

SILOS

Por MANUEL BENITEZ RAMIREZ,

Profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.

Presenta el autor una detallada información sobre procedimientos de construcción de silos, estudiados y empleados por él mismo, a lo largo del tiempo, que da idea de la evolución de estos procedimientos constructivos, sugerida por la experiencia.

Quizá debiera titularse mejor el presente artículo "Estructuras elevadas", ya que a ellas nos hemos de referir, estén o no destinadas al almacenamiento de productos. Sin embargo, lo titulamos así porque en nuestra vida profesional siempre hemos aplicado los métodos constructivos de que vamos a tratar a la construcción de silos para fábricas de cemento.

El problema técnico que se plantea presenta dificultades, tanto más grandes cuanto mayor es la altura de la construcción, pero en todos los casos es de

fácil solución, construyendo un andamiaje de altura y resistencia suficientes para la obra de que se trate.

Naturalmente que siempre cabe imaginar ingeniosas disposiciones que permitan economizar la mayor parte del andamiaje y al mismo tiempo hacer la construcción en el menor tiempo posible.

De estos dispositivos, que cada día tienen más importancia, sobre todo desde que se han generalizado las construcciones de hormigón armado, es de lo que vamos a tratar en el presente artículo.

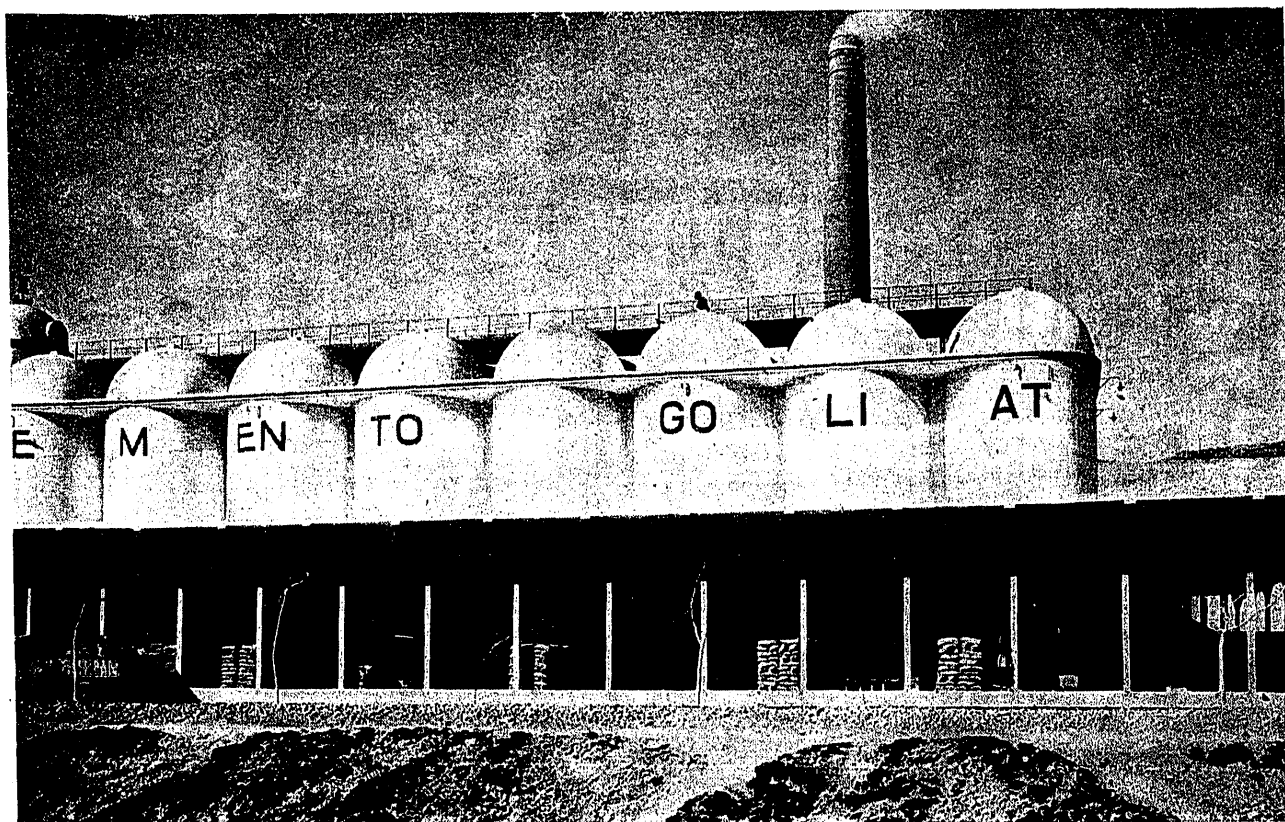


Fig. 1.^a — Batería de silos de cemento construida en Málaga en 1924-26, bajo la dirección del Conde de Guadalhorce.

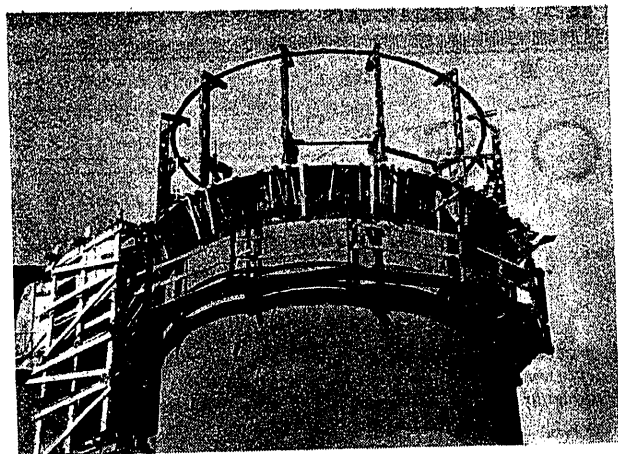


