormigón armado, y si han de envolverse sus cabezas en hormigón sumergido, como es frecuente, se rompen sus cabezas para que los extremos de sus armaduras queden empotrados en la solera de hormigón con que se rodea y envuelve todo el pilotaje.

Arranque de pilotes. — Cuando, por haberse roto el pilote en su punta o parte central, o por una desviación imposible de corregir, sea preciso arrancar el pilote, se empleaban varios procedimientos costosos y difíciles.

La primera operación consiste en sujetar fuertemente la cabeza del pilote. A ese efecto, se empleaban uno de los tres tipos de ganchos de las figuras 67 y 68.

Para el arranque se empleaban, o un gato de husillo, como en la figura 68, o una palanca, como en la figura 69.

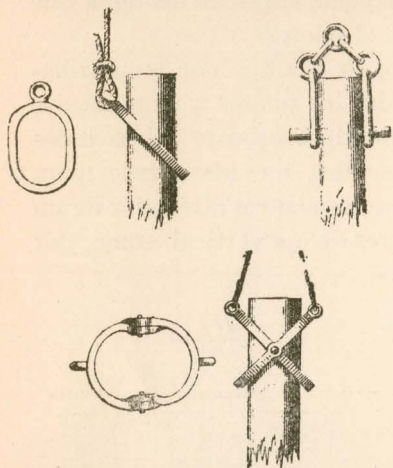


Fig. 67.

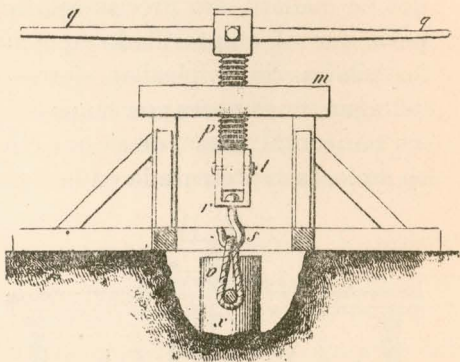


Fig. 68.

El arranque de estos pilotes se facilita hoy día muy sencillamente, si están hincados en arena, inyectando agua a presión a lo largo de sus paramentos. Así hemos desmontado con gran facilidad y economía el puente de servicio que hubimos de ejecutar en el río Urumea para la construcción del puente de María Cristina.

Si los pilotes que hay que arrancar están en un sitio alcanzado

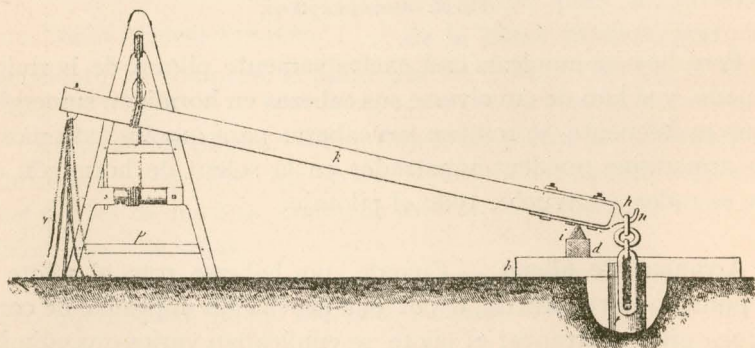


Fig. 69.

por mareas, puede facilitarse el arranque utilizando la variación del nivel de agua. Se amarra en bajamar la cabeza del pilote a una traviesa apoyada sobre cuerpos flotantes; éstos tirarán fuertemente del pilote cuando suba la marea.

Pero cuando no puedan arrancarse los pilotes, es preferible recurrir a la dinamita, con la que se destruye la parte de pilote que estorbe.

Hinca de pilotes inclinados.—En puentes de fábrica de gran rebajamiento y en los muelles de puertos, cimentados sobre pilotaje, las presiones que se transmiten a los pilotes resultan bastante oblicuas.

En América y Alemania se ha subsanado este inconveniente hincando los pilotes con una inclinación aproximada a aquellas presiones.

Los martinetes son entonces más complicados y de menor rendimiento, pues las mazas, en lugar de caer verticalmente, tienen que deslizarse sobre unas guías con la inclinación del pilote.

