

LOS PILOTES "IN SITU"

SISTEMAS DE EJECUCION, SUS VENTAJAS Y SUS INCOGNITAS

Por FRANCISCO ZAPATA TEJEDOR,
Ingeniero de Caminos.

Se hace en el presente artículo una descripción metódica y completa de los distintos sistemas de ejecución de pilotes in situ, que encabeza el autor muy oportunamente con un atinadísimo comentario de TERZAGHI y que concluya con otro propio e igualmente acertado, a nuestro juicio.

"... los diversos tipos de pilotes especiales tendrán mayor o menor empleo, según la habilidad comercial de quien los explota, ya que la propaganda de los diferentes tipos se basa en argumentos cuya validez no puede ser demostrada ni refutada." — TERZAGHI.

A) Consideraciones previas.

Nuestra actuación profesional, al derivarnos hacia el campo de las cimentaciones, nos ha obligado a estudiar y documentarnos sobre sus problemas, y en particular, dentro de las "cimentaciones indirectas", sobre ese elemento resistente denominado pilote *in situ*, de cuyos procedimientos de ejecución tanto se habla y de cuyo comportamiento resistente tanto se desconoce. Por eso hemos encabezado este artículo con frases del eminente Karl Terzaghi, para que avale, con su prestigio y experiencia, lo que con nuestro mejor deseo no pudiéramos lograr.

La ejecución de un pilote *in situ* se basa en aplicar el clásico "sistema indio" en modelo reducido de gran esbeltez. Se aprovechan las ventajas de la reducción de dimensiones, en la mecanización de los aparatos y dispositivos de perforación y hormigonado. Se tienen los inconvenientes de las reducidas dimensiones, a efectos de control, por ser inaccesible la perforación y a efectos de calidad del hormigón, porque cualquier fractura o despegue provoca un estrangulamiento, acusado en la sección transversal, con descentramiento de cargas y concentración de líneas de tensiones.

Su construcción requiere dos fases: la perforación y el hormigonado. Cada una de estas operaciones tiene diversas formas de ejecución; la combinación de ambos da una numerosa cantidad de procedimientos. Esto ha hecho que el pilote *in situ* sea considerado como un elemento de especialización dentro de la técnica de las "cimentaciones indirectas" y que la utilización de los diferentes tipos esté limitada por las patentes o concesiones de protección comercial. Por eso el técnico que desea cultivar esta especialidad sólo tiene dos caminos: el de la imitación o dependencia, haciendo lo que sabe que puede, o el original e inde-

pendiente de buscar un perfeccionamiento hacia lo que se debe hacer. Este segundo camino es áspero y sometido a vicisitudes, pero es el que hemos preferido seguir. También lo hicieron, con destacados éxitos, Derqui, Montagut y García Fuentes — si omitimos a algún Ingeniero español es que no tenemos documentación de su procedimiento —, aportando a esta especialidad sus sistemas y ayudando a liberar algo esta técnica del marco de la importación.

Dentro del campo de la construcción, la utilización del pilote *in situ* va en aumento y decrece el empleo del pilote de hinca. Las razones son las siguientes:

1.^a El primero requiere medios auxiliares menos pesados, un gasto de instalación inferior, haciendo posible económicamente la ejecución de trabajos de pequeña cuantía y acelerando el plazo de terminación en trabajos de gran envergadura, al poder trabajar simultáneamente varios equipos.

2.^a Es posible perforar terrenos constituidos por bolos, cimentaciones antiguas o cuerpos extraños, los cuales limitan el empleo de los pilotes de hinca.

3.^a Por poderse utilizar tubos cortos de revestimiento, exigen poca altura de trabajo y, por tanto, el pilote *in situ* puede emplearse en recalces o cimentaciones, en aquellas obras con gálibo limitado en vertical.

4.^a Porque en los tipos donde la perforación se hace con extracción de productos, aquella actúa como un sondeo, teniendo un conocimiento del terreno bien indirecto, por la aplicación de la geotecnia, o directo, utilizando dispositivos para pruebas de cargas.

5.^a Porque se estima que su rozamiento en el fuste es mayor que en los pilotes de hinca, que es la característica principal de los pilotes flotantes.

Indicadas las ventajas del pilote *in situ*, debemos destacar la principal del pilote de hinca, y es la mejor calidad del hormigón. Estando prefabricado en taller, es posible utilizar todos los medios de la técnica para mejorar la calidad. Después de hincado, surge la incógnita por la posibilidad de fracturas o rotura, debido a las tensiones producidas por los golpes, sobre todo cuando éstos son muy rápidos y es posible la resonancia entre la onda de propagación de la hinca y la de

vibración propia del pilote. Para hacer la "auscultación de estos pilotes", Martinet utiliza un líquido a presión en un taladro que recorre axialmente el pilote; si aquélla se pierde o reduce es señal de una deficiencia. No hay sistema que la evite y, por tanto, el pilote de hincas tiene esa incógnita, como veremos que la tienen también los moldeados *in situ*.

