

EL VACIO EN LA CONSTRUCCION COMO ELEMENTO NUEVO DE TRABAJO

Por ALFREDO SÉMELAS,
Ingeniero de Caminos.

En este artículo se exponen las posibilidades que la utilización de la presión atmosférica puede tener como elemento de trabajo en la construcción. Después de una breve descripción de los principios fundamentales, pasa el autor a hacer una reseña de las obras más destacadas en donde se han utilizado estos procedimientos constructivos, sobre todo de aquellas que ha podido visitar personalmente.

Introducción.

Hace más de diez años el Ingeniero sueco K. P. Billner iniciaba en los Estados Unidos la aplicación del vacío a las construcciones de hormigón. Desde entonces la técnica constructiva, la maquinaria y los accesorios especiales necesarios se han desarrollado hasta constituir hoy un conjunto homogéneo que designaremos con el nombre genérico de procedimientos *Vacuum Concrete*. Sorprende, en general, la escasa propaganda que hasta hace unos años se ha hecho de estos procedimientos, cuya aplicación estaba limitada casi exclusivamente a los Estados Unidos. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que durante los años de la última guerra mundial los principales usuarios han sido los Ingenieros del Ejército y de la Marina americanos. Esto explica la escasa divulgación que hasta últimamente han tenido.

Terminada la guerra, los procedimientos *Vacuum Concrete* se han extendido rápidamente por el mundo. Ya en Rusia, y al amparo de los tratados de alianza ruso-americanos, se utilizaron en varias obras a partir de 1943. Hoy día, numerosas sociedades especializadas trabajan en América del Sur, en África del Sur y en Europa Occidental.

El principio fundamental y general es la utilización de la presión atmosférica como fuerza de trabajo. Así como hasta ahora mediante compresores mecánicos se ha hecho uso del aire comprimido, de igual forma y mediante la utilización de una bomba de vacío que en definitiva puede asimilarse a un compresor invertido, los procedimientos *Vacuum Concrete* utilizan la presión atmosférica para toda una serie de aplicaciones que examinaremos a continuación.

Hormigón al vacío.

Se entiende por hormigón al vacío cualquier clase de hormigón al cual, recién vertido, se le aplica superficialmente una ventosa en cuyo interior se hace el vacío para extraer de su masa el exceso de aire y agua

que contenga. La acción principal del vacío aplicado al hormigón es la presión atmosférica, que ejercida sobre la ventosa se transmite al hormigón, comprimiéndolo y, podríamos decir, exprimiendo de su masa el aire y el agua. En el croquis de la figura 1.^a se indica esquemáticamente este proceso. En *a*, el hormigón recién vertido en el recipiente se cubre con una placa rígida perforada. Si comprimimos esta placa contra el hormigón se llega al caso *b*, en donde el hormigón exprimido ha dado un sobrante de agua que se almacena en la parte superior. Este proceso puede realizarse con un esfuerzo mecánico cualquiera. Si en lugar de la placa perforada colocamos una ventosa como en *c*, en el interior de la cual se hace el vacío mediante un tubo central, se llega al caso *d*, en donde el esfuerzo mecánico de compresión es la misma presión atmosférica, y por el tubo de vacío se establece el gradiente de presiones necesario para la «evacuación» del agua. Al hablar, por lo tanto, de hormigón al vacío es menester siempre tener en cuenta los dos efectos de aspiración y de compresión.

Maquinaria y accesorios.

En la práctica, los elementos necesarios son: una bomba de vacío, un tanque de sedimentación y las tuberías oportunas que transmiten el vacío a las ventosas. En aplicaciones horizontales estas ventosas se constituyen por paneles *standard* de 0,90 m. por 1,20

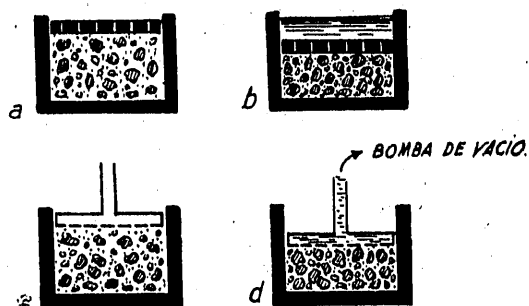


Figura 1.^a

metros, de madera o chapa metálica, que llevan en su parte inferior unos intersticios cubiertos por una materia filtrante en contacto con el hormigón. Al aplicarse la ventosa contra el hormigón recién vertido, la

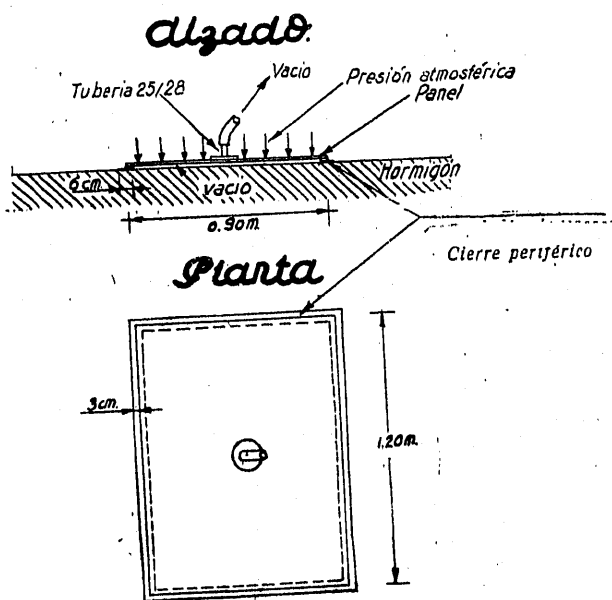


Fig. 2.^a — Ventosa standard.

cámara estanca de vacío queda constituida en los intersticios limitados superiormente por el panel, inferiormente por el hormigón, y, periféricamente, por un cierre elástico unido al panel y que al hacer el vacío



Fig. 3.^a — Ventosa standard en funcionamiento.

se aplasta contra el hormigón. Esto resuelve el problema de estanqueidad en los bordes por donde pueden producirse las entradas de aire. Con ello se llega a presiones del orden de 8 Tn. por metro cuadrado. Los intersticios proporcionan una distribución uniforme de presiones y los canalillos necesarios para la evacuación

del aire y del agua. En la figura 2.^a indicamos un esquema de esta disposición. En las fotografías de las figuras 3.^a y 4.^a pueden verse estas ventosas. En estructuras inclinadas o verticales, el vacío se puede aplicar en idéntica forma, colocando en el interior de los encofrados una superficie de percolación para formar la cámara de vacío. El encofrado ha de ser estanco.

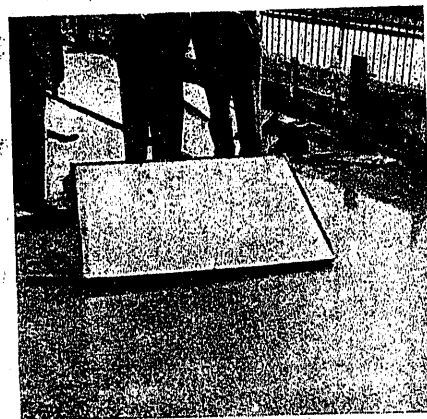


Fig. 4.^a — Parte inferior de la ventosa standard.

