

ALGUNOS EMPLEOS DE TABLESTACADOS METALICOS EN ATAGUIAS Y SISTEMAS COMBINADOS DE CIMENTACION Y CORTES DE TERRAPLENES DEL FERROCARRIL (*)

Por JESUS L. PRESA SANTOS

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director Técnico de KRONSA-AGROMAN

ADOLFO ERASO ROMERO

Lic. Ciencias Químicas
Asesor de Dirección de KRONSA-AGROMAN

En el presente artículo, queremos describir los distintos tipos de obras más significativas que hemos realizado en España últimamente con el empleo de tablestacas metálicas.

Entre otras, damos referencia y características de ataguías para grandes presas de distintos tipos con una pantalla de tablestacas, pantalla y pilotes o dos pantallas; indicando también los procesos complementarios de colmatación por medio de inyecciones.

También indicamos obras en las que los tablestacados se han combinado con pilotes principalmente para la ejecución de pilas de puentes en lugares situados dentro del cauce de los ríos o en puntos donde posteriormente deberá realizarse un hormigonado a cotas inferiores al nivel de las aguas.

Por último, damos otro de los trabajos en el que actualmente las tablestacas metálicas están teniendo un gran empleo; es el de protección de las excavaciones junto a los terraplenes del ferrocarril, lo cual suele resultar muy frecuente en las nuevas autopistas cuyos viaductos suelen interferir inexorablemente con las vías, debiendo realizarse las obras sin producir el menor trastorno a la circulación de trenes.

Con todo ello pretendemos resaltar más, si cabe, la importancia de este tipo rápido y eficaz de construcción, sobre todo, cuando caminamos hacia un futuro en el que los plazos y el costo de la mano de obra son cada vez más determinantes.

Ataguados para grandes presas.

No cabe duda de que los problemas que se plantean en los ataguados para grandes presas, sobre todo aquellas que poseen aprovechamiento hidroeléctrico, han de ser resueltos por el procedimiento más rápido y seguro, dadas las características especiales de rentabilidad de estas inversiones.

Parece, por tanto, que el empleo de tablestacas metálicas como núcleo impermeable de los ataguados formados por medio de terraplenes, sistema este el más frecuentemente utilizado en este tipo de obra, es una de las soluciones más idóneas.

El sistema empleado para la ejecución de estas ataguías consiste, pues, en establecer un relleno complementario sobre el lecho de acarreo que suele existir cubriendo el cauce del río, formando con él una presa de tierra en la que no es necesario tener en cuenta, especialmente ni el grado de compactación ni características es-

peciales de material, salvo que únicamente deberá ser algo arcilloso para conseguir una mejor colmatación y no deberá poseer piedras grandes que dificulten la hinca de las tablestacas.

Una vez realizado este relleno, con el cual se procede a la desviación del río, bien reduciendo su cauce o bien conduciéndolo a través de obras complementarias, tales como túneles o canales de desvío, se procede a la hinca de la pantalla de tablestacas que, como ya hemos indicado, servirá como núcleo impermeable.

Este tipo de núcleo impermeable tiene la ventaja sobre los ejecutados por ejemplo por medio de pilotes tangentes o secantes de que sus elementos están perfectamente enlazados y que difícilmente pueden separarse o desgajarse, lo cual puede ocurrir con los pilotes, que pueden dejar "ventanas" por donde se pueden producir filtraciones y sifonamientos que de no taparse a tiempo pueden incluso arruinar la ataguía. Con relación a los núcleos formados por pantallas continuas de hormigón tienen también la ventaja de poseer una estructura con juntas enlazadas, pues aquéllos tienen forzosamente que

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de julio de 1970.

ejecutarse por medio de bataches con sus correspondientes juntas de separación, aventajándose además en una mayor rapidez de ejecución y permiten una mayor deformación, con lo que los rellenos de tierras requieren un menor cuidado, y en el caso de posibles averías pueden realizarse refuerzos y reparaciones rápidamente.

Nos hemos encontrado en este tipo de ataguías con algunos inconvenientes que se deben tener en cuenta con objeto de prever su tratamiento.

Los principales son:

- 1.º Que exista una cierta permeabilidad a través de las juntas.
- 2.º Que si el fondo, debajo de los acarrees, no se compone de una roca arcillosa blanda, el empotramiento resulta defectuoso, quedando pequeñas ventanas o espacios sin cubrir, por los que se pueden producir arrastres o sifonamientos.
- 3.º En el caso de que existan piedras o bo-

