

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

BLOQUES DE HORMIGÓN PARA CONSTRUCCIONES URBANAS

Desde hace unos cuatro ó cinco años se ha desarrollado de una manera extraordinaria, en los Estados Unidos principalmente, el empleo de un material de construcción que en realidad no se le puede calificar de nuevo, porque con dimensiones mucho mayores se aplica desde hace mucho tiempo en la construcción de obras marítimas. El material á que nos referimos es el mortero ú hormigón confeccionado con cemento Portland y moldeado en forma de sillares, dinteles, dovelas, ménsulas, etcétera, etc., conocido entre los norteamericanos con el nombre de bloques de hormigón para construcciones urbanas (Concrete Block Building), y los cuales pueden ser huecos ó macizos. Dicho material se emplea tanto en los Estados Unidos que actualmente existen en este país más de mil Empresas que se dedican á su explotación con resultado satisfactorio, tanto desde el punto de vista técnico como del financiero, siempre que la confección de los morteros y hormigones y la fabricación de los bloques se verifican en la forma y con los procedimientos que la experiencia ha demostrado son los mejores.

En el presente artículo nos proponemos dar á conocer el estado actual de esta cuestión, así como los procedimientos que deben seguirse para la fabricación de los bloques, creyendo que no carecerá de interés lo que exponemos porque en España habrá casos en que será conveniente la aplicación de este nuevo material de construcción.

No creo necesario hacer constar que el presente artículo no es ni puede ser original: si tiene algún mérito es únicamente el de ser una recopilación, un resumen de lo que se ha escrito en estos últimos meses sobre bloques de hormigón, principalmente de las Memorias premiadas en el concurso patrocinado por las revistas norteamericanas *Engineering News* y *Cement Age* verificado el año último, concurso que demuestra la importancia del asunto.

Expuestas estas ideas preliminares, vamos á entrar de lleno en nuestro trabajo.

I.—Notas históricas.

El empleo del hormigón en la construcción data del tiempo de los romanos. Á pesar de que éstos no conocieron otro cemento que el formado por la mezcla de cal grasa y puzolanas, demostraron gran inteligencia y habilidad en la construcción de muros, arcos y cúpulas de hormigón, algunas de cuyas construcciones subsisten todavía, demostrando de una manera palmaria la edad que puede llegar á alcanzar este material.

La fabricación de bloques de hormigón para construir edifi-

cios análogamente á como se levantan con ladrillos y sillares data de mediados del siglo XIX. En un principio los bloques se hacían macizos, no generalizándose su uso porque pesaban mucho y por lo tanto se manejaban con dificultad.

Mr. Obediah Parker, de Nueva York, fabricó é hizo aplicación á las construcciones de bloques macizos de hormigón, obteniendo la patente para su procedimiento en 1835, razón por la cual debe considerarse á Mr. Parker como el inventor de la piedra artificial. Mr. Gibbs, Ingeniero inglés, confeccionó bloques huecos de hormigón con moldes ideados por él, reducidos sencillamente á tableros desmontables y núcleos macizos para formar los huecos. Mr. Thomas Heap, de los Estados Unidos, construyó en 1868 muros con bloques huecos de hormigón confeccionados por él, muros que existen actualmente, y en tan buen estado como los contruidos con piedra natural en la misma región. Mr. Thomas B. Rhodes de Lebanon, Ohio, confeccionó bloques huecos durante los años 1873-74; más del 60 por 100 de los bloques que se fabrican hoy día tienen formas derivadas del modelo de Mr. Rhodes. Mr. Sellars, de Inglaterra, obtuvo en 1875 patente para bloques huecos que podían macizarse ó no después de colocados en obra. En la Exposición de Filadelfia de 1876, Guillermo Johnson, de Brooklyn, presentó bloques huecos de hormigón; desde aquella fecha hasta 1880 se registraron más de 40 patentes en los Estados Unidos, Inglaterra y Francia; actualmente pasan de 1.600 las concedidas.