Existe un grado de vacío óptimo que es menester conservar para obtener buenos resultados. Un vacío demasiado débil puede pecar de ineficaz y obligar a una duración excesivamente larga del tratamiento, mientras que un grado excesivo de vacío puede ser perjudicial. Las bombas generalmente más utilizadas son bombas rotativas de aire seco, cuyo manejo es fácil y que son, además, robustas y de tamaño reducido. Al ser las bombas de aire seco, es menester intercalar un tanque de vacío, ya que la entrada de agua en el cuerpo de la bomba podría poner en emulsión el aceite de engrase. Por esto el tanque de vacío lleva dispositivos



Fig. 5.^a — Bomba de aire seco de 10 m.³ por minuto y tanque de sedimentación de 200 litros.

especiales para evitar la entrada de gotas de agua o de polvos en la bomba. En la figura 5.^a se ve una bomba pequeña rotativa de aire seco, de 10 metros cúbicos por hora con un tanque de vacío constituido por un bidón de 200 litros. En la figura 6.^a se muestra un grupo motobomba con tanque acoplado montado en camión, como los utilizados en la presa de Shasta.

En un circuito de vacío las pérdidas de carga tienen una importancia mucho mayor que en un circuito

agua-cemento. Bien es sabido que esta relación juega un papel importantísimo en las características resistentes del hormigón y, principalmente, en su resistencia a compresión, como puede deducirse de la figura 7.^a. A continuación vamos a estudiar estas mejoras, siendo los valores medios que reseñamos el resultado de innumerables ensayos y aplicaciones prácticas llevadas a cabo por los organismos constructores más importantes de los Estados Unidos, como son el "Bu-

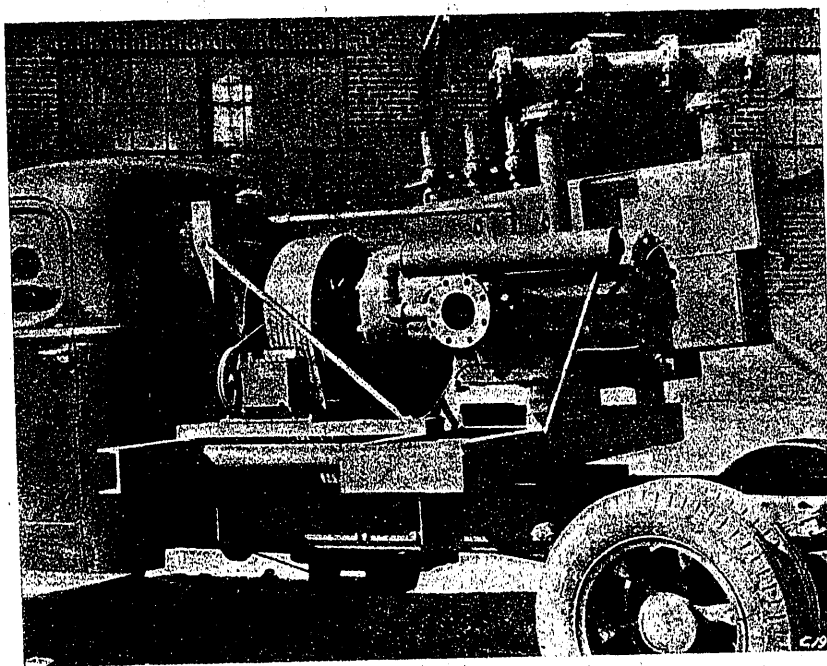


Fig. 6.^a — Grupo móvil motobomba, con tanque de sedimentación doble para 24 m.³ por minuto

de aire comprimido. Como es natural, no se pueden tolerar pérdidas grandes en una depresión cuyo valor es inferior a 1 Kg. Pérdidas de media atmósfera, que con frecuencia resultan admisibles en el aire comprimido, resultan aquí intolerables. Es, pues, imprescindible el llevar a cabo un estudio muy detallado de los circuitos.

A muchos ha preocupado el arrastre de cemento que puede ocurrir. El elemento filtrante limita, en el peor de los casos, el arrastre de cemento a un 1 por 1 000, y proporciona, además, una superficie extraordinariamente lisa desprovista de desconchados y facilita el desencofrado rápido sin dañar para nada la superficie.

Características.

Para enjuiciar la mejora que sobre un hormigón cualquiera puede tener el tratamiento por vacío, basta considerar sus dos efectos principales: apelmazamiento de la masa de hormigón y reducción de la relación

reau of Reclamation", los "Ingenieros del Ejército" y los "Ingenieros de la Armada".

Resistencia a compresión. — Al reducir la relación agua-cemento, es lógico que se produzca un aumento en la resistencia a compresión. Este aumento es al principio extraordinariamente alto y alcanza, a los veintiocho días, para hormigones de relación agua-cemento corrientes, un valor del 30 por 100, que se mantiene constante después. Las curvas de la figura 8.^a muestran este aumento. Las curvas de la figura 9.^a indican la dependencia que las resistencias a compresión a los veintiocho días tienen con la relación agua-cemento. La resistencia a compresión de un hormigón es uno de los índices más elocuentes de su calidad bajo casi todos los aspectos.

Resistencia a tracción. — Siempre considerando condiciones medias del hormigón, la aplicación del vacío proporciona un aumento de la resistencia a tracción del 75 por 100.

Impermeabilidad.—De los numerosos ensayos realizados sobre bloques de hormigón sometidos por una cara a una presión hidráulica de valor determinado y midiendo el caudal de filtración, se dedu-

hormigones. Característica fundamentalmente superficial la resistencia a los cambios alternos de hielo y deshielo, aumenta con el tratamiento por vacío en un 300 por 100.

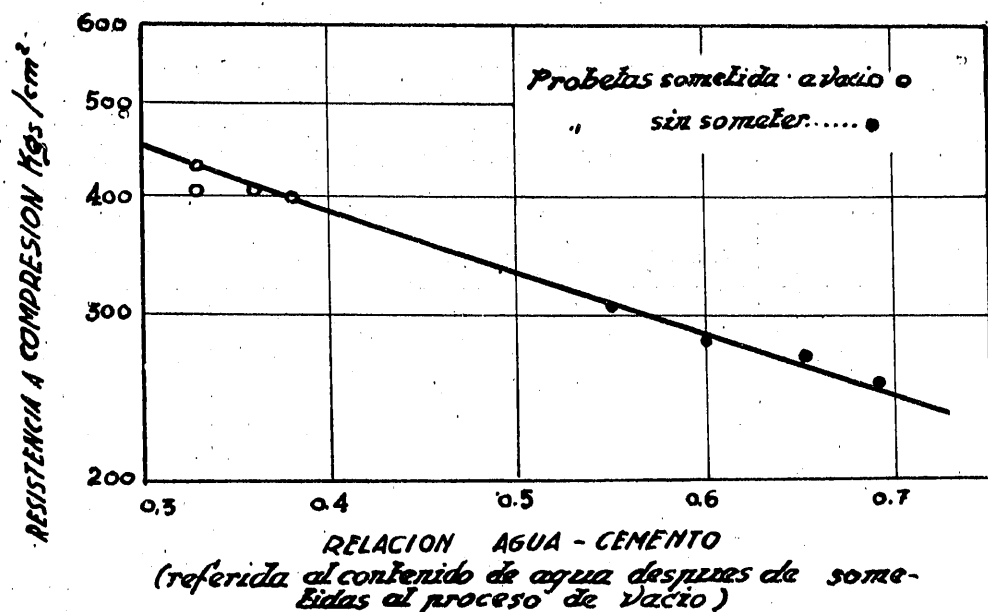


Fig. 7.ª — El aumento de la resistencia a compresión en el hormigón tratado por vacío es proporcional a la cantidad de agua extraída.