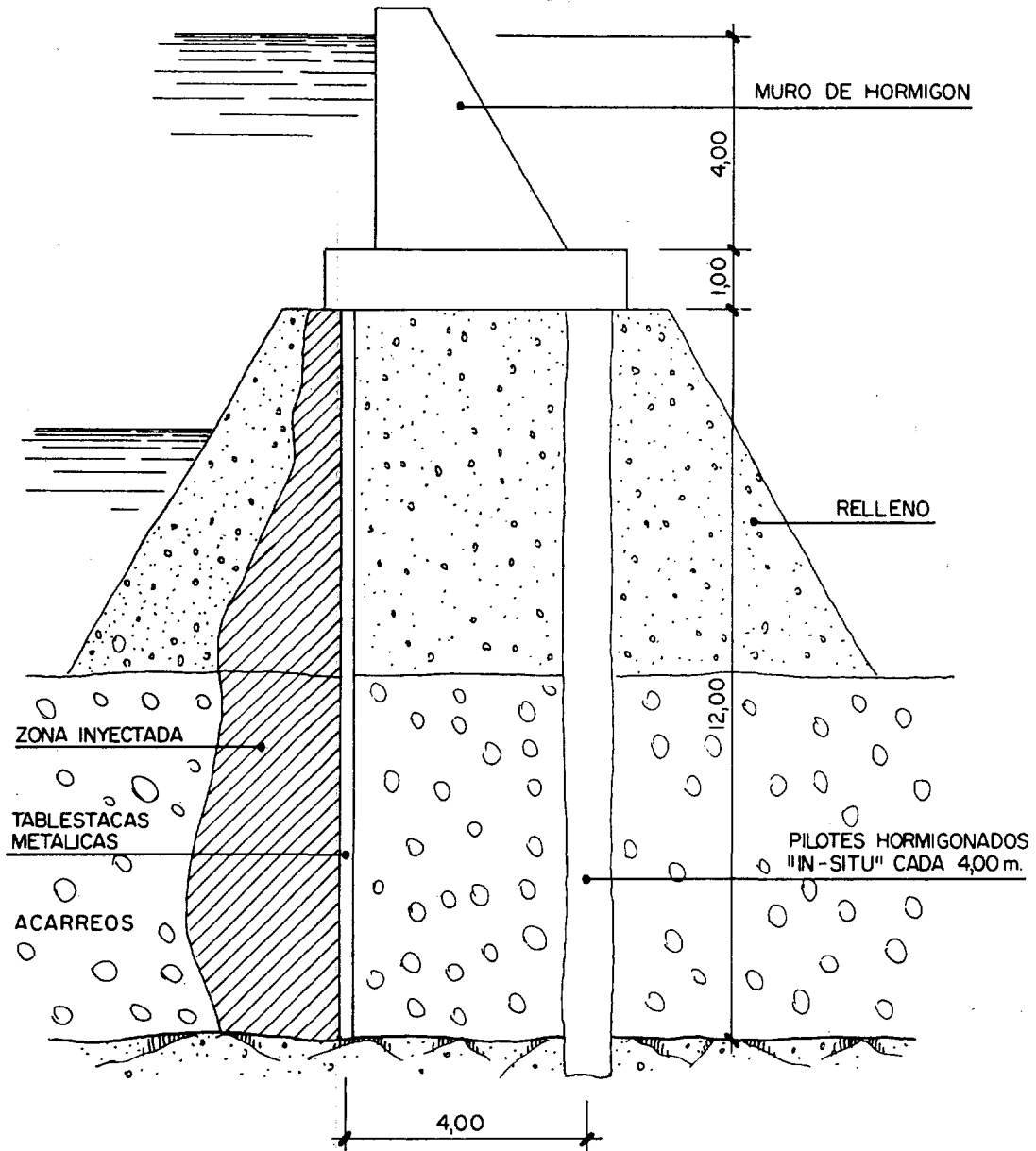


Figura 1.

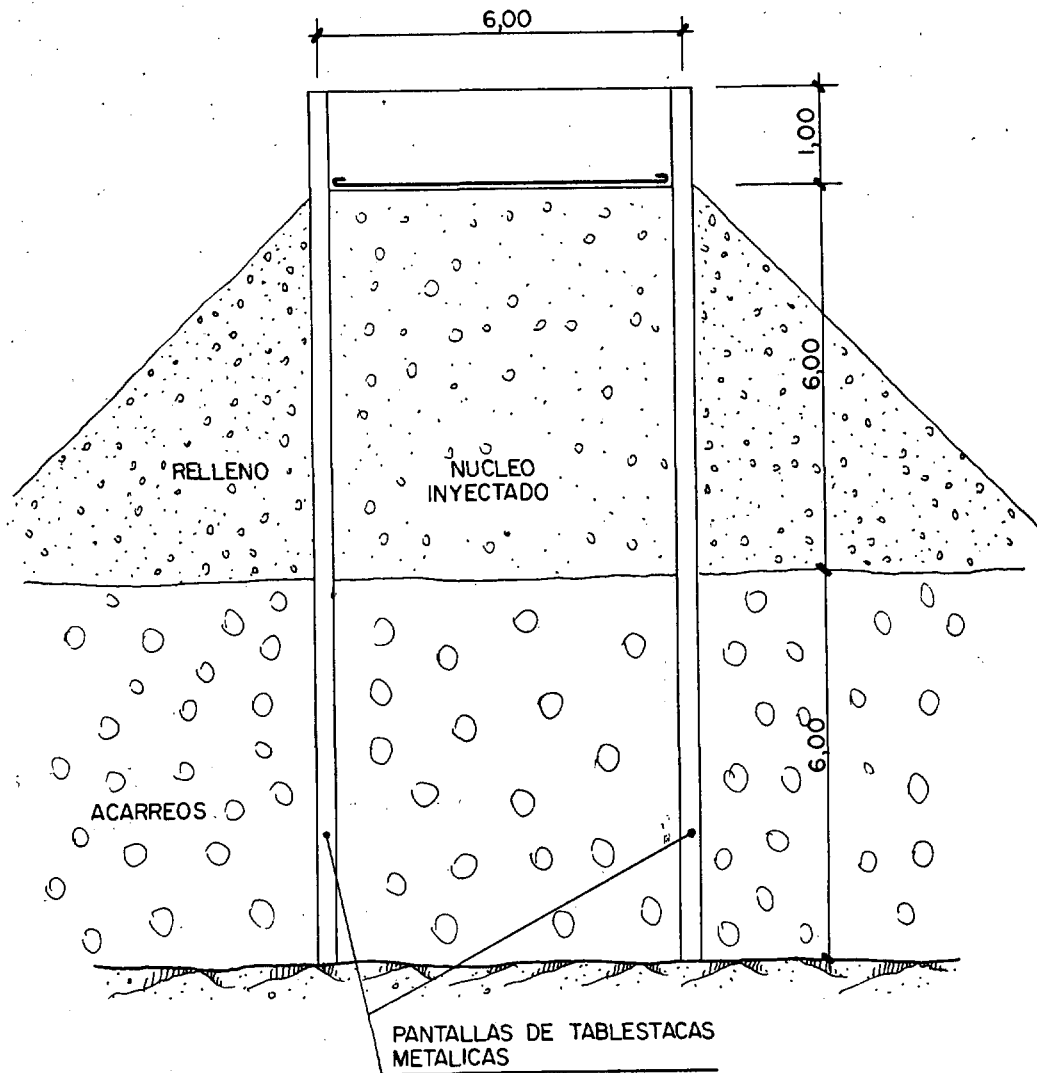


Figura 2.

los de gran tamaño, la hincada de la tablestaca puede quedar paralizada, quedando altas, con lo que pueden existir zonas permeables por debajo de estos obstáculos.