En los muelles del puerto de Brema (Alemania), en donde había que hincar tres filas de pilotes hincados

a 60° , se ha empleado un martinete con tres mazas que permitía a hinca simultánea de los tres pilotes de una misma hilera.

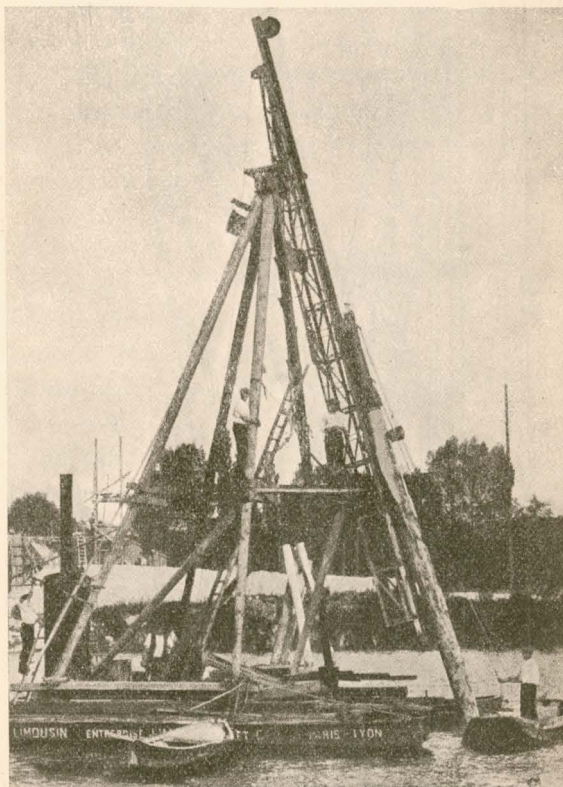


Fig. 70. Maza Lacour inclinada.

Con mazos de 1.500 kg. y alturas de caída máximas de 1,85 m. se han hincado 15 pilotes en 10 horas.

Para los andamios de un puente en que era preciso hincar pilotes inclinados, se hacía deslizar la maza automática Lacour sobre una viga metálica oblicuamente sujeta (fig. 70).