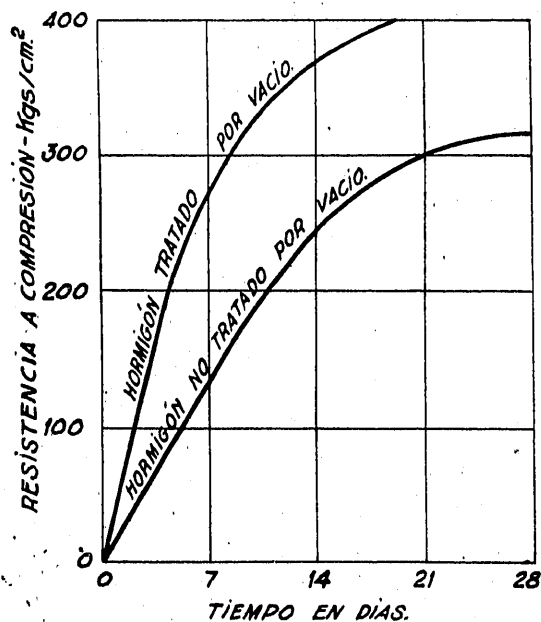


Figura 8.ª

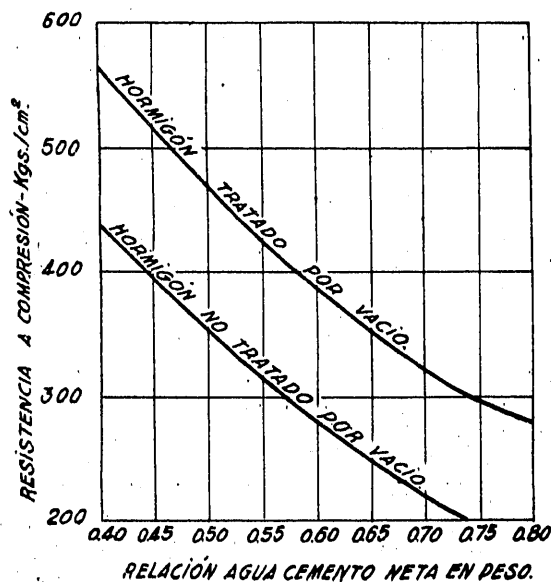


Figura 9.ª

ce un aumento de la impermeabilidad del 500 por 100.

Durabilidad.— De sobra es conocida la importancia que esta característica tiene en la mayoría de los

Desgaste superficial.— La resistencia a la erosión y a cavitaciones de pequeña intensidad que proporciona el tratamiento por vacío, ha originado su aplicación en los grandes vertederos de las presas estadounidenses.

ses. Respecto a un hormigón corriente, el aumento de esta resistencia, por el tratamiento por vacío, es del 150 por 100.

En los últimos ensayos realizados por el "Bureau of Reclamation" con una máquina de cavitación tipo

Adherencia. — Al colocar revestimientos de hormigón y aplicar el vacío, la presión atmosférica aplasta la placa del revestimiento contra la base, logrando, por lo tanto, una unión mucho más íntima. La disminución de la retracción, por otra parte, disminuye con-

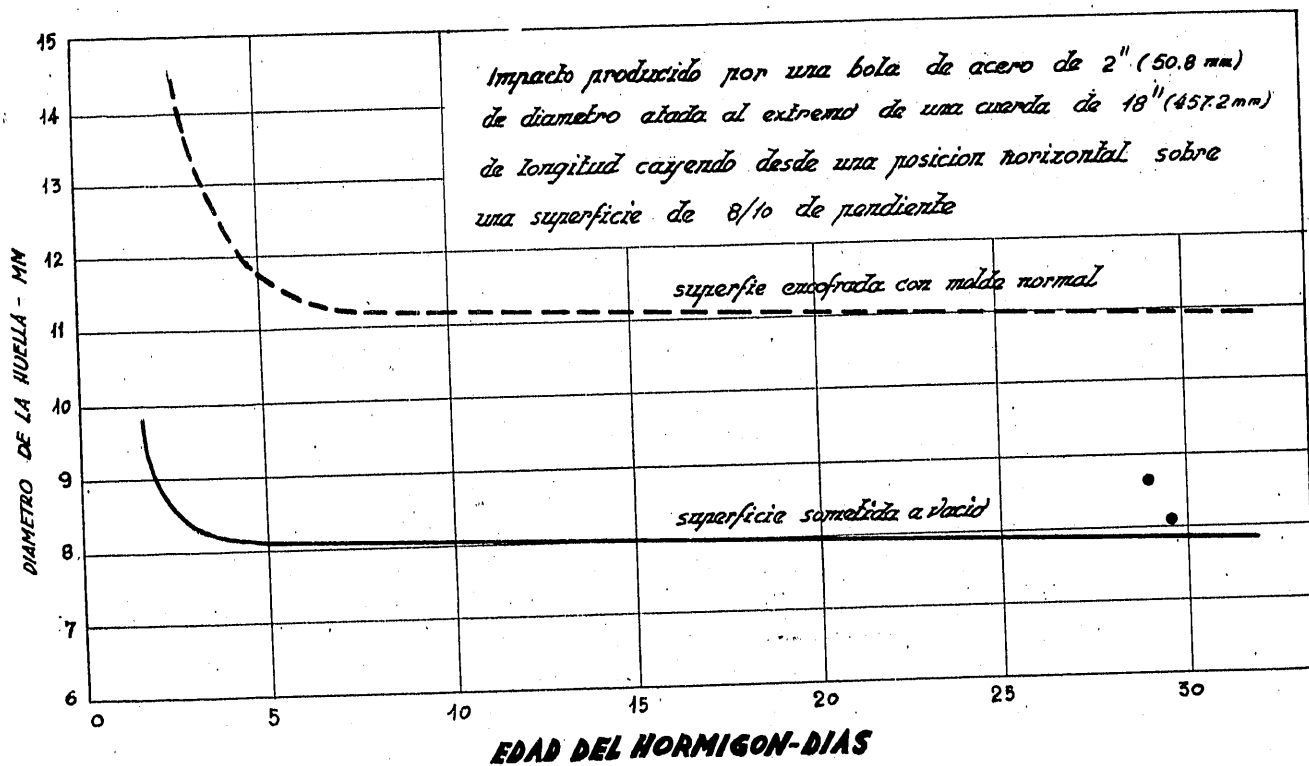


Fig. 10. — Comparación de la dureza superficial entre un hormigón normal y otro sometido a vacío, según ensayos de impacto. Presa de Shasta.

Venturi, el aumento de resistencia a la cavitación conseguido en las probetas tratadas por vacío ha sido del 300 por 100 (1).