Fig. 2.ª — Momento de echar la losa que forma la cubierta y cornisa del primer silo de Cementos A. B. C. (1945).

La primera construcción de esta índole donde intervino fué en la fábrica de cemento Goliat, de Málaga, cuando trabajaba a las órdenes del insigne Conde de Guadalhorce.

Allí se hizo una batería de 23 silos para cemento

portland, con una capacidad de 10 000 Tn. Cada unidad está formada por un cilindro de 5,50 m. de diámetro interior y 12,20 m. de altura. Toda la estructura está hecha de hormigón armado y el espesor constante de pared es de 15 cm. La fotografía del conjunto aparece en la figura 1.ª.

Para la construcción de los silos se adquirió un dispositivo americano, consistente en una pluma metálica tubular, de toda la altura del silo, que se montaba en el eje del que se iba a construir. De ella pendían, por medio de unas ménsulas radiales, los paños metálicos que formaban el encofrado interior y exterior. También el tubo central soportaba el brazo de una grúa para elevar los materiales.

El funcionamiento era muy sencillo. Se montaba el encofrado metálico interior y exterior, que tenían una altura de un metro, y se hormigonaba durante el día. Al siguiente se desencofraba, dejando los paños del encofrado pendientes de las ménsulas radiales, cuyo conjunto se elevaba con un gato a lo largo del tubo central y se montaban los moldes a continuación del hormigón echado el día anterior, repitiendo al siguiente el hormigonado. Por este sistema se construyó toda la batería, tardando de veinte a veinticinco