La permeabilidad a través de las juntas la hemos solucionado en general rápidamente, en parte por el material que arrastra el mismo agua que se filtra o bien por medio del tratamiento por inyecciones en el trasdós de la pantalla.

Los inconvenientes segundo y tercero se han resuelto, principalmente, por medio de este tratamiento de inyección complementario. A nuestro juicio debe realizarse, pues la inyección sistemáticamente, siempre que se ejecute un ataguado de cierta importancia.

Normalmente se ejecuta disponiendo de una

serie de tubos hincados en el trasdós y cerca de la pantalla hasta alcanzar la base de las tablestacas; a continuación se procede a la inyección de abajo hacia arriba, subiendo por tramos la tubería. Cuando exista la posibilidad de que haya zonas que hayan quedado sin pantalla se deberá intensificar el tratamiento de inyección por fuera y por dentro.

El material a inyectar suele ser, generalmente, pobre de cemento con mezcla de arcillas y limos desleídos y tamizados. Conviene poca cantidad de cemento, ya que si la dosificación de este material es fuerte pueden agarrarse las tablestacas, dificultándose su extracción posteriormente. Únicamente en el caso de que sea necesario cementar zonas, en las que no se

haya podido hincar la tablestaca o que exista la posibilidad de que haya espacios sin proteger como por ejemplo el pie de la pantalla cuando el empotramiento es deficiente, deberá aumentarse la dosificación de cemento. En el caso de que los acarreos sean arcillosos no suele ser necesaria la inyección, y si son arenosos y existe el peligro de sifonamiento puede que sea necesaria la inyección con productos químicos.

Al efectuar la inyección no debe existir una gran diferencia de nivel de agua entre el trasdós y el intradós de la ataguía, pues en este caso

se pueden producir arrastres de los productos inyectados que dificultan la colmatación; lo ideal es que exista una pequeña circulación de agua de fuera a dentro que aumente la penetración de la inyección.

Los tipos de ataguías que hemos utilizado más frecuentemente han sido los ejecutados con pantalla de tablestacas normales, simples o dobles.

La pantalla simple (fotos 1 y 2) se ha utilizado cuando la misión de la misma ha sido únicamente de núcleo impermeable del terra-

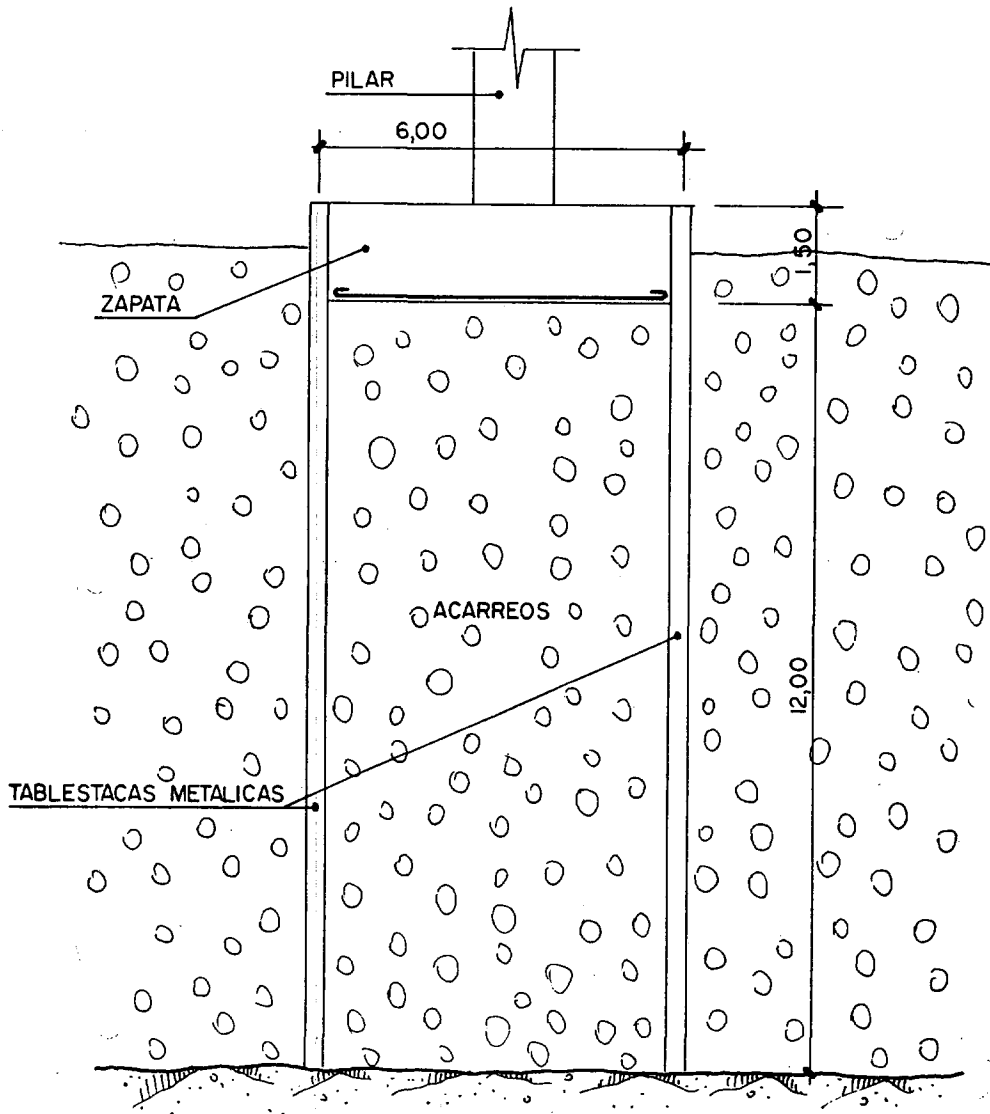


Figura 3.