Impacto. — Siempre dentro de las características superficiales, la dureza de un hormigón aumenta considerablemente con el tratamiento por vacío. La figura 10 indica los resultados obtenidos sobre el vertedero de la presa de Shasta.

Retracción. — La retracción es función más o menos directa de la relación agua-cemento. Es, pues, normal que al tratar por vacío el hormigón su retracción sea mucho menor y corresponda a la de un hormigón con relación agua-cemento equivalente a la que al final se consigue aplicando el vacío. La figura 11 indica esta dependencia, así como las variaciones de peso.

siderablemente la formación de grietas y los esfuerzos cortantes que pueden destruir la adherencia.

Para completar este estudio habría que reseñar las mejoras conseguidas en las variaciones de peso, módulo de elasticidad, etc., así como la textura mucho más fina que se consigue en las superficies, desprovistas de coqueras, burbujas y agrietamientos. La utilización de estas ventajas es cuestión que puede enfocarse bajo distintos puntos de vista.

Rápidez de desencofrado. — La resistencia inicial alta del hormigón al vacío y su desecación y apelmazamiento permite siempre un desencofrado mucho más rápido que con el hormigón corriente. Como ejemplo práctico, podemos indicar que una losa, después de un tratamiento por vacío de quince minutos, adquiere la dureza superficial suficiente para que, momentos después de retirar la ventosa, un hombre subido sobre ella no deje huella alguna. En la figura 12 puede notarse la diferencia entre los dos obreros: uno, sobre

(1) "Resistance of Concrete and Protective Coatings to Forces of Cavitation". *Journal of the American Concrete Institute*, octubre 1949.

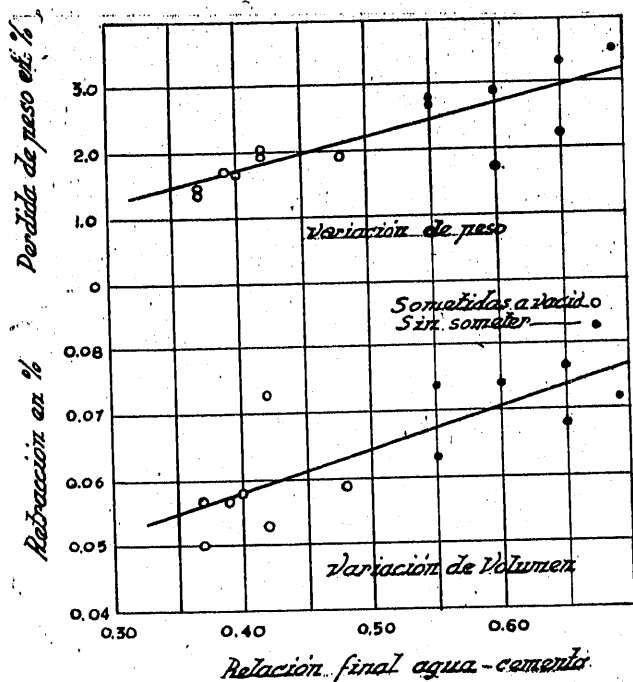


Fig. 11. — Pérdida en peso y retracción en función de la relación agua-cemento.

el hormigón fresco; el de la izquierda, sobre hormigón tratado por vacío. En general, los elementos prefabricados, que son: viguetas, tubos, losas nervadas, etcétera, pueden desencofrarse al terminar el tratamiento por vacío. Las empresas que se dediquen a la fabricación de estos elementos pueden reducir el número de moldes necesarios, ahorrar espacio, jornales, materiales o facilitar un incremento de la producción.

Facilidad de colocación. — Al exprimir el hormigón y extraerle, con el tratamiento por vacío, el exceso de agua de amasado que contenga, es posible trabajar con hormigones más fluidos sin menoscabo en las resistencias finales. Esto supone un ahorro de tiempo y de jornales en la colocación del hormigón, así como en su elaboración.

Aumento de calidad del hormigón. — Un hormigón cualquiera tratado por vacío adquiere una calidad superior. El tratamiento por vacío puede lograr, por lo tanto, la utilización del hormigón en aquellas estructuras que requieren coeficientes de trabajo altos o características resistentes especiales (vertederos, presas, canales, pistas de aterrizaje, etc.).

Economía de cemento. — Como contrapartida del aumento de calidad del hormigón, es posible, para igualdad de resistencias finales, reducir la dosificación de cemento y conseguir, por lo tanto, un ahorro de este material. Puede considerarse como término medio

que la extracción de un litro de agua corresponde a aumentar la dosificación de cemento en 2 Kg.

Según el criterio que se siga en cada obra y según las condiciones del país en donde se utilicen, este aumento de resistencia a compresión con sus altos valores iniciales puede utilizarse en distintas formas. Aquellos países en donde la relación de la mano de obra-precio de los materiales sea muy alta, como en los Estados Unidos, se tratará, sobre todo, de ahorrar jornales trabajando con hormigones fluidos. En los países en donde esta relación sea más baja, como en Europa, la tendencia será, generalmente, la de ahorrar materiales utilizando hormigones más pobres.

Aplicaciones.

El campo de aplicación del hormigón al vacío es extraordinariamente amplio. Hay, sin embargo, casos en que su utilización es particularmente indicada: estructuras de poco espesor (30 a 40 cm.), elementos prefabricados en donde la repetición de formas idénticas es muy elevada, tratamientos superficiales en obras hidráulicas, tuberías, etc.

A continuación reseñamos brevemente las aplicaciones más importantes que el hormigón al vacío ha tenido en el extranjero.

Obras hidráulicas. — La erosión o cavitación superficial que se produce en los vertederos de gran altura plantea el problema de la resistencia de su revestimiento. En el vertedero de la presa de Shasta (116 metros por 183 m.) se ha aplicado el vacío a toda la superficie. En las secciones inclinadas los elementos de encofrado se hicieron con paneles de 15 m. de largo y 1,80 de alto, llegando a utilizarse cada uno de ellos más de 100 veces. En el cuenco amortiguador y



Fig. 12. — Endurecimiento de un piso de hormigón tratado por vacío.

en las secciones no muy inclinadas el tratamiento por vacío se llevó a cabo con ventosas de tipo *standard* de 1,20 m. por 0,90. Pudo conseguirse así una superficie homogénea, sin cavidades de ninguna clase y con resistencia al desgaste 2,5 veces mayor que la de un hormigón corriente. En las figuras 13, 14 y 15 pueden verse el tratamiento del cuenco, una fotografía general de la presa en construcción y una comparación entre superficies tratadas y no tratadas por vacío, pertenecientes a una sección lateral en donde se hicieron ensayos previos a la construcción del vertedero.

Los paramentos deteriorados por los cambios de temperatura de la presa de Saint Croix, Falls (Wisconsin) se repararon con un revestimiento de 50 cm. de espesor tratado por vacío y sellado al cuerpo de presa por armaduras. En la presa de Dorena se aplicó también el vacío en los paramentos durante su construcción (fig. 16), así como en los canales de Friant-Kern, aguas abajo de la presa de Friant, California. La T. V. A. ha incluido en sus pliegos de condiciones la utilización del vacío en los desagües de la presa de Fontana. También en la presa de Dnieprostroi (U. R. S. S.) se hará uso de este procedimiento.