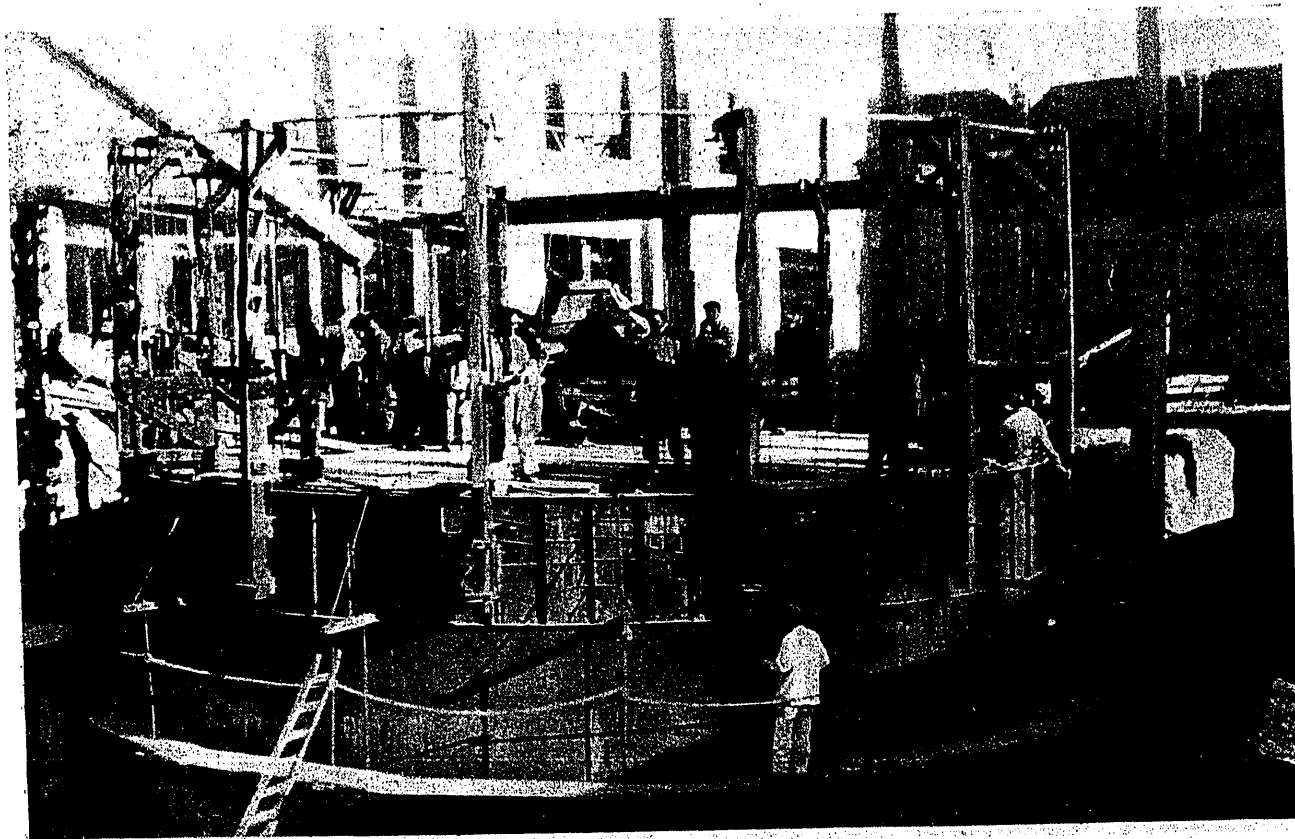


Fig. 3.ª — El primer silo de Villanueva de las Minas, cuando el molde comienza a elevarse sobre el cimient.

días en cada silo, según la velocidad con que endurecía el hormigón.

El aparato resultó práctico, construyéndose con él toda la estructura sin el menor incidente.

* * *

En 1945 se me presentó el problema de construir dos silos cilíndricos en Zumaya, para Cementos

Tanto del molde interior como del exterior penden sendos andamiajes ligeros, que permiten ir enluciendo las paredes del silo conforme van saliendo de la parte inferior del encofrado.

Al nivel del borde superior del molde interior hay una plataforma de trabajo, donde actúa todo el personal que mueve los gatos, va colocando las armaduras, el hormigón y apisonando o vibrando éste.