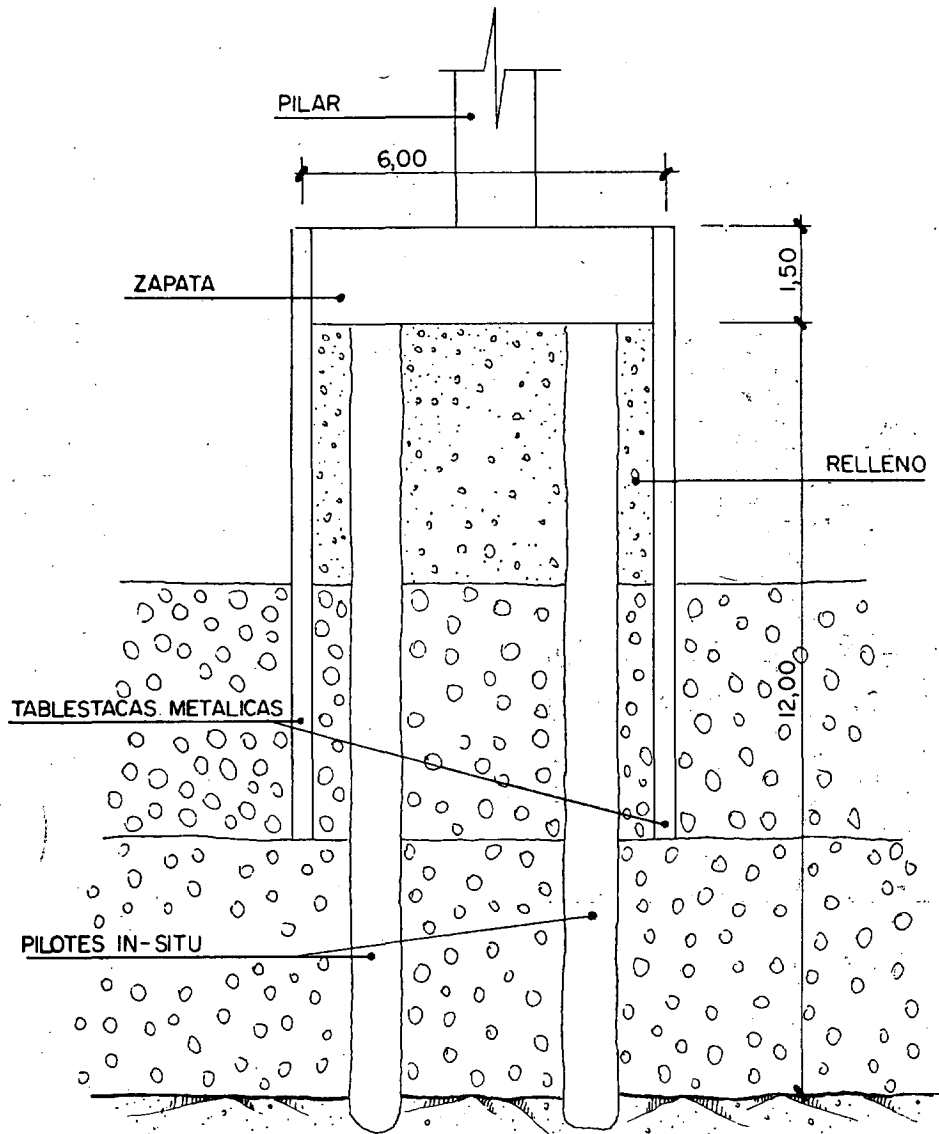


Figura 4.

plén que formaba la ataguía, y ésta no se vería afectada por las excavaciones.

Con objeto de conseguir una mayor altura de ataguía se ha recurrido a veces al procedimiento de montar sobre las tablestacas y sobre una hilera de pilotes realizados en el trasdós de la ataguía, un muro de hormigón armado como indicamos en el croquis adjunto (fig. 1). Con ello se han conseguido importantes alturas empleando tablestacas relativamente cortas y perfiles de poco peso.

También a veces se ha realizado un muro sencillo de hormigón, cogiendo las cabezas de las tablestacas cuando los recrecidos han sido pe-

queños. El cual ha servido además como de arriostramiento y rigidizador.

Las ataguías con doble pantalla de tablestacas las hemos realizado, principalmente, cuando era necesaria una mayor estabilidad, bien porque la excavación debería afectar el terraplén que formaba la ataguía o bien cuando eran de temer avenidas que pudieran pasarle por encima.

En esencia la construcción de ataguías de este tipo doble consiste en la ejecución de las dos pantallas sobre un relleno primario y la unión de ambas en cabeza por medio de una losa de hormigón armado. Normalmente, y con