Diques, barcos, refugios antiaéreos. — En las obras de tipo militar, la rapidez constructiva y la calidad del material son características esenciales. La marina estadounidense ha construido en los diques de Brooklyn muros de 60 cm. de espesor y 12 m. de altura, tratándolos por vacío en capas de 1,20 m. de alto. En 1938, un refugio antiaéreo de sección parabólica pudo desencofrarse en cuatro horas, con resistencia suficiente al impacto de proyectiles de pequeño calibre. El fondo y los puentes de 28 barcos de hormi-

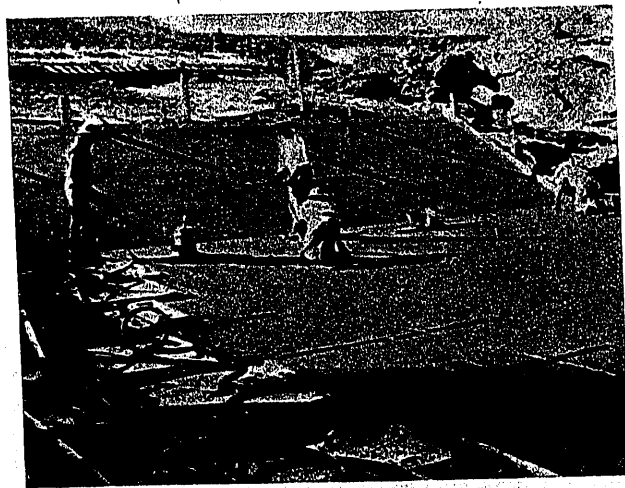


Fig. 13. — Tratamiento superficial del cuenco del aliviadero de la presa de Shasta.

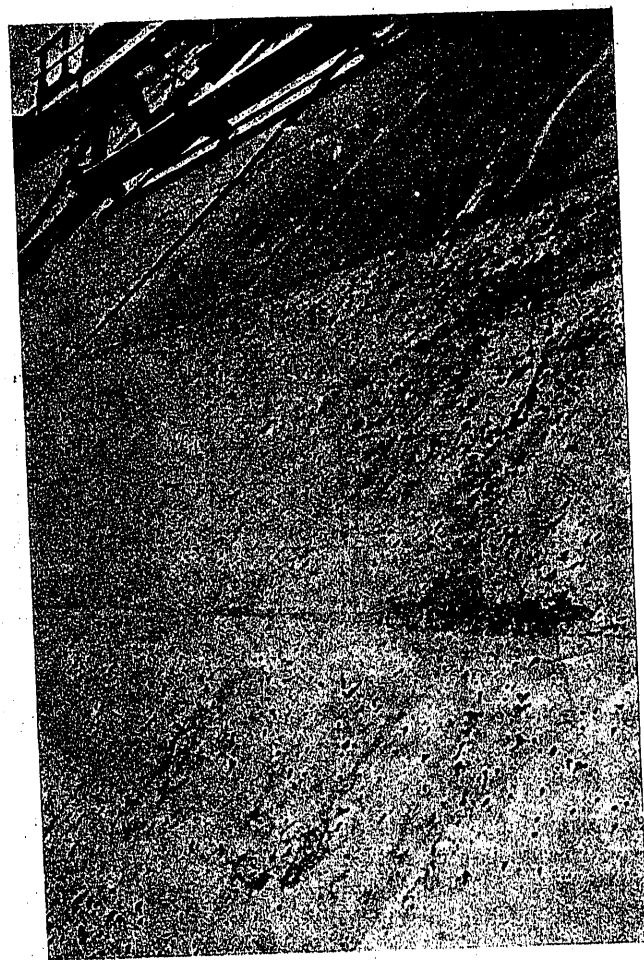


Fig. 14. — Comparación de superficies tratadas por vacío y no tratadas por vacío.

gón también se construyeron con hormigón al vacío durante la guerra.

Lósas, pisos, revestimientos de carreteras y de pistas. — En estos casos la utilización de las ventosas *standard* de 1,20 m. por 0,90 m. facilita un ritmo constructivo rápido y una organización sencilla. La aplicación se hace por hileras de ventosas colocadas una al lado de las otras, formando franjas transversales. La aplicación del vacío en cada ventosa dura diez minutos, al cabo de los cuales se avanza 1,20 m. de longitud para formar la hilera siguiente. El proceso es continuo, y tras las ventosas se efectúan las operaciones de acabado. Puede decirse, por lo tanto, que las ventosas vuelven a utilizarse cada quince minutos, con lo cual el trabajo en el tajo puede quedar perfectamente sistematizado. Este proceso viene ilustrado en la figura 17. Son muchos los revestimientos de carreteras, pistas de aterrizaje, suelos de casas de máquinas, canales, etc., que se han realizado con hormigón al vacío. A título de ejemplo, indicaremos la prefabri-

cación de losas en Francia para el revestimiento del canal de Ottmarsheim, de la "Electricité de France". Las losas tienen 3 m. por 7,30 m. por 9 cm. de espesor y pesan 7 toneladas. El ritmo de fabricación es de 100 losas al día, y su manejo puede realizarse a las

construcción de innumerables edificios. A partir de 1943 un porcentaje del orden del 80 por 100 de los edificios construidos con carácter no provisional en Washington han hecho uso del hormigón al vacío. Es el caso del Pentagon Building, del Ministerio de la