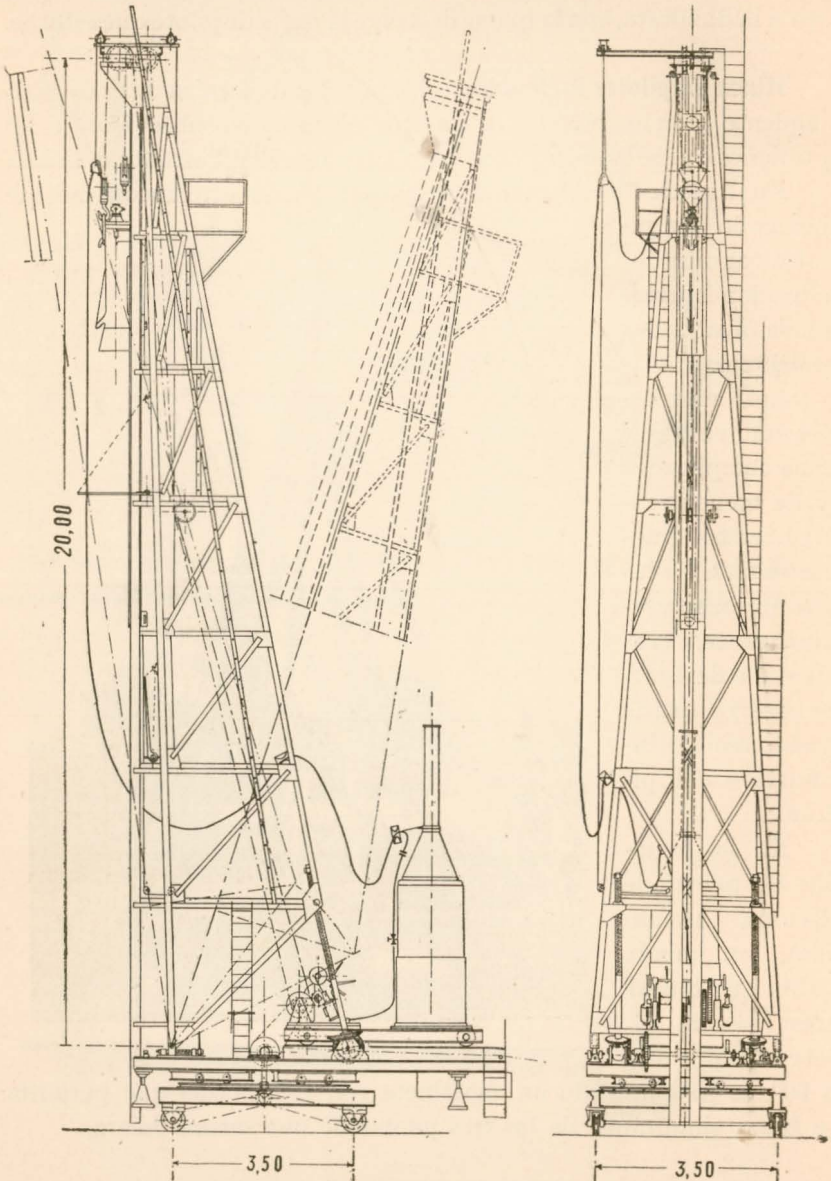


Fig. 71. Martinete Lacour de inclinación variable.

Pero también pueden disponerse las cabrias de los martinetes en forma tal que puedan adoptar la inclinación que se desea.

La figura 71 representa el modelo tipo Lacour de 20 m. de altura, cuya cabria puede inclinarse a voluntad mediante un mecanismo de tornillo que le permite alcanzar hasta la oblicuidad que se indica de puntos en la figura.

Sin embargo, todos estos dispositivos complican y encarecen la hinca, y no debe apelarse a ellos sino para obras que exijan un gran número de pilotes, o en que sea forzoso que éstos queden oblicuamente situados.

Instalación de los martinetes. — Si los pilotes han de hincarse en tierra, pueden los martinetes apoyarse sobre unos fuertes travesaños que faciliten su movimiento, y mejor aun sobre un carretón robusto de cuatro ruedas que circule a su vez sobre otro fuerte tablero móvil en sentido normal a la vía del carretón, con lo que la traslación del martinete en las dos direcciones normales, sobre todo si es de gran peso, resultará mucho más rápida y económica.

Cuando haya que hincar pilotes en el agua, puede establecerse un andamio, como el de la figura 72, sobre pilotes provisionales, que deberá estudiarse con vistas a que sirva de puente o, por lo menos, de andamio de servicio para la construcción del cimiento, primero, y del puente, después. En este andamio convendrá casi siempre añadir el doble carretón de que antes hablamos.

Pero si el río permite la navegación, será preferible establecer la machina sobre dos

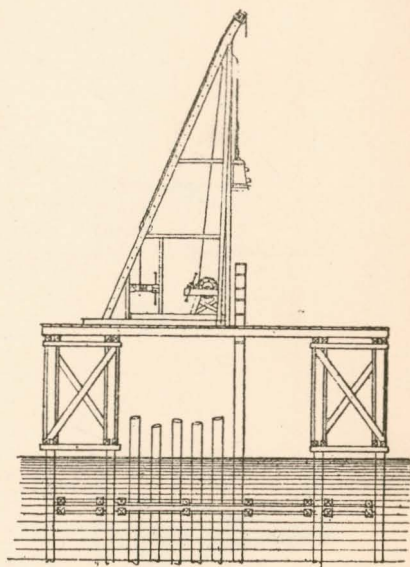


Fig. 72. Andamio para la hinca.

barcazas o chalanas gemelas, como en la figura 73, que con anclas y cabos se fijan en cada posición de los pilotes.