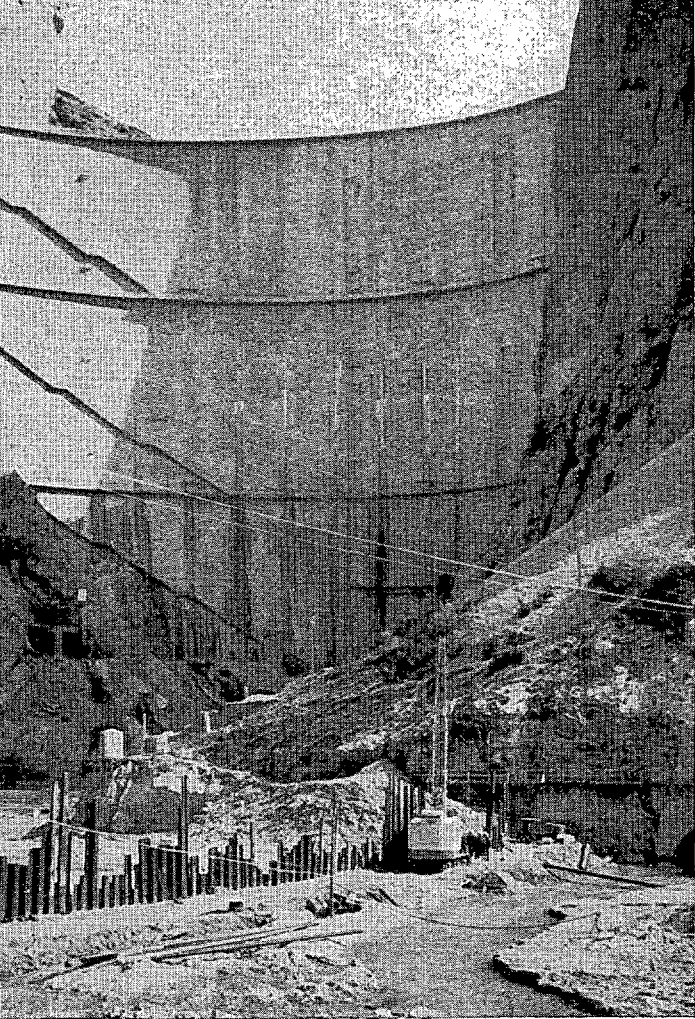


Foto 1.—Ataguía para ejecución del cuenco amortiguador de la presa de Canelles.

Con este tipo de ataguías se han realizado obras de gran responsabilidad en forma rápida y eficaz (fig. 2).

En cuanto a las permeabilidades conseguidas podemos dar cifras aproximadas para terrenos de acarreo normales de ríos compuestos de gravas, gravillas, arenas, limos y arcillas, sin consolidar, con cargas de agua de unos 10 m., y cuando el estrato inferior resistente es roca dura y de difícil penetración pueden tenerse al principio, pasos de agua en ataguías con pared sencilla de tablestacas en cantidades que pueden incluso superar los 2 litros por segundo y por metro lineal de ataguía, estos caudales se van reduciendo lentamente por colmatación natural producida por el paso del agua. Si se realiza la colmatación por medio de inyecciones pueden reducirse las filtraciones a menos de 1 l./seg./m.l. de pantalla.

Evidentemente si los estratos inferiores son de composición arcillosa, la estanqueidad será mayor. Asimismo, cuando la ataguía se compone de doble pantalla de tablestacas, las permeabilidades suelen ser menores de la mitad de las ataguías con pantalla sencilla.

Con objeto de aislar la obra de las filtraciones suele hacerse en el borde de la excavación un canalillo, el cual recoge las filtraciones, llevándolas hasta los equipos de bombeo.

objeto de aliviar los empujes y dar una mayor estabilidad a la ataguía, se inyecta posteriormente el núcleo con mortero o mezcla de arcilla o limazo y cemento.

Foto 2.—Ataguía para ejecución de la central de Salto de Arbón.



Foto 3.—Recintos tablestacados para cimentación de las pilas de los puentes de las autopistas de Barcelona a La Junquera, en Hostalrich.

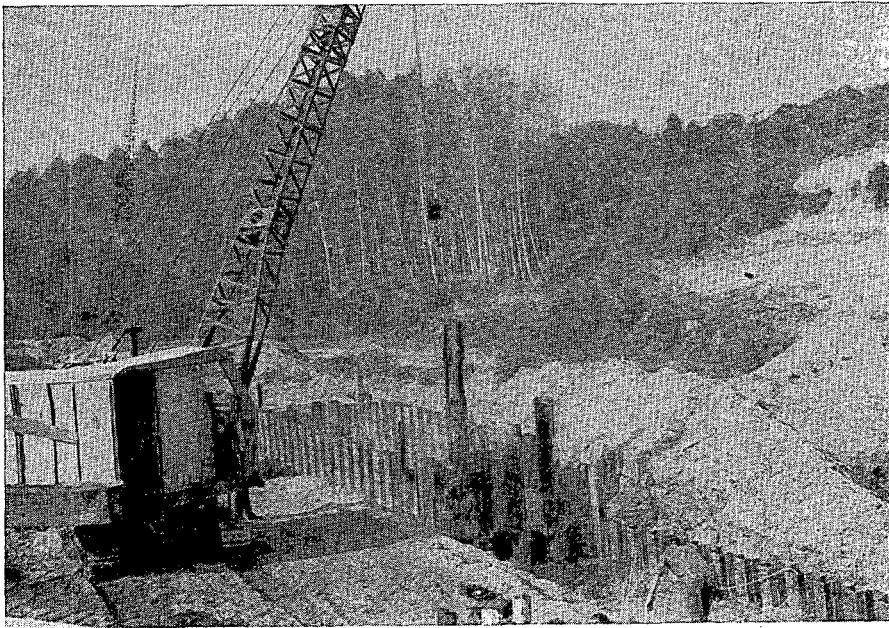
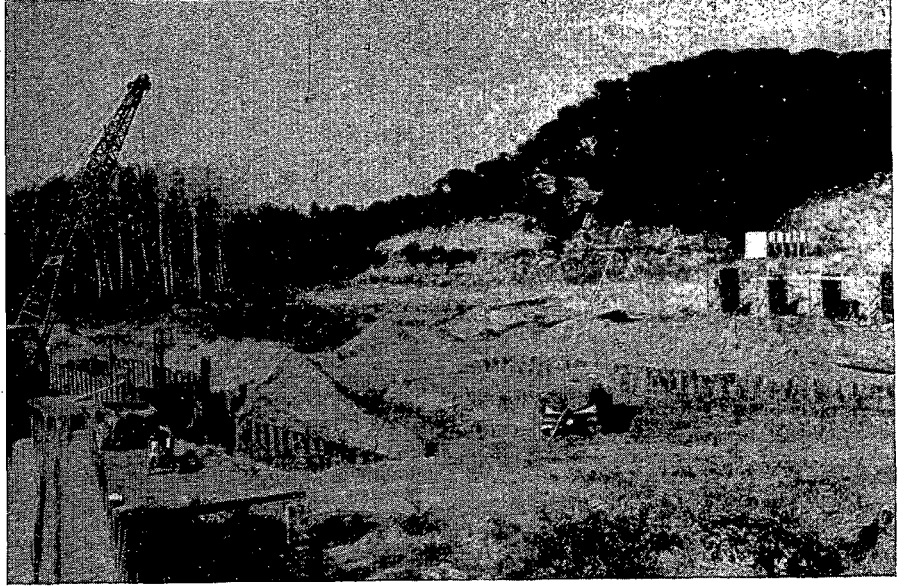
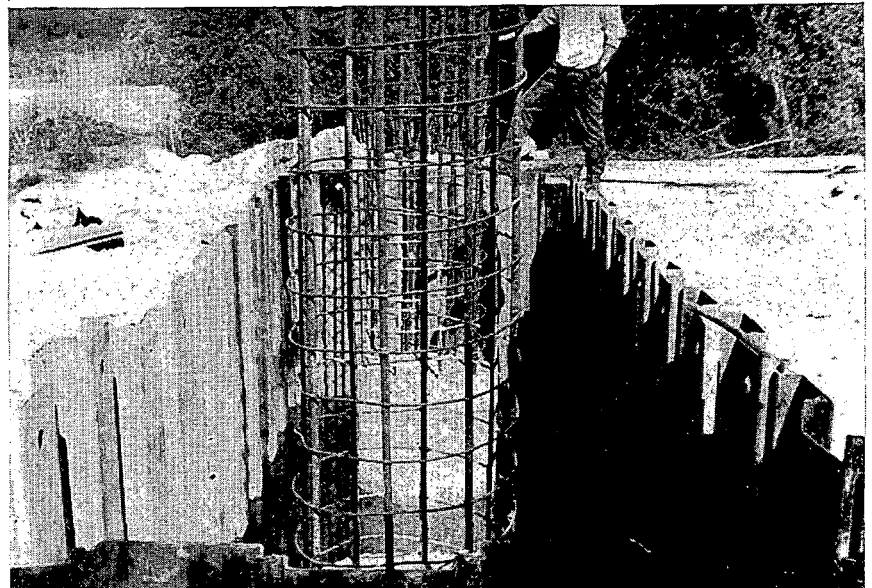