Los pilotes *in situ*, de acuerdo con las características de su ejecución, podemos dividirlos en tres grupos:

- Pilotes moldeados por perforación.
- Pilotes moldeados por hincas.
- Pilotes blindados.

Cada tipo de cada uno de los grupos tiene posibilidades de variantes secundarias, en formación de bulbos, ensanches o cosidos por inyección, etc., según se quiera acentuar, limitar o anular cualquiera de las dos formas de trabajar el pilote: por la punta, tipo columna, o por fricción lateral, tipo flotante. Nosotros nos ceñiremos solamente a detallar el tipo principal de cada uno de los procedimientos.

B) Procedimientos de ejecución.

Vamos a detallar una serie de procedimientos de los innumerables que existen en el extranjero, entre los cuales hemos dado preferencia a los europeos. Nos limitamos exclusivamente a esquematizar, con mayor o menor extensión, cada procedimiento, sin comentario alguno, dejándolo al buen criterio del lector de esta Revista:

I. Pilotes moldeados por perforación.

Dentro de este grupo incluimos aquellos pilotes que se ejecutan por perforación, utilizando la técnica de la percusión, con extracción de productos, en los que el revestimiento o entubado sigue al avance de la perforación y el cual es recuperado cuando ha sido terminado el hormigonado.

1) Tipo Strauss: Puede considerársele como el iniciador de los pilotes *in situ*. Se perfora por los medios usuales en sondeos y se hormigona en fases por medio de un tubo especial. Apisona el hormigón con pisón pesado, levantándose el tubo por fases, para no sobrepasar la última capa de hormigón.

2) Tipo François: Análogo al anterior, perfeccionado el apisonado, con un pisón especial.

3) Tipo Derqui: Es español y se viene aplicando desde hace años. Es un perfeccionamiento del tipo Strauss, con inmersión del hormigón por enclaustramiento y recuperación de la tubería por fases. (*Pilotes especiales*, de F. Derqui, 3.^a edición.)

4) Tipo Brechtel: Una vez ejecutada la perforación, con objeto de eliminar el agua, se coloca en el borde inferior del revestimiento un cierre estanco con un anillo de goma. Haciendo un cierre en la parte superior de la tubería, se inyecta aire a presión, con lo cual se hace el desagüe del taladro. El hormigonado se

hace en seco y vertiendo desde arriba. La recuperación del revestimiento se hace con inyección de aire, con lo cual se comprime el hormigón. En la fig. 1.^a se detalla el esquema de su ejecución. Se le puede incluir dentro de la familia de los pilotes de "hormigón comprimido".

5) Tipo Wolfsholz: El tubo se cierra en su parte superior, una vez introducida la armadura y manga para aire comprimido, con lo cual se expulsa el agua que contiene. A continuación se inyecta hormigón a alta presión en el interior del tubo. Combinado con el aire comprimido, se conseguirá que el tubo se levante por sí mismo. Pertenecen a la familia de los pilotes de "hormigón comprimido". Esta firma tiene otro tipo especial: introduciendo dentro de la perforación un pilote prefabricado, sacando el agua por aire comprimido e inyectando lechada de cemento para recuperar el tubo y ligar el elemento prefabricado con el terreno.

6) Tipo Grün y Bilfinger: Colocada la tubería, se monta una campana en la boca, que lleva una abertura superior para la entrada de hormigón y una compuerta en la parte inferior. Cerrada ésta, se inyecta aire comprimido para expulsar el agua. Abierta la compuerta inferior de la campana, cae el hormigón dentro del tubo en seco. Una vez hormigonada la entubación, se reemplaza la campana por un cierre superior roscado y se aplica agua a presión para comprimir el hormigón y simultáneamente elevar la tubería para su recuperación. En la fig. 2.^a se detalla el proceso de ejecución.

7) Tipo Peter: El sistema es semejante al anterior, con la diferencia de que la compresión del hormigón y la recuperación de la tubería se hace con aire comprimido.

8) Tipo Capblanch: Es español y se ejecuta en nuestra patria. Como los dos anteriores procedimientos, aplica el aire comprimido para dejar en seco la perforación. Se diferencia de aquéllos en que no comprime el hormigón; lo apisona con un pesado pisón alojado en la parte central de la campana.