Las instalaciones de estos andamios, carretones o barcazas, así como la elección del martinete, deberán ser tan o más completa y

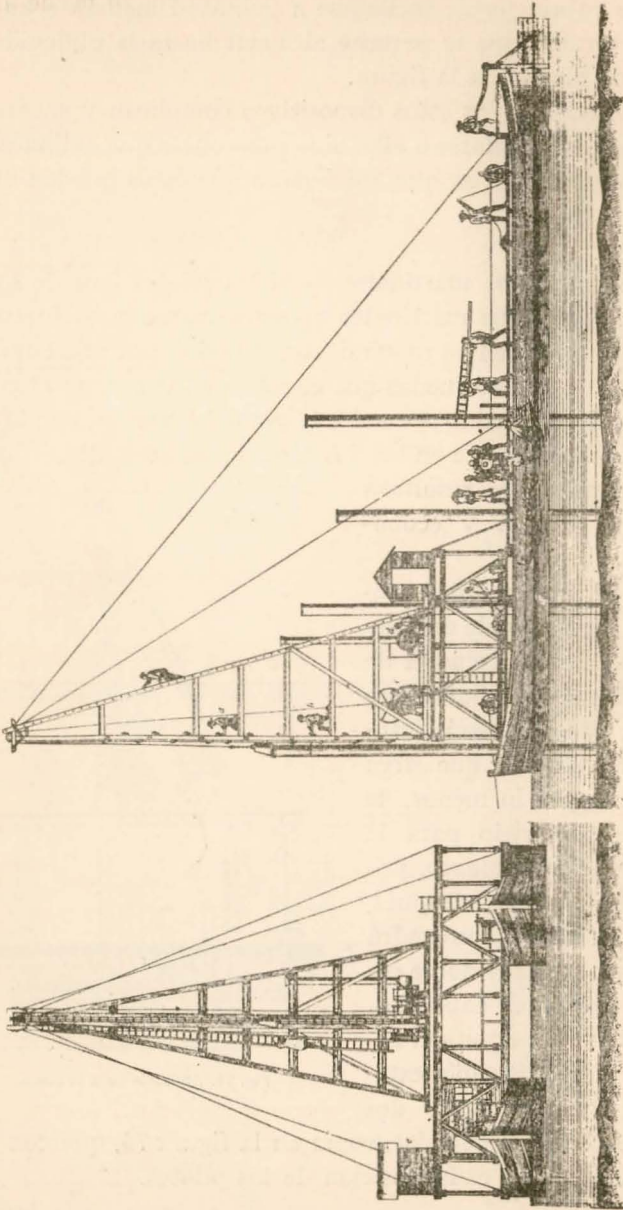


Fig. 73. Martinete sobre barcazas.