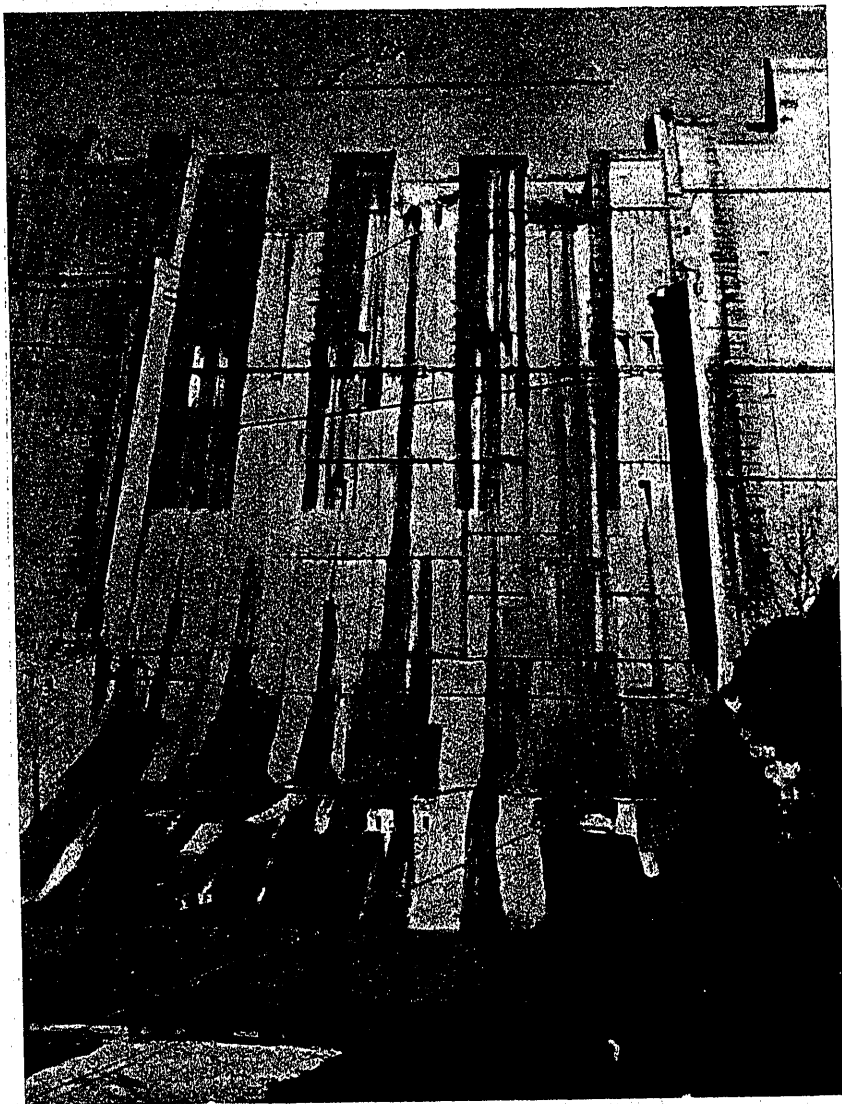


Fig. 15. — Aliviadero de la presa de Shasta durante la construcción.

ocho horas de su hormigonado. Para su elevación y transporte se utiliza el elevador por vacío, del cual hablaremos más lejos, con el que se ha conseguido un ahorro de armaduras (anclajes y refuerzos de enganche) del 25 por 100. En la figura 18 se ve el tratamiento de losas con paneles *standard*. En la figura 19, el elevador por vacío alzando una losa de piso.

El vacío se ha aplicado parcial o totalmente en la

Guerra, y del Census Building, de los Servicios de Estadística, en el cual, en seis semanas, se fabricaron 26 000 metros cuadrados de losas de 25 cm. La aplicación del vacío se ha extendido rápidamente a toda clase de viviendas, hangares, depósitos, etc. En la mayoría de ellos la construcción se llevó a cabo con elementos prefabricados de mayor o menor tamaño, llegando a la total prefabricación *in situ* por vacío

para viviendas aisladas de un solo piso. Entre innumerables ejemplos, podemos citar los edificios de la O. N. U., en Flushing Meadows, cerca de Nueva York, Whitmarsh Village, en Wyndmoor, Pa., así como

Tubos de hormigón. — El hormigón al vacío ha encontrado, desde el principio, en la construcción de tubos de hormigón, un amplio campo de aplicación. Esta es sencilla, al ser la construcción de los tubos ver-



Fig. 16. — Tratamiento por vacío de los paramentos de la presa de Dorena.

otros proyectos en las islas del Pacífico, en Bélgica y en Egipto (Ciudad de Heliópolis)

En la figura 20 el desmoldeo de una viga en U se hace con el elevador por vacío, poco tiempo después de su hormigonado. En las figuras 21 y 22 pueden verse la colocación de un panel de muro y de una losa de techo para casas prefabricadas.

cionales, y el número de moldes y de bases que se necesitan, mucho más reducida que con cualquier otro sistema. Son muchísimas las firmas estadounidenses que utilizan el proceso para este propósito (Chairman Concrete Pipes Company, Thomas Concrete Pipes Company, Concrete Products Company of America). Las figuras 23, 24 y 25 indican varias fases del pro-



Fig. 17. — Continuidad del tratamiento por vacío en superficies horizontales.



Fig. 18. — Tratamiento por vacío de losas prefabricadas

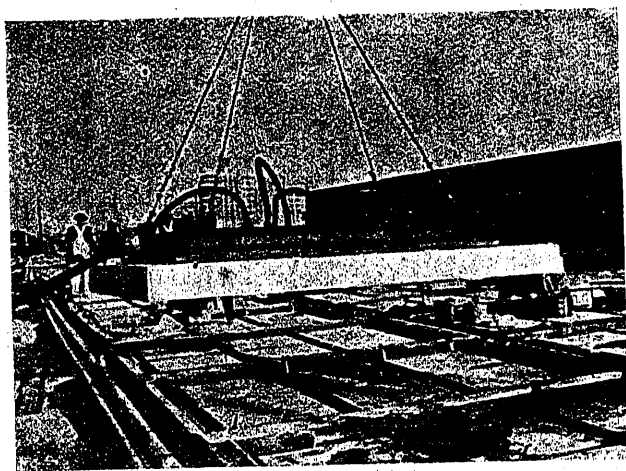


Fig. 19. — Desmoldeo de losas por el elevador por vacío

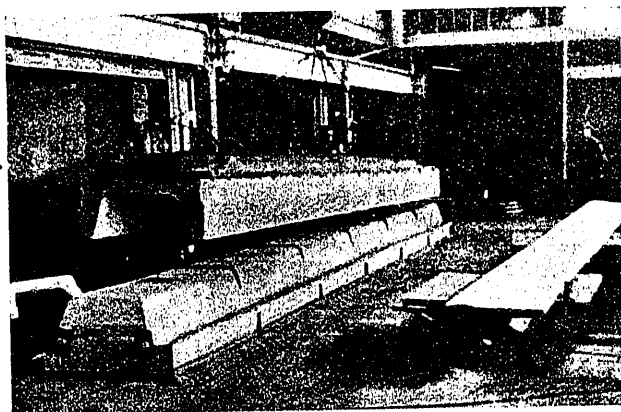


Fig. 20. — Desmoldeo de una viga en U y elevador por vacío. Nótese el encofrado inferior de hormigón y los encofrados laterales, desmontables, para facilitar el desmoldeo.

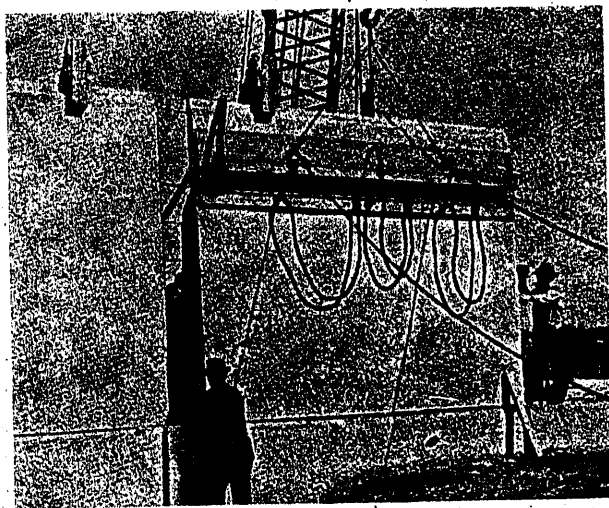


Fig. 21. — Colocación de un panel de muro. Nótese que la fuerza aplicada por el elevador por vacío puede ser paralela a la superficie del panel.



Fig. 22. — Colocación de una losa de techo.