Foto 4.—Recintos tablestacados para cimentación de las pilas de los puentes de las autopistas de Barcelona a La Junquera, en Hostalrich.

Foto 5.—Cimentación del puente de Castejón en el río Ebro por el sistema mixto de recinto formado por tablestacas metálicas y pilotes hormigonados *in situ* ejecutados en su interior.



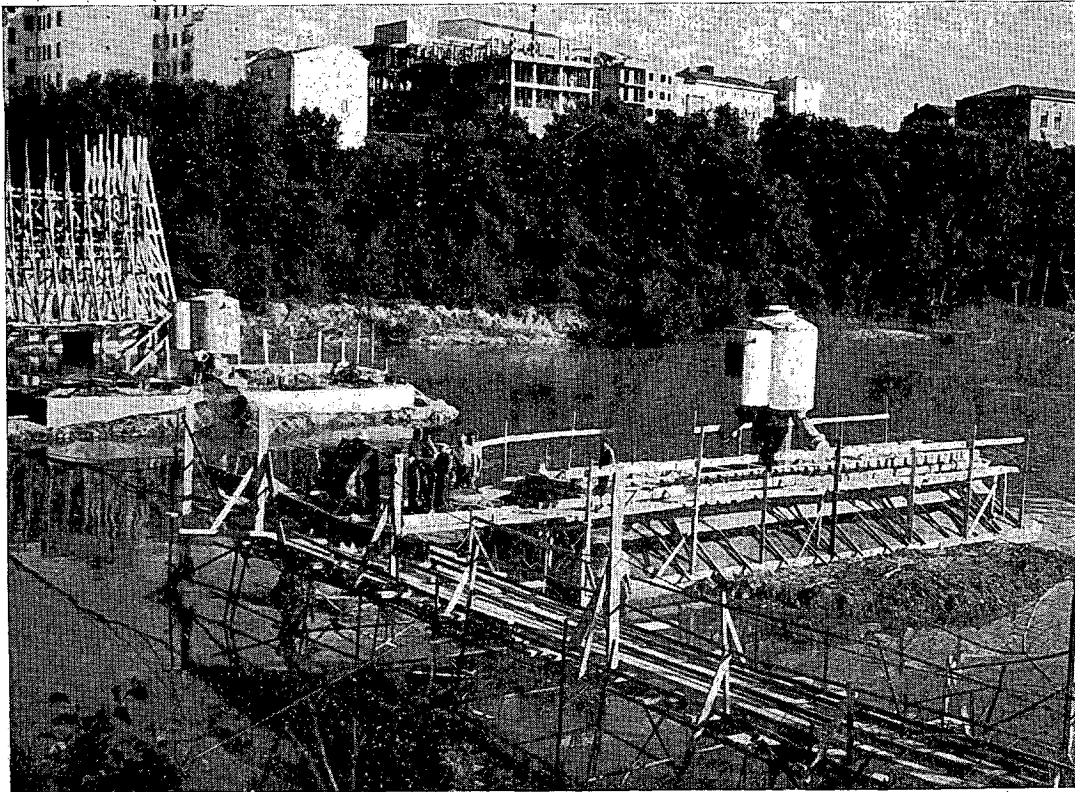


Foto 6.—Cimentación de un puente por el sistema de cajones hincados con aire comprimido, construido sobre el río Pisuerga, en Valladolid.