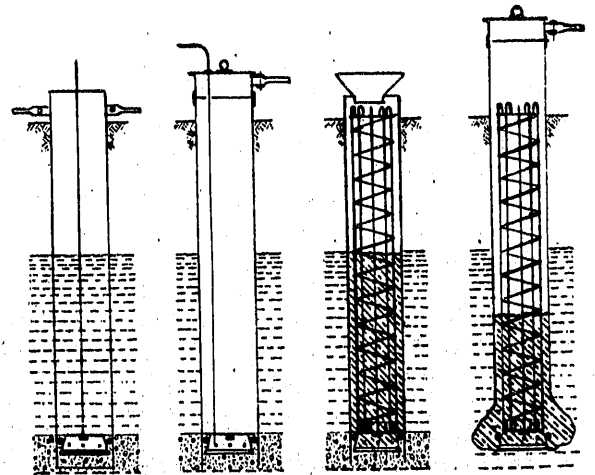


Figura 1.^a

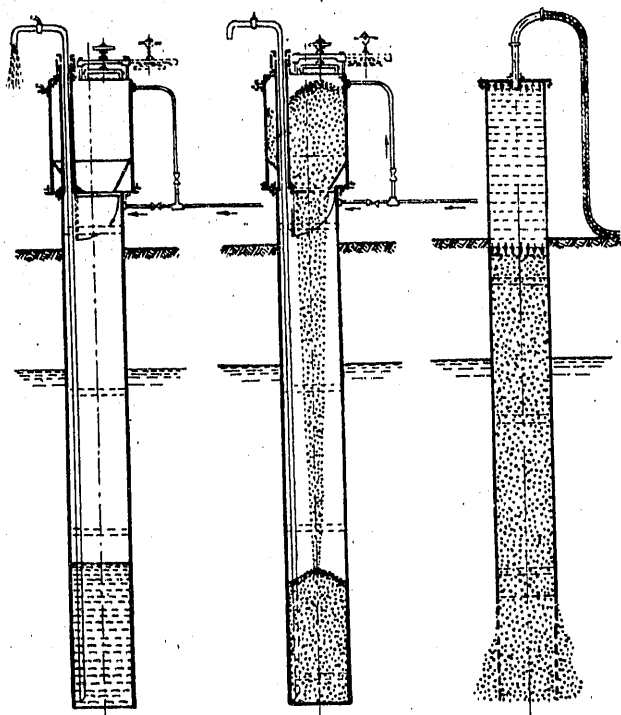


Figura 2.ª

9) Tipo Michaelis-Mast: Es semejante al Brechtel, con la diferencia de que el disco de hormigón se introduce suspendiéndolo de las armaduras, y el ajuste con el entubado se hace con arcilla en vez del anillo de goma. Se le puede incluir dentro de la familia de los pilotes de "hormigón comprimido", haciéndose la compresión del hormigón con aire comprimido, actuando sobre aquél por intermedio de un disco de porcelana.

10) Tipo Spies: Limitado su empleo a terrenos en que el estrato donde se aloja la punta es coherente del tipo arcilla. La perforación se ensancha en las proximidades de la punta, rotativamente con un dispositivo articulado. Se rellena de hormigón hasta el borde de la entubación y se introduce un pilote prefabricado, excéntrico, respecto a la tubería que se embute en el huelgo, entre el elemento prefabricado y la tubería, se aloja un tubo de poco diámetro, por el cual se inyecta arcilla o mortero fino, a continuación de lo cual se hace la recuperación de la tubería. El proceso, en esquema, está indicado en la figura 3.ª.

11) Tipo Rodio: Se ejecutan en España y han tenido gran empleo en nuestro país. El tipo corriente es un perfeccionamiento del Strauss, colocando el hormigón con tolvas inmersoras y recuperando la tubería por fases. También practica la compresión del hormigón y recuperación del molde por inyección de agua a presión, con un dispositivo semejante al detallado en el tipo Grün y Bilfinger, estando entonces incluido dentro de la familia de pilotes de "hormigón comprimido".

12) Tipo G. B. G.: Es procedimiento español. La perforación se ejecuta por sistema análogo a los anteriores detallados. El pilote se construye por la sucesión de elementos prefabricados dispuestos con células para el alojamiento de las armaduras. Si esos elementos son tubulares, entonces corresponden al grupo de los "pilotes blindados".

13) Tipo F. Z. T.: Es español y comenzado a emplear en nuestro país por el que suscribe. Es un perfeccionamiento del tipo Michaelis-Mast, en cuanto a que el hormigón de la columna descendente se coloca por vibración, por cuyo motivo no se precisa siempre utilizar tubería para la aducción de aire o desagüe. Se diferencia fundamentalmente de aquél en que la compresión del hormigón se hace por procedimiento mecánico, sin inyección de flúidos. Esta compresión, que en longitudes grandes de columna de hormigón ofrece grandes dificultades por el gran rozamiento de aquél con el entubado, se ha salvado con la adopción de un tipo original de revestimiento, en donde ha colaborado, tanto en ideas como ensayos y pruebas, el Ingeniero Industrial Sr. Jimeno Valentín. Asimismo, en taladros de fondo no plano, al objeto de evitar la rotura de la bandeja y adaptarse la punta del pilote al fondo, se emplea, en vez de la bandeja rígida de hormigón prefabricado, una bandeja elástica constituida por hormigón fresco de consistencia seca, en forma de pistón y con una malla metálica que actúa como un gavión. En la figura 4.ª se representa el esquema de ejecución de este tipo. Este sistema encaja dentro del tipo de "hormigón vibrado y comprimido", y la forma de hormigonado tiene analogía con la laminación.