De las noticias que se tienen sobre los diversos sistemas de fabricación de bloques de hormigón empleados hasta 1885, parece deducirse que este material se colocaba en los moldes en estado pastoso, por lo cual los bloques no se podían desmoldar hasta pasadas algunas horas después de su confección.

Hoy día existen procedimientos que permiten desmoldar los bloques tan pronto como se llenan los moldes y se termina la compresión así como fabricarlos mecánicamente. El creador de este procedimiento es indudablemente Mr. H. S. Palmer de los Estados Unidos; sus patentes principales fueron registradas los años 1887 y 1899.

II.—Formas de los bloques.

Respecto de este particular empezaremos por traducir lo que escribe Mr. Rice en la Memoria favorecida con el primer premio en el Concurso antes citado:

«Toda persona que intente la fabricación de bloques de hormigón debe empezar por hacer un estudio detenido de las formas y dimensiones que se adoptan para los que actualmente se construyen, así como de las combinaciones que es posible hacer con aquéllos en los edificios.

»Los bloques macizos reúnen todas las ventajas de la piedra natural, pueden tener la forma y tamaño que se desee sin nece-

sidad de trabajo alguno de cantería para colocarlos en obra, verificándose su asiento en menos tiempo y con menos trabajo que el de sillería; los bloques pueden fabricarse en el mismo emplazamiento de la obra, lo cual representa una gran economía en los gastos de transportes, y, por último, tienen la ventaja sobre la piedra natural de que su resistencia crece con el tiempo llegando a alcanzar valores muy grandes.

»La construcción de bloques huecos tuvo su origen en las ventajas que ofrecen los muros huecos desde el punto de vista higiénico. En un principio los muros se formaban por otros dos muy delgados y paralelos a la distancia conveniente y enlazados entre sí con tirantes de hierro. Con muros huecos las cons-

ques de hormigón huecos cuyo empleo se inició en América hará unos diez y siete años. Dichos bloques están constituidos por dos placas verticales y paralelas de hormigón, que forman sus paramentos enlazados entre sí por otras verticales también y normales a las primeras. Los huecos de los diferentes bloques de un muro se corresponden después de colocados en obra, de tal manera que resultan cámaras de aire continuas desde los sótanos al tejado del edificio. La mayoría de los muros que se han construido en los Estados Unidos con bloques de hormigón lo han sido por este sistema, el cual ofrece un inconveniente, y es, que la humedad que absorbe la cara exterior del bloque pasa a la interior por los tabiques que enlazan ambas caras.