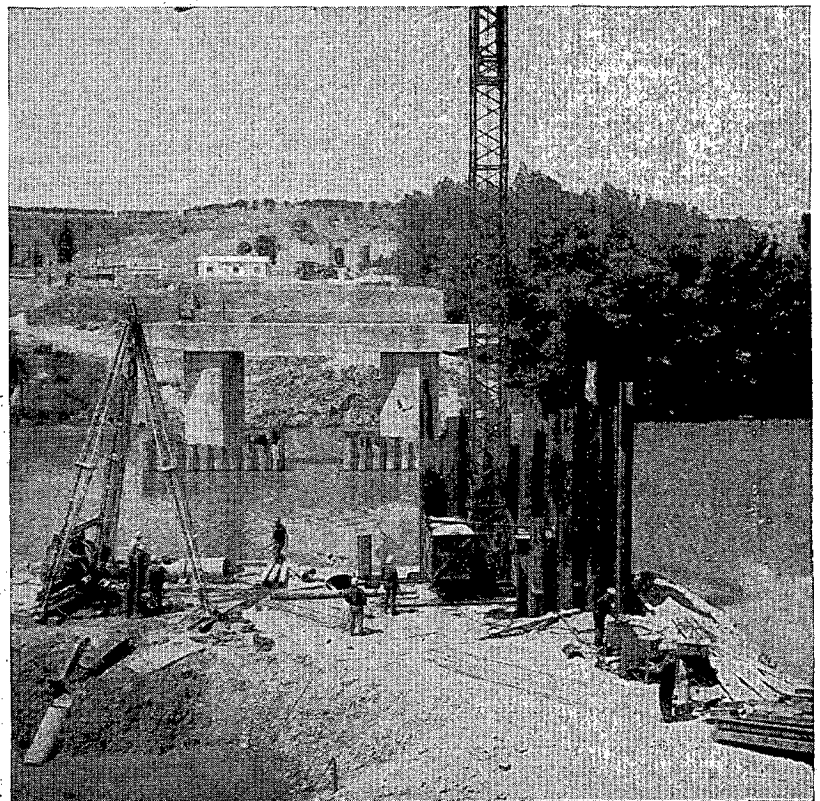


Foto 7.—Cimentación de un puente por el sistema mixto de recinto formado por tablestacas metálicas y pilotes de hormigonados *in situ* ejecutados en su interior, construido sobre el río Pisuerga, en Valladolid.

Sistemas combinados de cimentación con tablestacas metálicas.

Otro aspecto interesante del empleo de las tablestacas metálicas es el de la ejecución de cimentaciones de puentes en cauces de ríos.

Actualmente están siendo utilizados con gran profusión y en obras en las que se requiere rapidez, recintos tablestacados sobre los que se construyen las pilas o estribos de puentes (figuras 3 y 4). Si el terreno está compuesto de gravas con cierta compacidad se suelen emplear las tablestacas para confinar las cimentaciones, evitando con ello las socavaciones y la fluición del terreno, con lo que se pueden sobrecargar estos suelos con cargas relativamente importantes, siempre que la calidad del terreno lo permita (fotos 3, 4 y 5).

En el caso de que los terrenos sean de mala calidad se combina la ejecución de los recintos tablestacados con la de pilotaje en el interior de los mismos, cumpliendo las tablestacas la misión de servir de isla para ejecución del pilotaje y de confinamiento y ataguado para la ejecución de la parte baja de la pila, la cual suele quedar por debajo del nivel de aguas. Unas veces se recuperan las tablestacas y otras se dejan perdidas, con lo que los pilotes quedan más protegidos de posibles erosiones.

Este sistema combinado de tablestacas y pilotes está siendo muy utilizado, pues es mucho más rápido que el de excavación total del re-

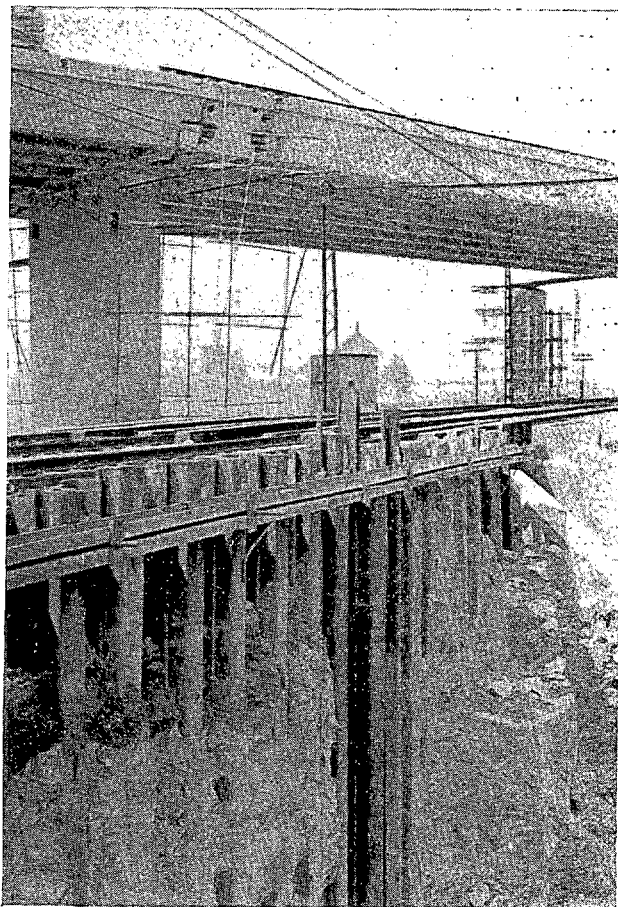


Foto 8.—Cortes de terraplenes del ferrocarril realizados con tablestacas en las autopistas de Barcelona a La Junquera.