14) Por inyección: Este moderno procedimiento está basado en realizar el hormigonado de la entuba-

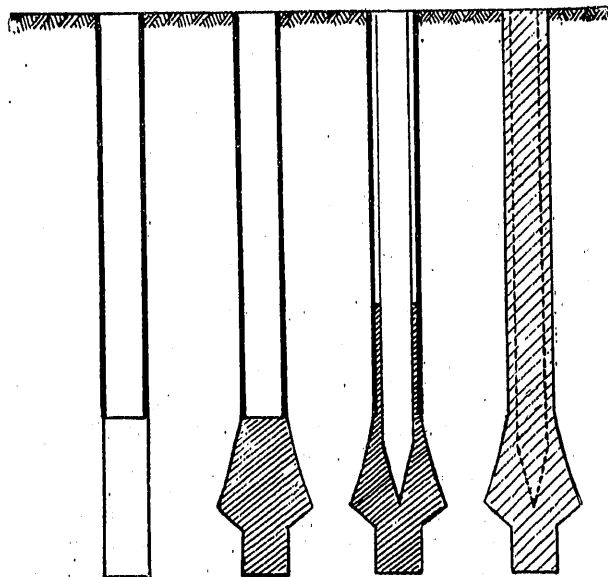


Figura 3.ª

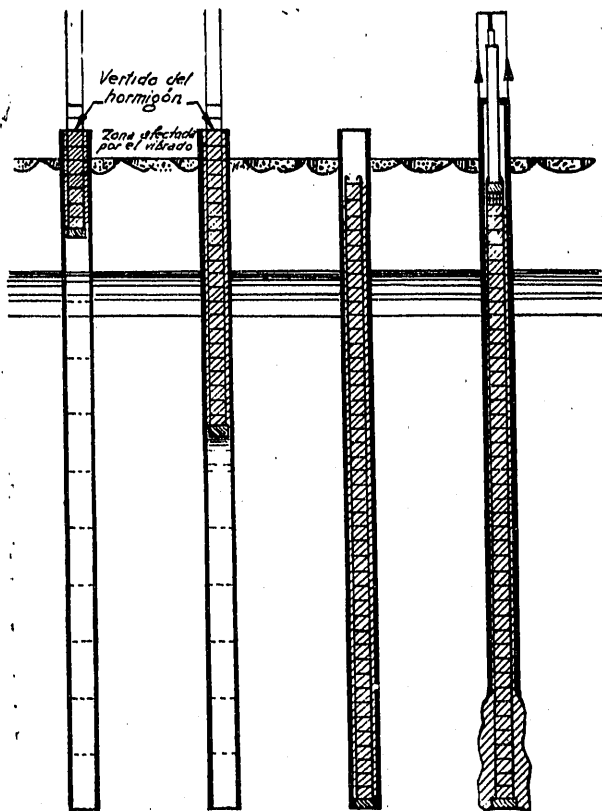


Figura 4.ª

ción por medio del empleo de monteros coloidales. La forma de ejecución y características del proceso las hemos detallado en el artículo "Aplicación de las inyecciones y de las perforaciones tubulares en la ejecución de cimentaciones directas" (REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, abril de 1951).

II. Pilotes moldeados por hinca.

Incluimos dentro de este grupo aquellos pilotes en que la perforación se hace por hinca, sin extracción de productos, y en que el entubado es recuperado al terminar el hormigonado.

15) Tipo Simplex: Un tubo de acero con un azuche desarmable y estanco en su parte inferior, se hinca hasta llegar a la profundidad conveniente. Se hormigona por medio de unos cilindros de fondo móvil, y gradualmente se va levantando el entubamiento, quedando el azuche perdido.

16) Tipo Wilhelmi: Es semejante el proceso al Simplex, con la variante de hacer un ensanchamiento en la punta por medio de una carga explosiva colocada debajo de la columna de hormigón líquido.