El trabajo es continuo, con tres turnos de ocho ho-

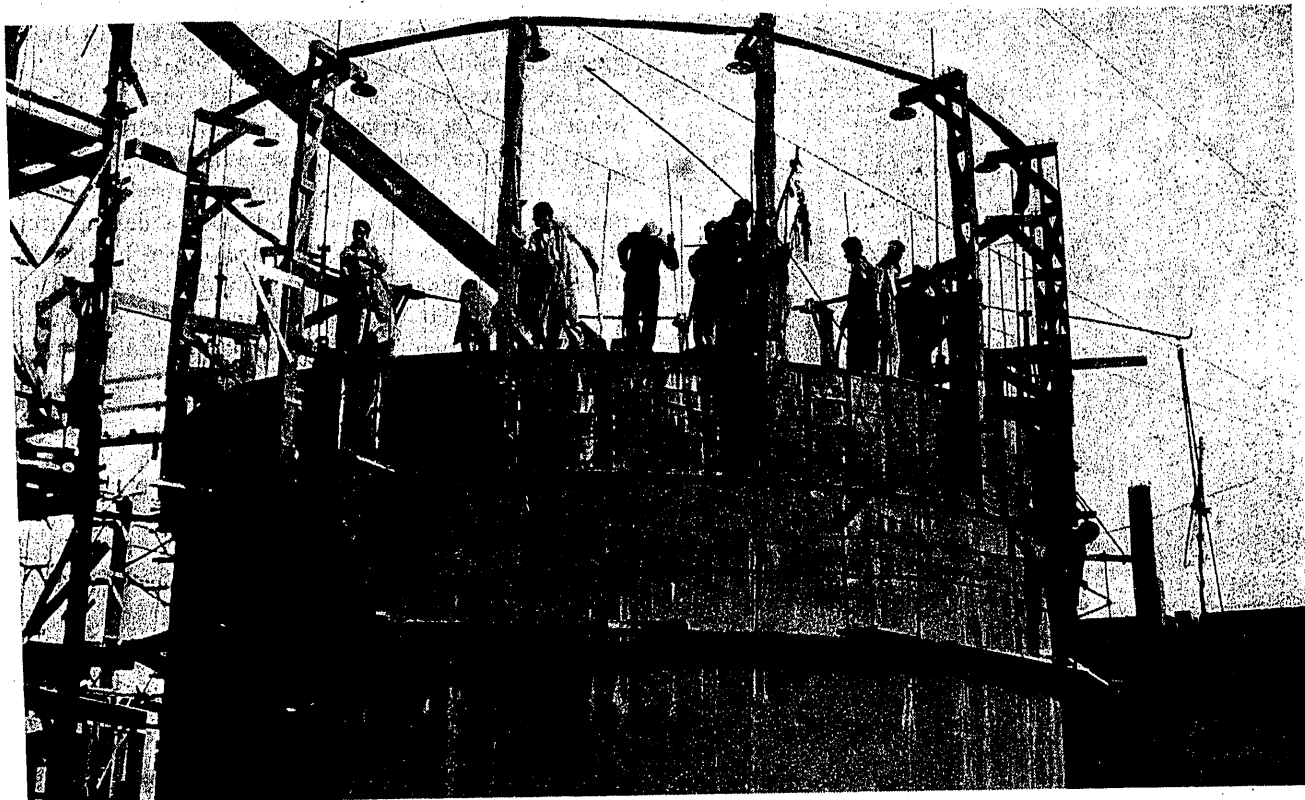


Fig. 4.^a—El primer silo de Villanueva de las Minas, con el molde a la mitad de la altura del fuste (1950).

A. B. C., con dimensiones mucho mayores, 9 metros de diámetro exterior y 25 de altura.

Después de hecho el cálculo, en cuyo detalle no hemos de entrar, elegí un espesor de pared de 20 cm.

El sistema de construcción que encontré más indicado fué el de moldes deslizantes, que consiste en montar el encofrado en la base de la estructura, con una altura de un metro a uno cincuenta, y hacerlo deslizar verticalmente hacia arriba, al mismo tiempo que se va hormigonando por la parte superior del mismo.