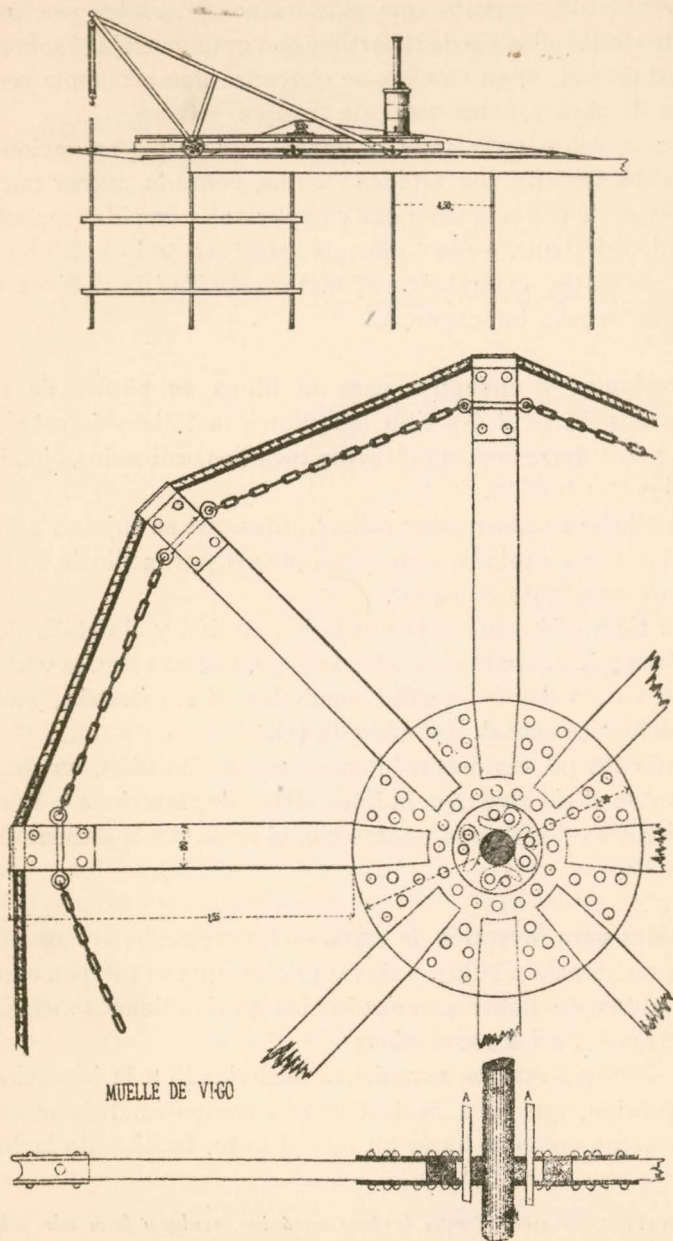


Fig. 74. Cabrestante para la hinca de pilotes de rosca.

mejor estudiadas cuanto que el número de pilotes sea mayor, pues entre todas ellas puede repartirse con gran ventaja el sobregasto de la instalación, y, en cambio, se obtendrá una economía sensible de mano de obra y, sobre todo, de tiempo.

Téngase, sobre todo, muy en cuenta, que estas operaciones de hincas deben llevarse con rapidez en ríos, como la mayor parte de los nuestros, de régimen irregular y expuestos a crecidas repentinas, que pueden destruir, o por lo menos arrastrar, todo lo hecho y los medios auxiliares acumulados. El factor *velocidad de la hincas* suele, pues, tener mucha importancia.

Cabrestantes y andamios para la hincas de pilotes de rosca.

Como hemos dicho al describir los pilotes metálicos de esta clase, se hincan en el terreno como si fueran tornillos ordinarios, ejerciendo sobre ellos una torsión.

Para ello se emplean unos cabrestantes que se sujetan a los pilotes con escapes o bridas, y en cuyos brazos, por medio de un cable, actúa un cabrestante de vapor.

En la figura 74 representamos la instalación y el detalle del cabrestante empleado para el muelle de Vigo, que con ligeras variantes se aplicó en los demás muelles españoles de La Coruña, Huelva, Portugalete y puente de Ribadesella (1).

Cuando los pilotes deben hincarse con inclinación, como en el puente sobre el río Muga, en la línea férrea de Barcelona a Francia, se embridan en dos de sus puntos con el andamio representado en la figura 75.

Aparatos para inyección de agua. — Los terrenos arenosos ofrecen gran resistencia a la hincas de los pilotes, que se rompen con frecuencia antes de haber alcanzado las profundidades necesarias para sustraerlos a las socavaciones.

Pero se obvia este inconveniente recurriendo a la inyección de agua a presión, que no sólo destruye la compacidad de la arena, sino que actúa como lo haría un lubricante, facilitando la hincas.

(1) En el libro del autor *Puentes de hierro económicos, muelles y faros sobre palizadas y pilotes metálicos* (capítulo XIV), se enumeran y detallan un gran número de tipos de cabrestantes de esta clase.

Cuando los pilotes son tubos metálicos, se cierran por su parte superior, y con una bomba de gran presión se inyecta en su interior