17) Tipo Franki: Su principal característica es que la hinca se realiza por medio de un tapón de hormigón que, por su rozamiento con la tubería, produce el avance de ésta. Cuando se ha alcanzado la profundidad conveniente, se procede al hormigonado por

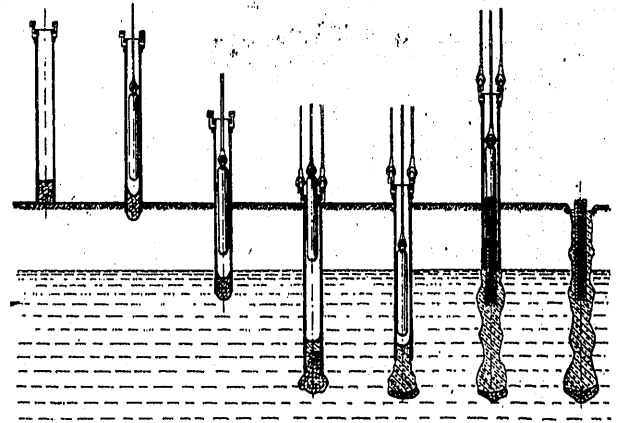


Figura 5.ª

fases, apisonado con pilón, hasta expulsar el tapón primitivo y levantamiento gradual de la tubería. En la figura 5.ª se detalla esquemáticamente el proceso de ejecución.

18) Tipo Teixeira: Es una variante del Franki, sustituyendo el tapón de hormigón seco por arena con un azuche metálico que comprime a ésta contra las paredes del tubo.

19) Tipo Mac Arthur: La perforación se ejecuta por medio de un fuerte pistón de 9 Tn. que entra dentro de la tubería. Se hormigona por fases y se hace descansar sobre el hormigón el pistón cuando se eleva la tubería. Estos pilotes no pueden ser armados y su campo de aplicación es limitado. En la figura 6.ª se detalla el proceso de construcción.

20) Tipo Vibro: Es análogo al Simplex, diferenciándose en que, una vez relleno el tubo de hormigón, se levanta aquél, vibrándolo con pequeña frecuencia de sacudidas.

21) Tipo Express: El tubo exterior es fuerte, terminando en su parte inferior en un azuche de hormi-

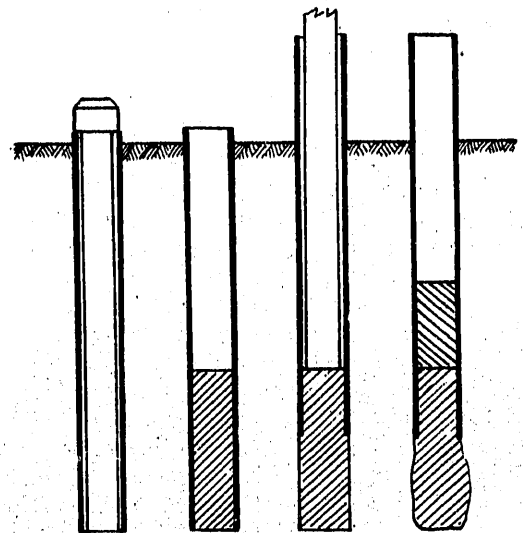


Figura 6.ª

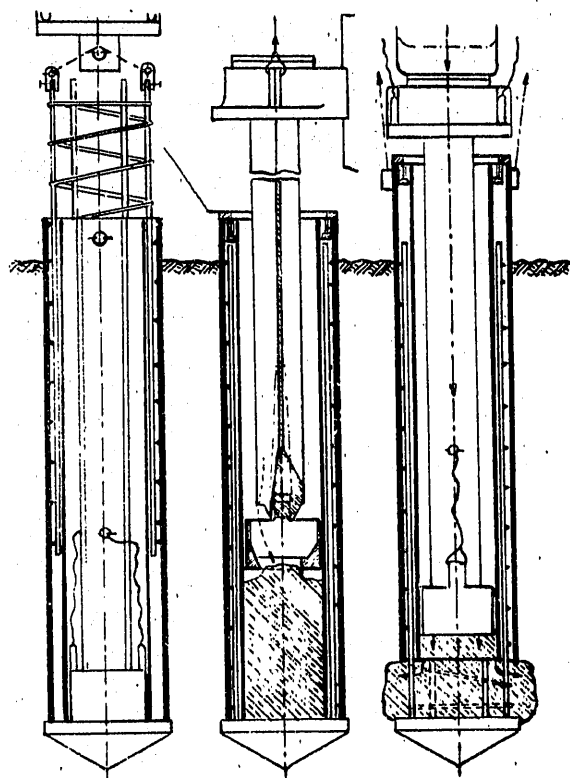


Figura 7.ª

gón armado y un tubo interior de poco espesor. Ambos se hincan en el terreno por intermedio de un perfil en doble T, sobre el que se golpea. Se coloca la armadura entre los tubos y se hormigona por el tubo interior mediante una válvula. Se hace apisonado con un pisón y se protegen las armaduras de torceduras durante el apisonado por el tubo interior. En la figura 7.ª se detalla el proceso de ejecución.

22) Tipo Ridley: La perforación es análoga al Simplex; se diferencia en el hormigonado, ya que se introduce un pilote prefabricado, habiendo previamente echado algo de hormigón fluido que rellena el hueco entre el elemento prefabricado y la entubación.