El movimiento de deslizamiento se consigue por medio de gatos, que apoyan bien en el cimiento de la obra, por medio de puntales, o bien en barras de hierro, que van quedando embebidas en el hormigón.

ras, y la velocidad de elevación es muy variable, dependiendo de la de endurecimiento del hormigón y de la que se le quiera imprimir a la obra. Con cemento de endurecimiento rápido y en verano, se ha llegado a tres metros por veinticuatro horas de trabajo.

El hormigón se elevaba por una torre de tablonés, donde había una escalera para el personal y un ascensor para los carrillos con el hormigón.

En la figura 2.^a aparece la fotografía del momento de echar la cubierta y cornisa del primer silo, viéndose ambos terminados en la parte izquierda de las fotografías de las figuras 7.^a y 8.^a. Los dos fueron contruidos con todo esmero por Ferrocarriles y Construcciones A. B. C.

En el pasado año tuve que ocuparme de la cons-

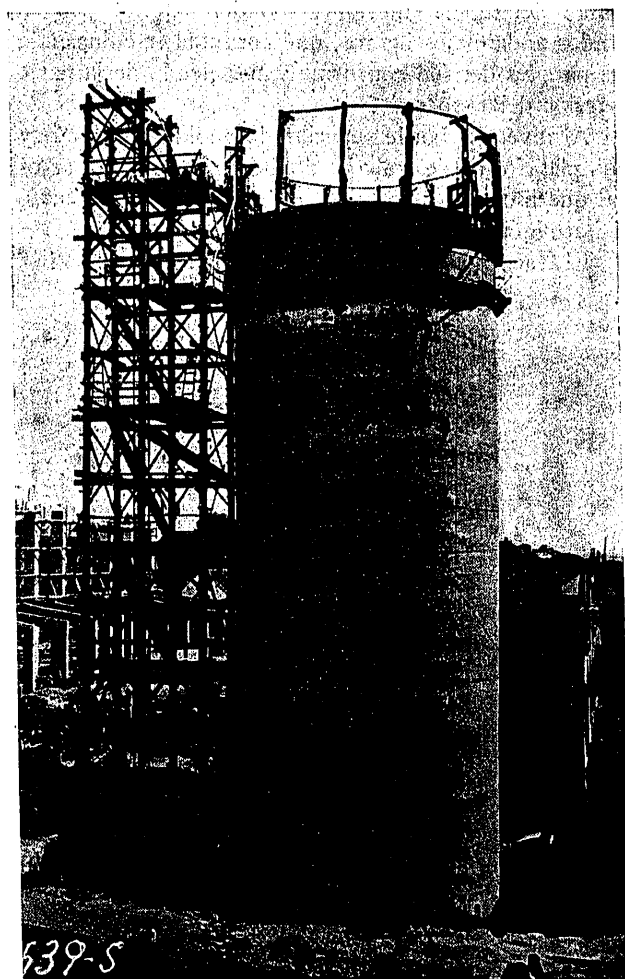


Fig. 5ª — El primer silo de Villanueva de las Minas, llegando el molde al final de su altura.

trucción de otros dos silos aún mayores: 10,50 m. de diámetro exterior y 26 de altura, en la gran fábrica de cemento que construye la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Villanueva de las Minas.

El procedimiento seguido en la construcción de estos dos grandes silos ha sido también el de encofrados deslizantes, pero aquí toda la estructura de los mismos ha sido metálica, habiendo encontrado ventajas sobre la de madera empleada en Cementos A. B. C.

Las figuras 3.ª, 4.ª, 5.ª y 6.ª son fotografías tomadas en diversas fases de la construcción de esta obra, esmeradamente hecha por la casa constructora Entrecanales y Távora, S. A.

En el segundo de los dos silos, que se hormigonó en mayo, se tardaron nueve días en la construcción del fuste.

Al llegar el encofrado a la parte más alta se hormigona el techo de la estructura, sirviendo de enco-

frado la plataforma de trabajo, a la que se adiciona un molde suplementario para el voladizo que generalmente lleva la cubierta de estas estructuras. Como la misma se apoya sobre pesadas vigas de hormigón, la plataforma del encofrado debe estar calculada para fuertes cargas. En el caso que nos ocupa fué probada antes de comenzar el hormigonado con 500 Kg./m.².