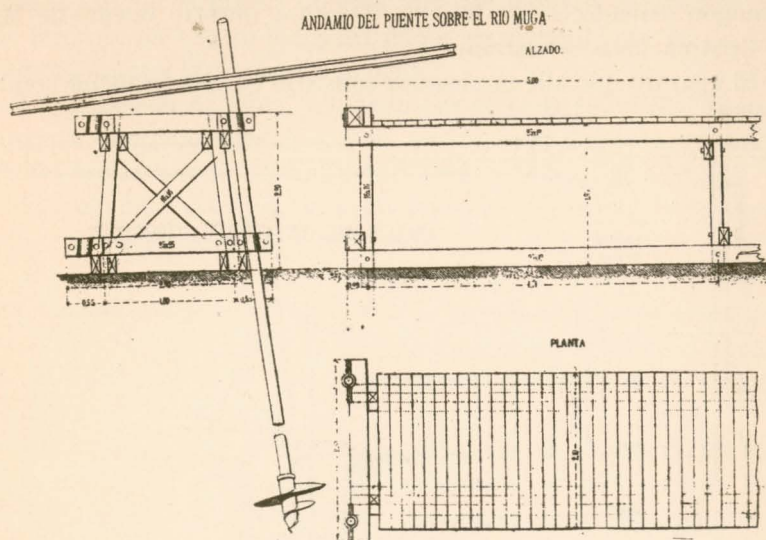


Fig. 75.

el agua, que al verse obligada a salir por la base del pilote produce el efecto de eado.

Ya dijimos que en 1855 el ingeniero Brunless consiguió de esta manera hincar en el terreno tubos de fundición apoyados en zapatas del mismo material (capítulo IV, fig. 36).

En el puerto de Huelva, nuestro compañero Albelda consiguió también extraer pedazos de un pilote de rosca que se había roto mediante el aparato dragador con agua comprimida, representado por la figura 76, cuyo simple examen basta para hacerse cargo de su funcionamiento.

Personalmente, en 1896, pudimos apreciar los efectos de la inyección de agua, para la hinca, en un lecho de arena, de los pilotes de rosca del puente de Ribadesella (capítulo IV, fig. 42).

En el extremo cónico de las roscas se abrieron varios orificios debajo de las hélices, por las que salía el agua a presión inyectada dentro de los tubos del pilote. Sin el empleo de este artificio no hubieran podido penetrar los pilotes en aquellas zonas del lecho del río, en que dominaba la arena pura.

Posteriormente, en 1905, tuve que recurrir a la inyección de agua para ayudar a la hinca en arena compacta de los pilotes de hormigón armado, sobre los que descansa nuestro puente de María Cristina (San Sebastián).

El aparato que allí empleamos consistió en una pequeña bomba

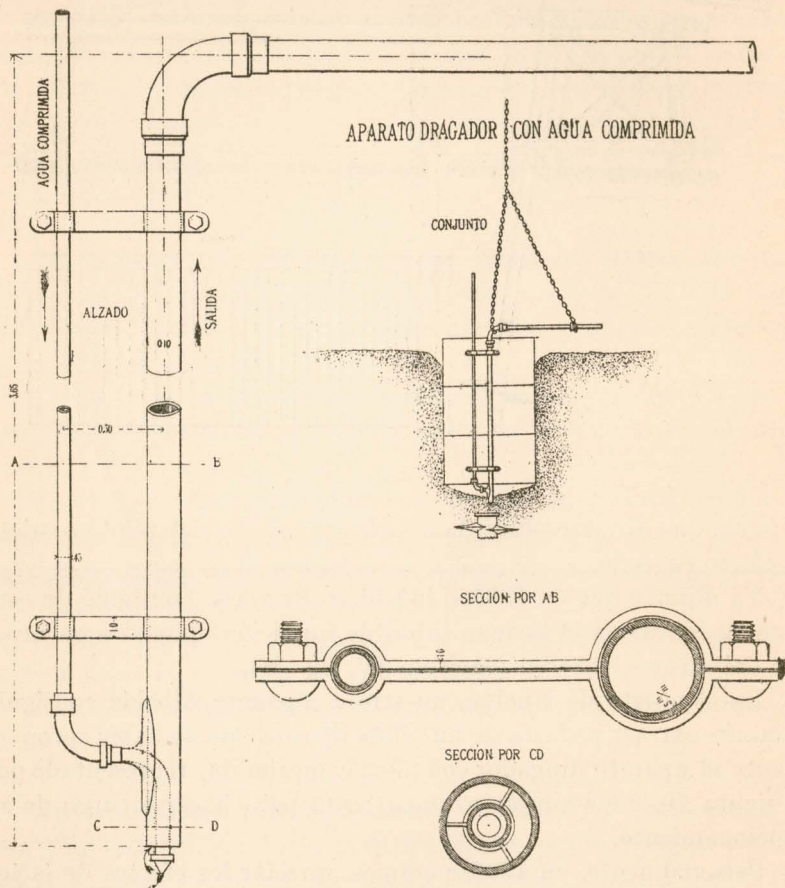


Fig. 76. Aparato dragador con agua comprimida.