III. Pilotes blindados.

Dentro de este grupo incluimos aquellos que, moldeados por perforación o hincas, no tienen recuperación del molde, quedando éste como un blindaje protector a la acción de aguas o materiales agresivos o para defender el hormigón del fuste de fuertes corrientes subálveas que pudieran erosionarlo y deslazarlo antes de fraguar.

23) Tipo Mast: Es análogo al Simplex, con la diferencia de que el tubo termina en cono, formado de la misma chapa de aquél, con punta de acero, adaptado al cual va un cono de madera suelto que se recupera antes de hormigonar.

24) Tipo Lorenz: Alcanzada la profundidad debida, debajo del borde inferior del tubo se hace una excavación con trépano especial. El vertido del hormigón en el bulbo y fuste se realiza por el procedimiento de tubo fijo, para hormigón sumergido, haciéndose el llenado de "abajo a arriba", con expulsión del agua por la boca del taladro. El tubo no se retira, actuando como un zunchado del fuste. En la figura 8.ª se detalla el proceso.

25) Tipo Raymond: El revestimiento es de chapa metálica ondulada; se perfora por hincas por medio de un cono metálico que se retira al alcanzar la profundidad, hormigonándose con el revestimiento perdido.

26) Tipo Rotinoff: Se emplean como revestimiento tubos de hormigón armado, que se enlazan con cubrejunta metálica recibida con material bituminoso. Estos se hincan por medio de un azuche de hormigón adaptado al tubo inferior, dándose los golpes a una barra metálica, que transmite parte de ellos al tubo superior de hormigón por medio de un amortiguador. Terminada la perforación, se procede al hormigonado con revestimiento perdido.

Muy análogos a los anteriores existen los tipos Jansen, Perless, Wayss Freytag y François.

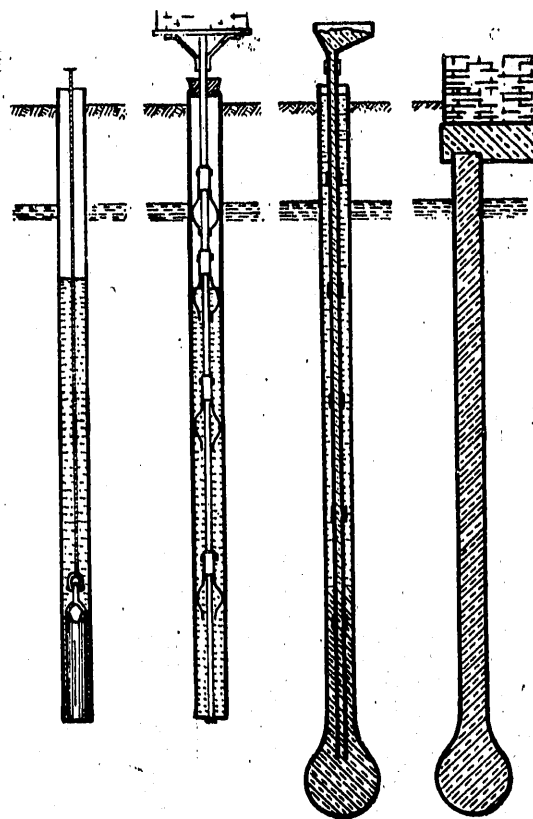


Figura 8.ª

C) Sus incógnitas.

Todos los procedimientos señalados tienden, de una forma o de otra, a evitar el deslavamiento del hormigón e impedir fracturas o estrangulamientos en el fuste, lo cual tiene gran importancia, con un elemento inaccesible y de reducidas dimensiones. El origen de estos accidentes están esquematizados en la figura 9.^a

En A) se detalla una causa de deslavamiento, desintegración, etc., del hormigón por entrada del agua freática con productos arrastrados, al producirse un levantamiento del tubo que sobrepase la tortada de hormigón. Esto tiene probabilidades de producirse cuando se opera con pequeñas alturas de hormigón.

En B) se refiere una causa de estrangulamiento por rozamiento de la columna de hormigón con el molde; se despega parte de ella, que actúa como un émbolo, con efecto de succión y entrada de agua con productos. Esto tiene probabilidades de producirse cuando la altura del hormigón es grande dentro del molde, o cuando es pequeña y se hace con fuerte apisonado.

En C) se esquematiza otra posibilidad de deficiencia, por producirse garrotos en el fuste, cuando el terreno es heterogéneo y de poca consistencia. Esto puede ocurrir cuando se practica un apisonado fuerte o una compresión en poca altura de hormigón.

En la figura 10 se indica otro posible accidente cuando se ejecuta un pilote inmediato a otro recientemente hormigonado; se produce por las vibraciones y tensiones de hinca un curvado o estrechamiento en el fuste de éste. Esta causa sólo ocurre en los pilotes moldeados por hinca.