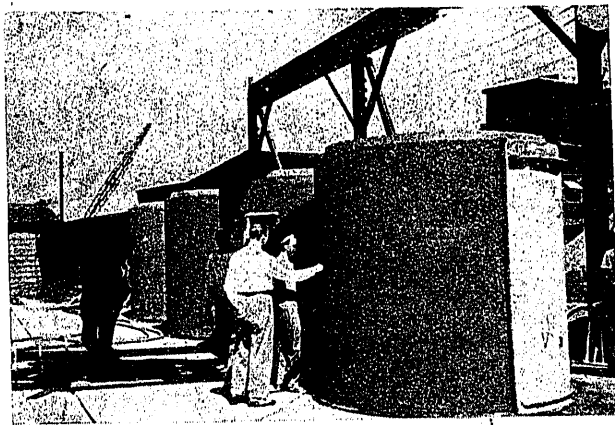


Fig. 23. — Desencofrado de un tubo. Nótase la calidad de la superficie.

ceso constructivo para tuberías de 2,30 m. de diámetro interior en trozos de 2,70 m. de largo con espesores de 18 mm. Cada trozo pesa 8 toneladas, y pueden elevarse y transportarse con cables, a las cuatro horas de su hormigonado. Con este procedimiento se han llegado a fabricar tubos de 4 m. de diámetro interior.

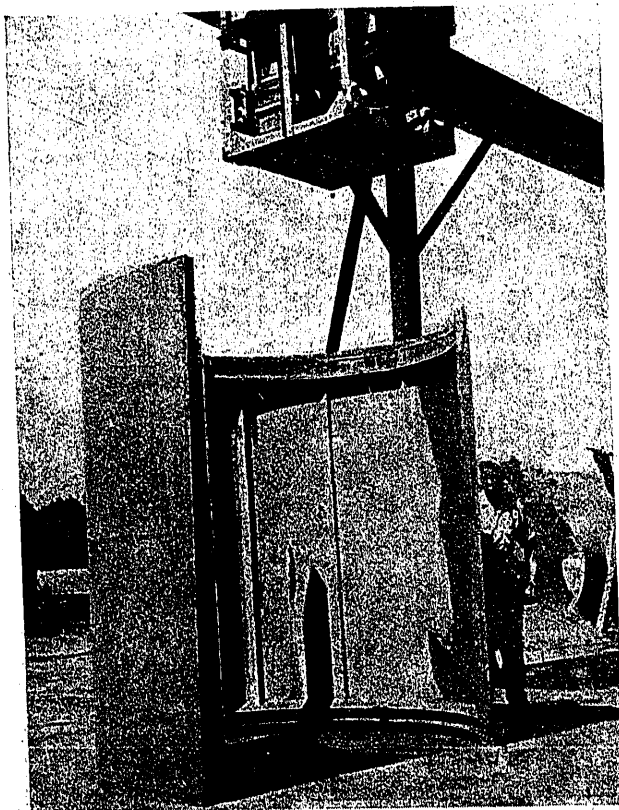


Fig. 24. — Molde interior de tubería.

Otros aspectos de los procedimientos Vacuum Concrete.

No queremos terminar este artículo sin describir rápidamente otros aspectos de los procedimientos Vacuum Concrete.

El elevador por vacío. — Para manejar piezas de hormigón prefabricadas es necesario esperar a que hayan adquirido la resistencia suficiente para poder soportar cargas concentradas producidas en los puntos de enganche. Es menester, además, dejar en la masa del hormigón embebidos refuerzos y armaduras suplementarias para poder efectuar el enganche de las grúas o aparatos elevadores. Con el elevador por vacío desaparecen estos inconvenientes, y la unión con

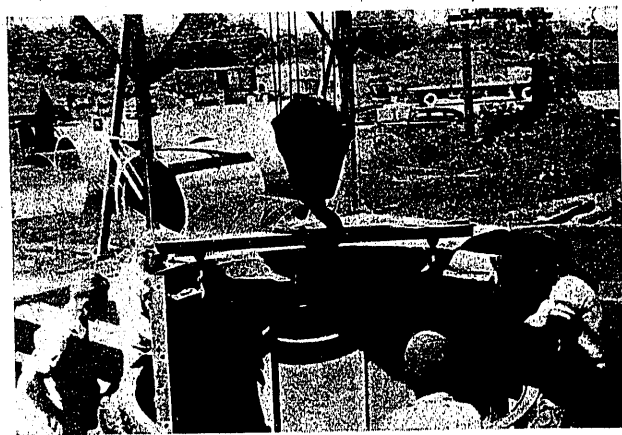


Fig. 25. — Desencofrado de un molde interior.

la pieza de hormigón se logra mediante un efecto de ventosa. Como puede verse en el croquis de la figura 26, el elevador por vacío es sencillamente una serie de ventosas rigidamente unidas que se adhieren a la pieza de hormigón por efecto de la presión atmosférica cuando en su interior se aplica el vacío y a cuya estructura rígida pueden engancharse los cables de las grúas. Cada ventosa está constituida por un panel estanco metálico o de madera, con un cierre que hace las veces de asiento elástico y cierre hermético periférico. La cámara de vacío queda completa con la superficie de la pieza de hormigón. La concentración de cargas se evita mediante la colocación de asientos elásticos interiores del mismo espesor que el cierre de borde. En varias figuras anteriores se han mostrado fotografías de este aparato, y en la figura 27 puede verse un elevador por vacío, basculando losas prefabricadas.

Fijación de encofrados. — El mismo principio utilizado en el elevador por vacío puede emplearse en la

Planta

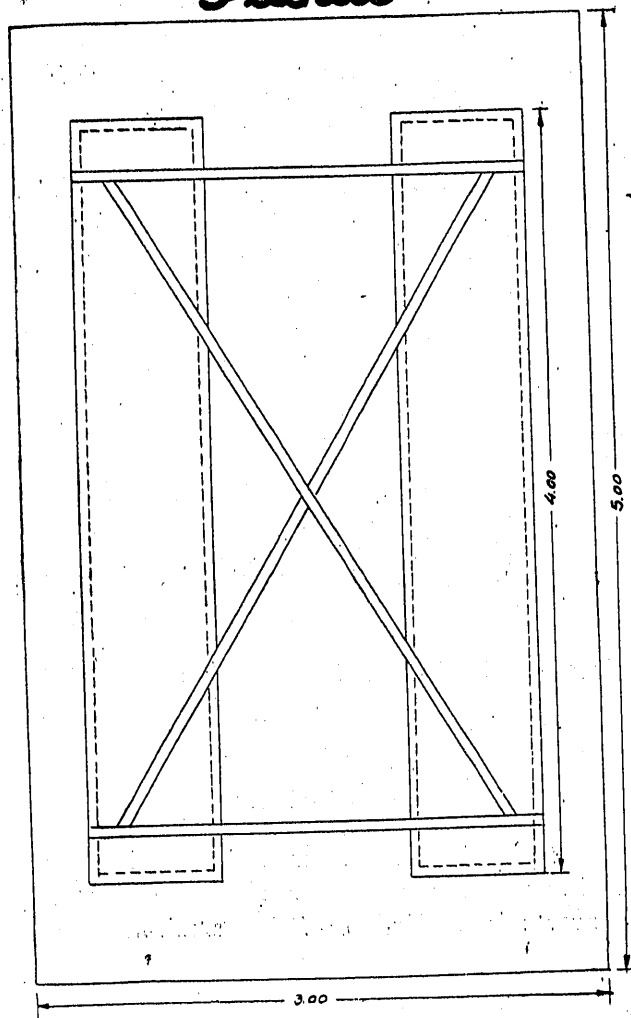
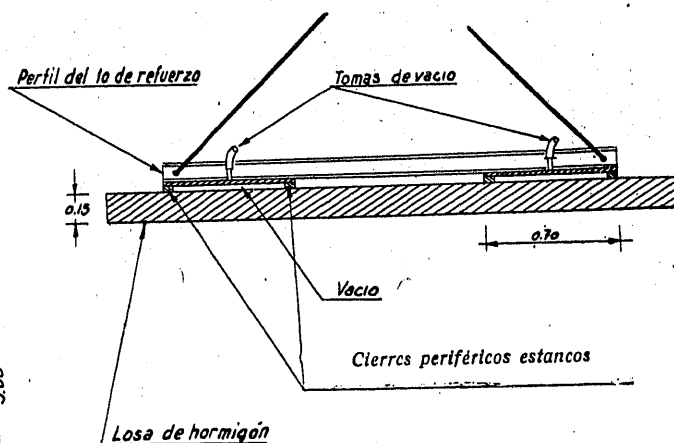