* * *

Por último citaré otros tres silos que construyo para Cementos A. B. C., en colaboración con los Ingenieros Iturralde y Mendía, de San Sebastián.

Las dimensiones son las mismas que las de los primeros que ya he citado: 9 m. de diámetro exterior y 25 de altura, por lo que se están empleando los mismos moldes de madera. Aquí he introducido una modificación importante, que ha sido la de suprimir la torre de tablonos para la elevación del hormigón, sustituyéndola por una grúa de columna a dos brazos, que permite subir el hormigón con toda economía y sencillez. El tubo central que soporta los dos brazos

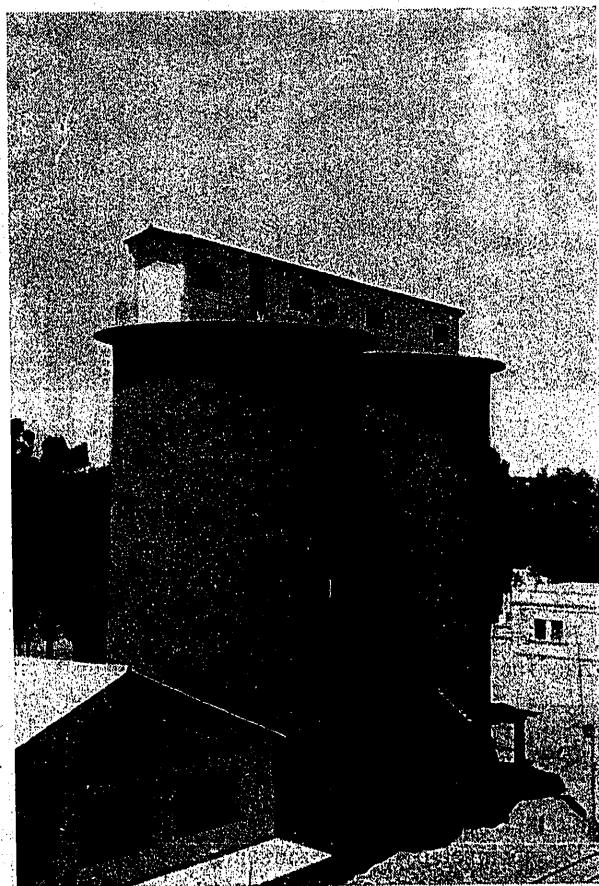


Fig. 6ª — Los silos de Villanueva de las Minas, de 26 m. de altura por 10,50 de diámetro, terminados.