Es evidente que todas esas causas son evitadas con la utilización de los pilotes blindados, pero el aspecto económico hace prohibitivo su empleo, como no sea en algún caso excepcional.

Analizando las causas de deficiencias en un pilote terminado, se saca la consecuencia paradójica de que una relación agua-cemento óptima y una compactación ideal aumentan el rozamiento con la tubería y, por tanto, los peligros indicados. Esto nos lo demuestra la forma de realizar los pilotes Franki; un pequeño

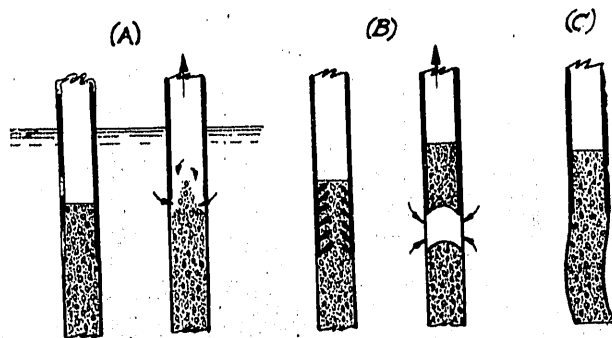


Figura 9.^a

tapón seco, de hormigón, a golpes de pisón, es capaz de arrastrar la tubería por su rozamiento; si éste no se produjera, el sistema no existiría.

El deslavamiento y desintegración por la causa A) es evitado con un sistema de control que asegure siempre una altura de hormigón fijada por un tope mínimo.

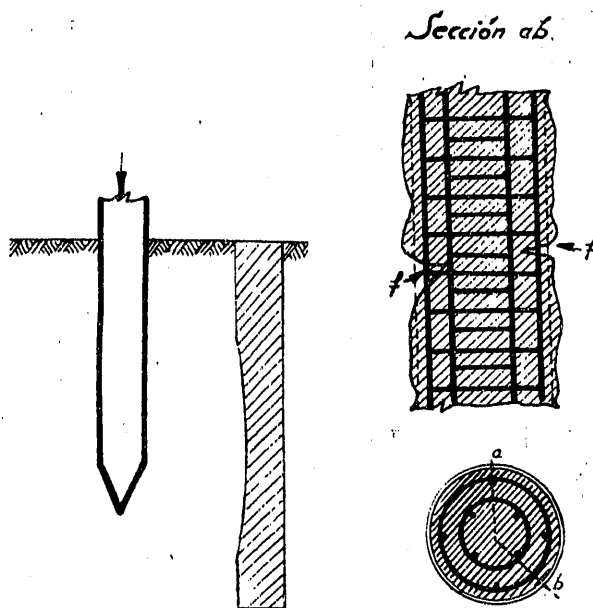


Figura 10.

Figura 11.

El vertido de hormigón por la boca, desde altura superior a 3 m., es causa de deslavamiento si existe agua, y de desintegración del hormigón; esto último aumenta cuando hay armaduras. En la falta de homogeneidad del hormigón resultante también influye el "efecto pared" de los tubos, al producir concentración de árido grueso en el centro de la sección.

El estrangulamiento por la causa B) puede disminuir su posibilidad con las armaduras. En efecto: éstas traban el hormigón en las proximidades del paramento de la tubería y reducen las posibilidades de despegue por adherencia del hormigón con aquélla. Por tanto, aunque no precise amarse el hormigón a efectos de resistencia, siempre conviene colocar armaduras para reducir posibilidades de fracturas.

Juzgamos que las armaduras deben distribuirse pensando tanto en esa función durante la ejecución como en su comportamiento elástico en una pieza de hormigón armado sujeta a variaciones de sección y no concebirlas solamente para un trabajo puro de compresión. En consecuencia proponemos, por creerlo conveniente, el distribuir la armadura en dos sistemas concéntricos con barras longitudinales y cercos, en la forma que se indica en la figura 11. Con ello, las posibilidades de despegue se reducen grandemente y, si existieran fracturas, no atravesarían el cilindro limitado por las armaduras internas. Esas fracturas, f,

no perjudican la estabilidad del pilote. En efecto: la sección reducida está preparada para trabajar como una rótula de hormigón armado y admite un aumento de carga unitaria por el acufamiento de las líneas de tensión, y los cercos juegan el papel de un emparrillado para la repartición de las tensiones al pasar éstas a la sección normal.