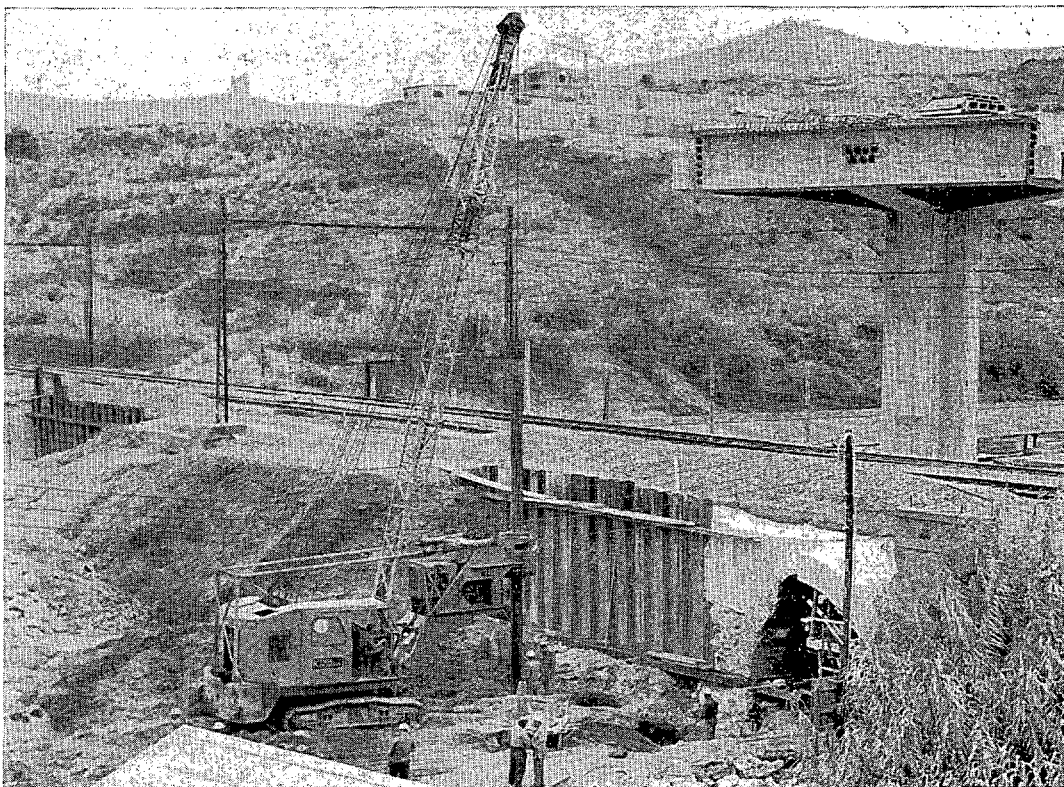


Foto 9.—Cortes de terraplenes del ferrocarril realizados con tablestacas metálicas en las autopistas de Barcelona a la Junquera.

cinto tablestacado con todos los inconvenientes de arriostramientos, sifonamientos, etc., y aunque no tan bueno como el tradicional sistema de cimentación con cajones de aire comprimido sí de calidad suficiente.

En las fotografías 6 y 7 pueden verse los dos sistemas de cimentación realizados en puentes sobre el mismo río y en la misma ciudad; el primero cimentado con aire comprimido; es decir, con el sistema tradicional, y el segundo con recintos tablestacados y pilotaje.

Cortes de terraplenes de ferrocarril.

Uno de los problemas que se plantean con relativa frecuencia en la construcción de las modernas autopistas es el de las interferencias entre la cimentación de los pasos elevados sobre el ferrocarril y la infraestructura de éste. Normalmente se suelen ver afectados los terraplenes y es preciso ejecutar las obras sin interrumpir la circulación de trenes.

Los métodos tradicionales de excavación con entibaciones resultaban comprometidos como consecuencia de la vibración y sobrecarga que el paso de trenes producía, siendo además procedimientos sumamente lentos, impropios para resolver estas obras, en las que el plazo cuenta de forma decisiva.

La solución con tablestacas metálicas ha resuelto estas dificultades favorablemente. Con precaución especial se pueden hincar tablestacas, formando pantalla paralela a la vía y completar después el recinto si es necesario con otras pantallas perpendiculares, pudiendo colocar los arriostramientos convenientemente unidos a estas tablestacas.

De esta forma quedan resueltos los problemas de excavación y cimentación especial, caso de que sea necesaria, en forma segura y rápida (fotos 8 y 9).

Procedimientos de hincado y extracción.

Como procedimientos de hincado seguimos empleando los de martinete de aire comprimido o diesel, buenos en cualquier tipo de terreno, o

los de vibración cuando los terrenos son granulares.

En cuanto a la extracción no cabe duda de que los sistemas de vibración han resuelto prác-

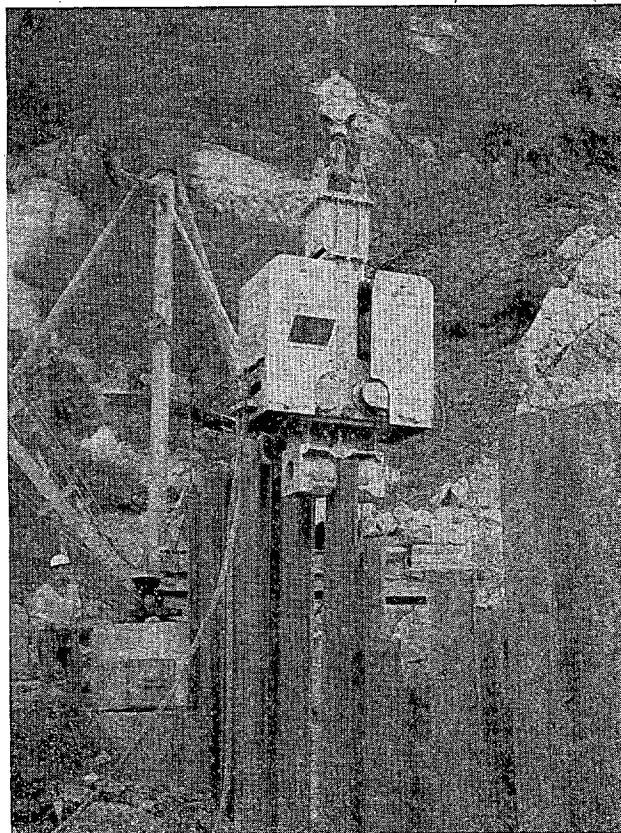


Foto 10.—Extracción de tablestacas con un martinete vibrador.

ticamente el problema, siempre y cuando las tablestacas no hayan sufrido deformaciones importantes o acodamientos (foto 10).

BIBLIOGRAFIA

- Cambefort, H.: "Injection des Sols", Eyrolles. Tome 1, Principes et méthodes, 394 p. París, 1964.
- Larsen: *Handbuch*, 1960, 1 vol., 334 p., Dortmund, 1960.
- B. S. P.: *Pocket Book*, Piling edition, 1 vol. 210 p. London, 1964.
- Sidelor: "Tablestacas metálicas rombas", Astra, 1 ej., 8 p. París.