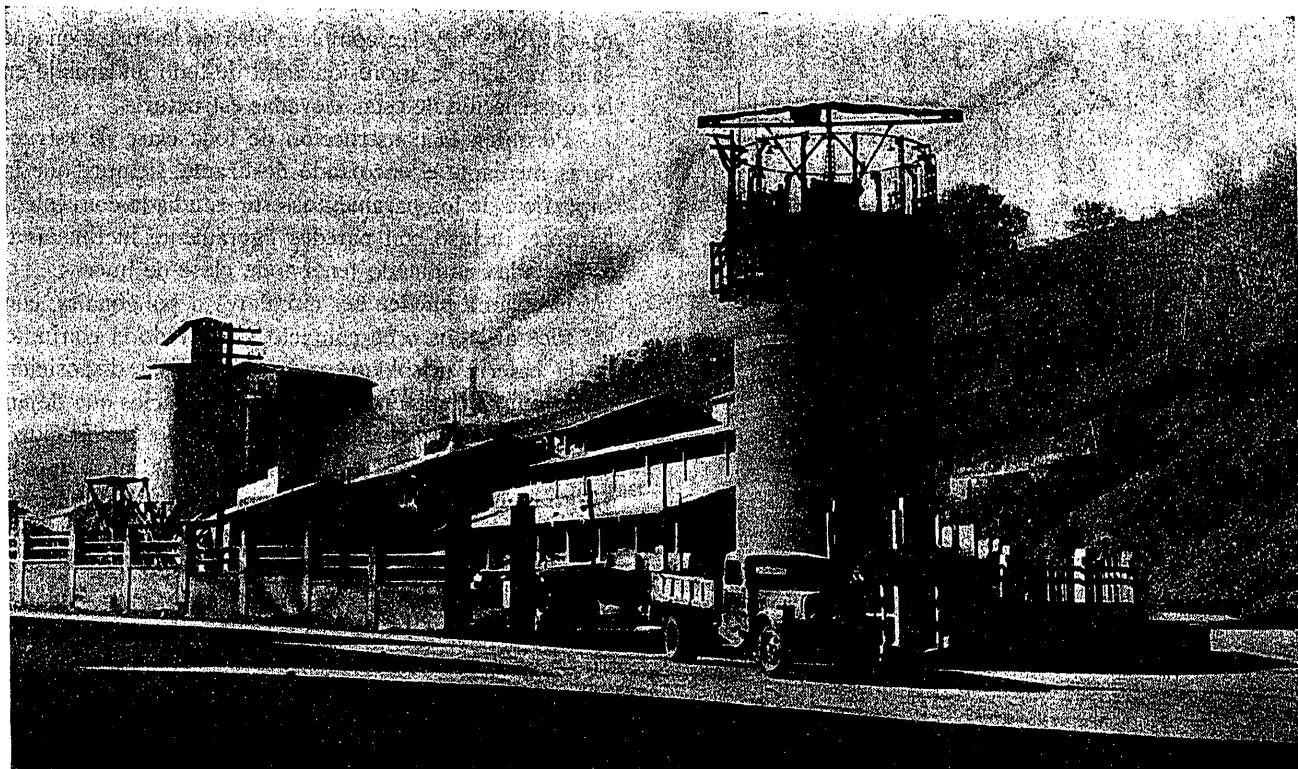


Fig. 7.ª — El silo actualmente en construcción (el de la derecha), sin el empleo de ningún andamiaje. A la izquierda, los construidos en 1945-46; todos de 25 m. de altura por 9 m. de diámetro.