Ya vimos anteriormente que el apisonado violento tiene el peligro de producir tapones de hormigón muy acufados al molde. Esa clase de apisonado, si el espesor de la tortada es grande, influye poco a efectos de compactación, y si es pequeña, cuando tiene más eficacia, entonces hay el peligro de que el hormigón pueda salir fuera del molde. En bancos de arenas gruesas muy permeables, el apisonado enérgico ofrece el peligro de que se escape agua de amasado con arrastre de cemento. Todas estas causas han hecho variar el criterio primitivo sobre el apisonado, y hay tendencia a aumentar la frecuencia y reducir la intensidad de golpes; esto, llevado al límite, nos conduce a la vibración como procedimiento más conveniente para rellenar y compactar hormigón.

Al indicar las deficiencias de ejecución que pueden presentarse en un pilote y analizar los sistemas de ejecución detallados, pueden parecer como los más perfectos aquellos de fuste heterogéneo constituidos por un elemento prefabricado, ya que la estrangulación queda evitada. Pero al quedar ligados al terreno por medio de una vaina de mortero, como un enfoscado o cascarilla, es dudoso el comportamiento de ella al actuar la compresión elástica en la pieza central con distinta deformación que en aquélla.

Hemos indicado las incógnitas que ofrece la ejecución y la forma de reducirlas o de que no tengan efecto desde el aspecto de la estabilidad. Como indicamos al comienzo de estas notas, son consecuencia de la reducción de dimensiones transversales; por tanto, conviene ir a diámetros de fuste lo mayores posible, dentro de la limitación que impone los medios de perforación y extracción.

Otra incógnita de estos tipos de pilotes, fuera de las inherentes a su ejecución, proceden del desconocimiento del coeficiente de seguridad resultante, tanto en el pilote aislado como en un pilotaje. En general, la capacidad resistente de un pilote está distribuida en dos formas: por la punta — resistencia a la penetración — y por el fuste — rozamiento lateral —. Cuando es preponderante la primera forma de trabajar, se obtiene el "pilote columnar", y si las características de los estratos inferiores perforados es análoga a los superiores, predomina la resistencia por el fuste, obteniéndose el "pilote flotante".

La estimación de la resistencia por la punta es la que ofrece más seguridades. Puede calcularse directamente por ensayos de penetración con cargas estáticas

o indirectamente, aplicando las fórmulas que da la carga crítica de hundimiento o fluxión plástica, siendo recomendables las de Terzaghi, Caquot y Fröhlich (*Mecánica del Suelo*, de Jiménez Salas, y *Meccanica dei Terreni e S-tabilità delle Fondazioni*, Cestelli Guidi). Estas seguridades en la resistencia por la punta y el poder aumentar su capacidad en los pilotes *in situ*, adoptando grandes diámetros o con ensanchamientos en la base, es una de las grandes ventajas de estos tipos de pilotes sobre los de hinca.

Por el contrario, la resistencia por el fuste es de difícil estimación. Las fórmulas usuales con la actuación del empuje activo no ofrecen seguridades, ya que están basadas en hipótesis teóricas no adaptables a un elemento de dimensión transversal reducida. El único camino lógico es el tomar coeficientes empíricos de pruebas o dados por investigadores y aplicarlos según las características del suelo; en terrenos coherentes, tipo arcilla, conjugando la adherencia y el esfuerzo cortante del terreno; en terrenos sin cohesión, tipo arena, aplicando la fricción (*Mecánica del Suelo*, de Jiménez Salas, cap. XIV).

Es corriente concebir, en dibujos y propagandas, el fuste de un pilote *in situ*, constituido por ensanchamientos y rugosidades dispuestas simétricamente en relación al eje del pilote. Por ser muy intuitivo, resulta peligroso considerar este exceso de "fricción o rozamiento lateral". En primer lugar, porque esa simetría sólo es posible en terrenos homogéneos de tipo granular; en los terrenos corrientes, con diferentes estratos y cada uno de ellos con composición granulométrica heterogénea, esos ensanchamientos no se pueden estimar y su existencia puede perturbar por la disimetría la forma de trabajo del pilote. Concretamente, esos ensanchamientos o bulbos del fuste son perjudiciales en aquellos pilotes implantados en terrenos no consolidados, por actuar entonces la "fricción negativa", por diferencias entre el asiento de esas capas de terreno y la deformación elástica del pilote, produciendo una sobrecarga sobre el pilote en vez de colaborar con él.

A pesar de las incógnitas que tiene, el pilote *in situ* se ha aplicado con gran éxito desde hace años, y su campo de aplicación ha rebasado el de las "cementaciones indirectas". Los avances de la construcción con los nuevos tratamientos para el hormigón: vibrado y vacío o la utilización de los hormigones coloidales, son medios para el perfeccionamiento de este elemento. El desarrollo de la Geotecnia y los Laboratorios de Mecánica del suelo al servicio de la investigación, despejará a esta técnica de las incógnitas que aun le quedan. Entonces... el pilote *in situ* no será una "unidad de obra" propicia a la "especulación técnica", sino un elemento resistente con comportamiento dirigido por el que lo concibe.