Figura 26.

fijación de encofrados. En el caso de superficies verticales o inclinadas, la misma ventosa utilizada en el tratamiento del hormigón puede adaptarse para que sirva de elemento sustentador del encofrado superior. Una vez efectuado el tratamiento por vacío se sigue aplicando éste, con lo que la ventosa sigue adherida al hormigón. Mediante uniones rígidas, pueden entonces apoyarse las ventosas del encofrado superior sobre ellas y proceder al hormigonado. Al enrasar estos encofrados superiores se les aplica el vacío, y una vez suficientemente desecado el hormigón, pueden pasar a su vez a constituir el elemento sustentador del encofrado siguiente, retirándose entonces las ventosas inferiores, que pueden utilizarse en la posición superior. Esto constituye lo que los americanos han llamado encofrados *Sky hooked*, o sea colgados del cielo.

Alzado



Empalme de hormigones. — Ya hemos indicado, al hablar del hormigón al vacío, el aumento que el procedimiento confiere en la adherencia del hormigón a hormigones más antiguos. Mediante la adaptación de las ventosas a la configuración particular de cada caso, se hace posible el empalme de piezas prefabricadas. En el caso de dos elementos de muro, por ejemplo, ya sea en un empalme a escuadra o sobre el mismo plano, basta cubrir la junta por una ventosa compuesta de los siguientes elementos:

En cada extremo, una ventosa de tipo elevador por vacío o fijador por vacío, para lograr la fijación del

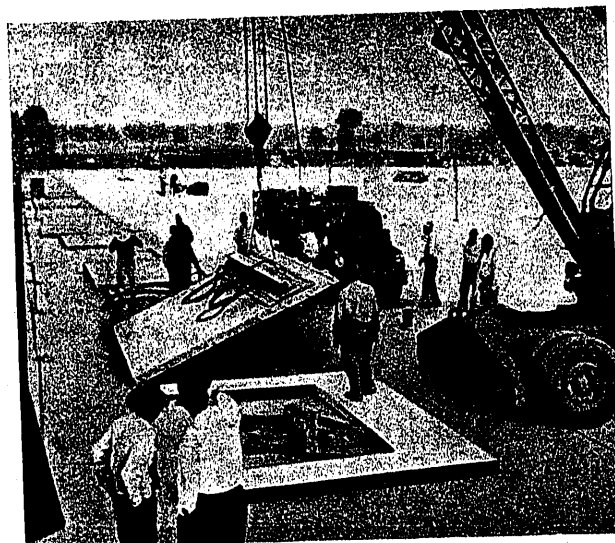


Fig. 27. — Giro de un panel de muro.

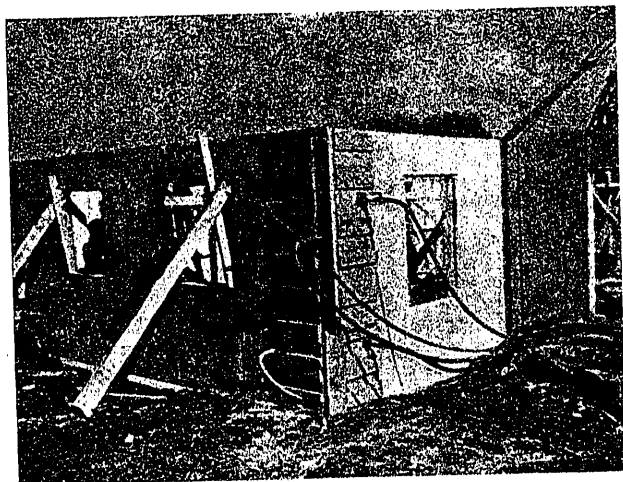


Fig. 28. — Empalme en ángulo de dos paneles de muro.

encofrado; en la región de la junta, una ventosa del tipo utilizado en el tratamiento del hormigón. Estas tres ventosas están rígidamente unidas, de forma que al hacer el vacío en los dos extremos quedan fijados los paneles uno a otro. Se procede entonces al vertido y vibrado del hormigón intermedio, al cual, una vez colocado, se le aplica el vacío, logrando con ello una adherencia perfecta. Una vez el empalme realizado en esta forma, las ventosas pueden retirarse para su aplicación en otra junta similar; en la figura 28 indicamos ejemplos de este dispositivo, que constituye, en cierto modo, una soldadura de hormigones.

Vacío con presión superatmosférica. — Este término, empleado por el Sr. Billner en los Estados Unidos, corresponde a la posibilidad de tratar el hormigón por vacío con una presión mayor que la que corresponde a la presión atmosférica actuando sobre la superficie de aplicación. En el esquema de la figura 29

puede verse la puesta en práctica de este principio. Consiste, en esencia, en hacer el vacío en una cámara estanca de cierres periféricos elásticos, cuya superficie total es mayor que la de contacto con el hormigón recién vertido. Es posible hacer comprimir la masa de hormigón con una presión equivalente a la atmosférica aplicada a su superficie, multiplicada por la relación de áreas de la ventosa total, a esta superficie de aplicación. Este principio puede tener aplicación en todas aquellas piezas prefabricadas de forma sencilla en donde se desee un hormigón muy compacto.

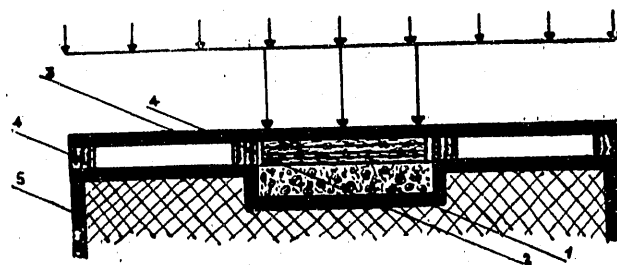


Fig. 29. — Principio del vacío con presión superatmosférica: 1, hormigón recién vertido; 2, superficie de percolación; 3, panel estanco; 4, cierres periféricos; 5, superficie de moldeo.

Conclusión.

Los procedimientos Vacuum Concrete introducen en el campo de la construcción un elemento de trabajo nuevo: la presión atmosférica. Mediante la creación del vacío en el interior de ventosas adecuadas puede utilizarse esta fuerza para exprimir hormigones y reducir sus relaciones agua-cemento, para elevar elementos estructurales o sujetar encofrados, etc. Su empleo es sencillo, y sus características más destacadas son: rapidez y economía en las obras.