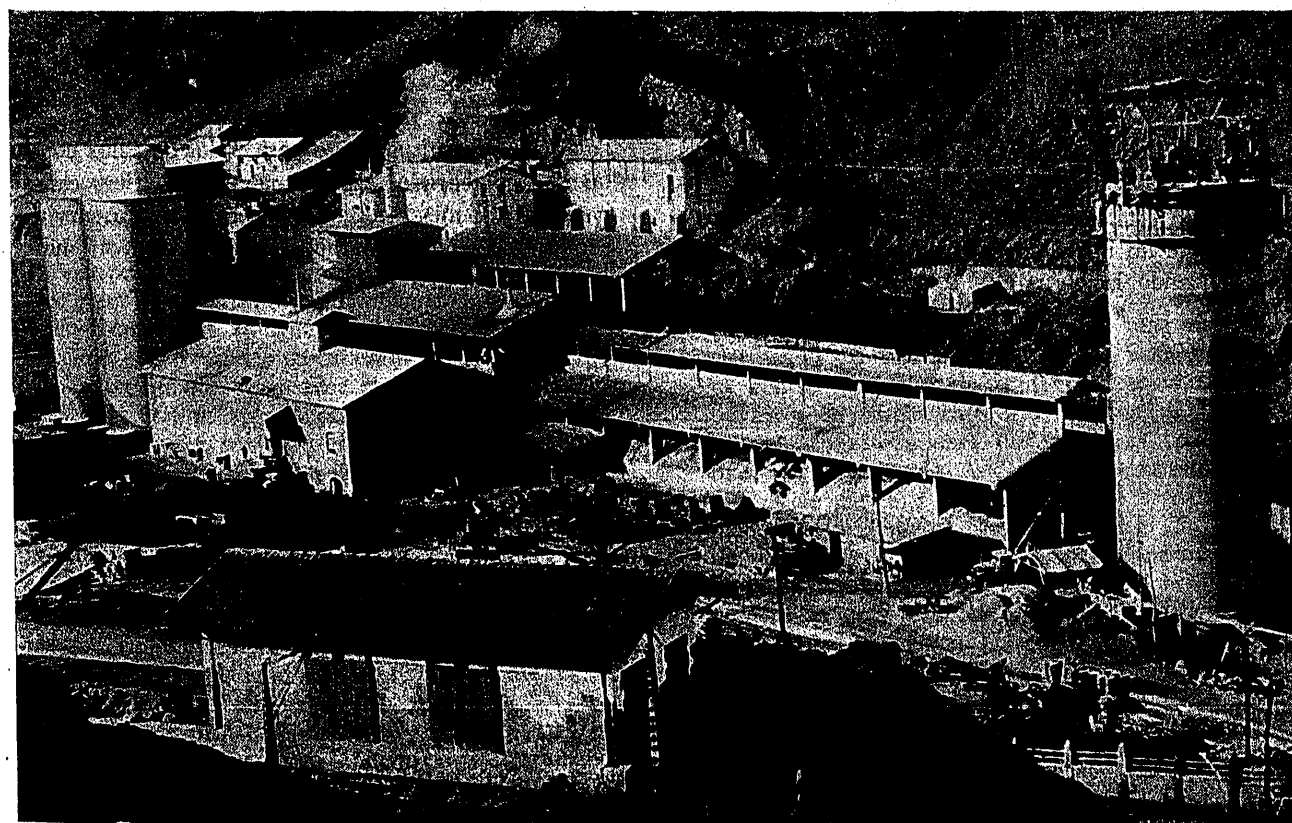


Fig. 8.ª — La misma vista anterior, después de terminado el fuste del silo.



Fig. 9.ª — El silo en construcción de Cementos A. B. C., con la grúa elevando el hormigón.

de la grúa está rígidamente unido al encofrado, elevándose de un modo continuo el conjunto, conforme va avanzando la obra. Las fotografías de las figu-

ras 7.ª, 8.ª y 9.ª dan completa idea de la forma en que se ha resuelto la supresión total de todo andamiaje en la construcción de estas elevadas estructuras.

Permiten la construcción de toda clase de estructuras mediante el encofrado deslizante, siempre que la superficie de los paramentos esté estudiada convenientemente, incluso con paredes ligeramente inclinadas o escalonadas, pudiendo tener toda clase de huecos.

En planta pueden ser circulares o poligonales, con los silos aislados o en contacto, formando el conjunto de la batería un bloque monolítico. Esta disposición puede aprovecharse para utilizar los espacios que dejan entre sí los silos principales, aumentando la capacidad del conjunto. Así se hizo la batería de silos de cemento Goliat, que citamos al principio, y muy en breve comenzaremos la de otra análogamente dispuesta pero de dimensiones mucho mayores.

Como resumen del presente artículo, creo sinceramente, con la experiencia que ya tengo, que las construcciones con moldes deslizantes tienen un brillante porvenir, por reunir dos características tan de nuestro tiempo, como son rapidez y economía.

Tengo estudiadas muchas innovaciones que me han sugerido las construcciones que llevo realizadas, y de las cuales tendré mucho gusto en ir dando cuenta a los lectores de nuestra REVISTA. Ahora bien: he de advertir que mi laboratorio de ensayos son las obras mismas, y mis colaboradores, los contratistas que adoptan mis métodos en busca de una economía; sentado lo cual, no tengo que decir con cuánta prudencia debe procederse para no dar un paso en falso. Sólo palabras de gratitud tengo para todos aquellos con los que he colaborado, especialmente para Ferrocarriles y Construcciones A. B. C., que se prestó a servir de conejillo de indias en mi primer ensayo con moldes deslizantes el año 1945.