centrífuga Farcot, de 50 m. de presión, acoplada por correa a un motor eléctrico, establecida en una barcaza, que aspiraba el agua del mar y la inyectaba a cuatro mangas, por medio de un cuádruple injerto de hierro, acoplado en el primer tubo de impulsión.

Estas mangas, de goma reforzada con alambre, de 4 cm. de diá-

metro, terminaban en unas lanzas verticales de tubo de acero, manejadas por otros tantos obreros, que las movían constantemente a lo largo de los cuatro lados del pilote, procurando que su extremo se aproximara a la punta del azuche.

La inyección de agua, ayudada por el peso del pilote, bastaba para que éste penetrara unos 3 m. en la arena. Después era preciso ayudar la hincia con un martinete Lacour y maza de 2.000 kg.

Conseguimos así hincar hasta unos 15 pilotes en cada marea baja, a profundidades de 6 m.

En el puente sobre el río Negro, carretera de Ceuta a Tetuán (Marruecos), empleamos un motor de gasolina de 15 caballos, acoplado directamente a la bomba centrífuga, e inyectamos el agua en un tubo de acero de 30 mm., previamente moldeado en el centro de los pilotes de hormigón armado.

El extremo inferior del tubo lanzaba el agua en uno de los lados de la punta del pilote. Aunque conseguimos la hincia en un lecho de arena muy fina, algo fangosa, no pareció darnos tan buen resultado como las cuatro lanzas laterales del puente de San Sebastián, sin duda porque la arcilla que contenía la arena atascaba fácilmente el extremo inferior del tubo cuando se golpeaba el pilote con el martinete.

En América se han simultaneado los dos métodos de inyección (1). El pilote lleva un doble tubo concéntrico: de 0,10 m. el exterior, de 0,05 el interior. Este último termina en forma de lanza, en el extremo del pilote. El tubo exterior está cerrado inferiormente, pero lleva en el extremo de sus paredes una serie de orificios, comunicados con pequeños trozos de tubo que desembocan en la superficie del pilote. Por estos tubitos, ligeramente encorvados hacia arriba, sale el agua a presión, que al correrse a lo largo de las paredes reduce el rozamiento del pilote contra el terreno; y como, por otra parte, la inyección del agua por el extremo del tubo interior socava el terreno en la punta del pilote, éste penetra por su propio peso en la mayor parte de los terrenos.

Con potentes inyecciones de agua se ha conseguido empotrar en la arena tubos de hormigón de 8,50 m. de altura y de 2,50 m. de

(1) *Engineer* (14 noviembre 1919); *Le Constructeur de ciment armé* (julio 1921). Pág. 126, tomado del *Cientific American*.

diámetro, que sirvieron de columnas para el muelle de Imuiden (Holanda) (1).

Para unos cajones de hormigón de 8×8 m., en un muelle del antepuerto de Calais, se inyectaba el agua comprimida por medio de 12 lanzas que desmoronaban la arena, y ésta se extraía mezclada con agua por medio de bombas chupadoras.

En resumen: en terrenos arenosos, la inyección de agua es, no sólo útil, sino casi indispensable para la hincas de pilotes o de tubos, y se amortiza rápidamente el material que para ello se emplea, por las economías que se obtienen en la mano de obra de la hincas, cada vez más costosa, por la gran elevación de los jornales (2).

(1) TEDESCO Y FORESTIER: *Manuel du constructeur en beton armé*, pág. 495.

(2) Pueden verse datos interesantes de la hincas por inyección de agua en los *Annales de Ponts et Chaussées*, año 1878, primer semestre, «Note sur un nouveau système de fonçage de pieux», par M. Stocklin. Año 1879, segundo semestre, «Battage des pieux dans les terrains sablonneux; par M. Widmer.