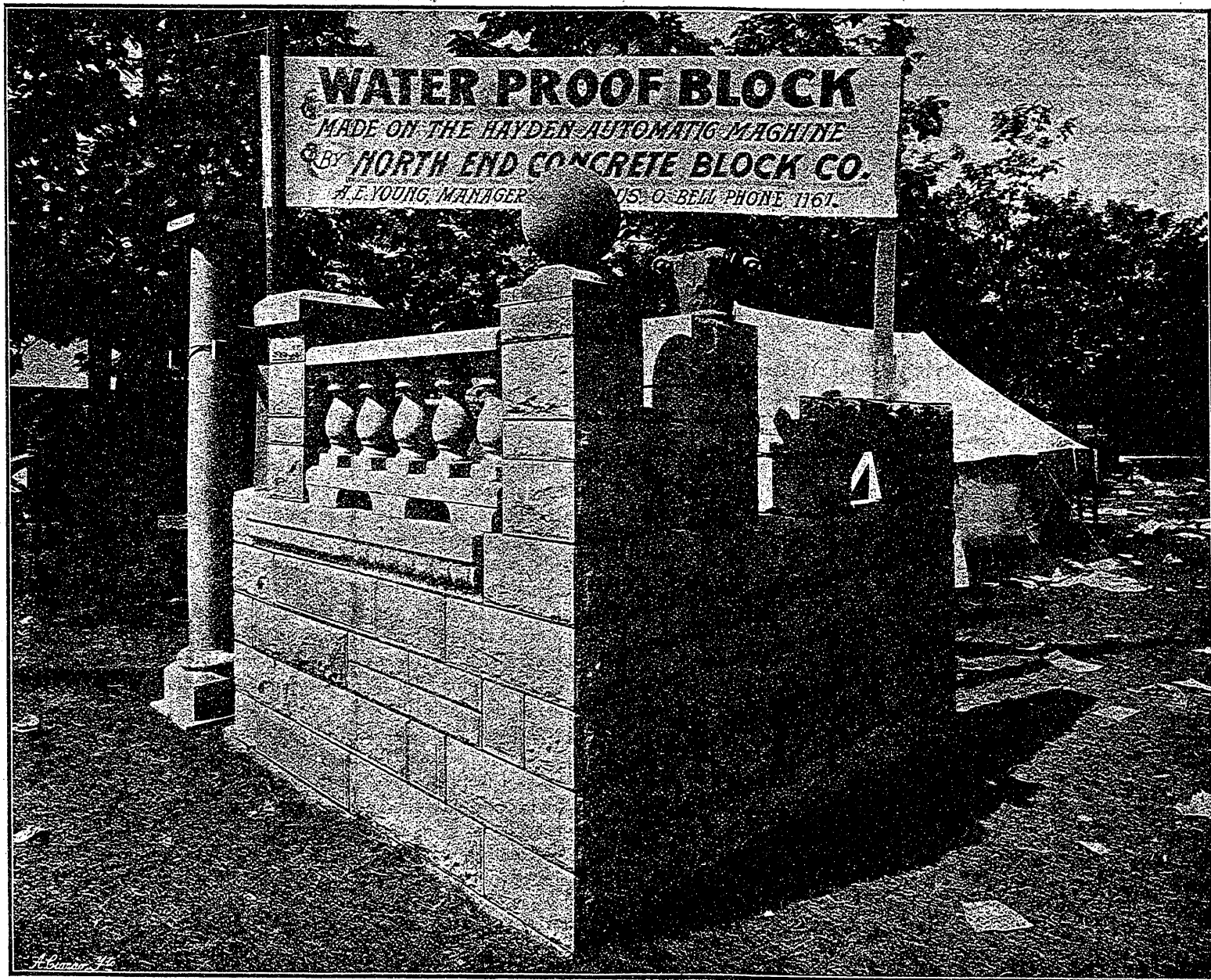


Fig. 10.

trucciones no son tan frías en invierno ni tan calientes en verano, como cuando aquéllas son macizas obteniéndose en la calefacción una economía del 25 por 100; además se evita el paso de la humedad, porque la que puede recoger el muro exterior no puede atravesar la capa de aire, y, por lo tanto, el muro interior se conserva seco, cuyo paramento del lado de las habitaciones puede decorarse directamente. El inconveniente de este sistema de construcción de muros está en que los extremos exteriores de los tirantes de hierro se oxidan, a consecuencia de lo cual sus enlaces con el muro correspondiente pierden resistencia.

»Con objeto de poder construir muros huecos que no tuvieran el inconveniente que acabamos de señalar, se idearon los blo-

»Como es natural, se ha tratado de corregir tal inconveniente procurando que los tabiques no fuesen continuos, dándoles formas sinuosas ó de S, a fin de poner dificultades al paso de la humedad desde la cara exterior a la interior.

»Las cualidades generales que reúnen estos bloques son las siguientes: primera, ningún bloque ó elemento de él cruza el muro por completo; segunda, con ningún bloque se forman simultáneamente el paramento exterior y el interior del muro; tercera, en una misma hilada no hay junta continua á través del muro; cuarta, se cruzan en sentido vertical las juntas de los tabiques, las cuales se sitúan lo más cerca posible de los paramentos; quinta, cada bloque está mantenido en su posición por otros ocho, á los cuales se enlaza con mortero de cemento; sex-

ta, en cada hilada existe una corriente horizontal de aire á través de las juntas abiertas de poco más de medio milímetro que hay en los tabiques transversales; séptima, con un bloque intermedio de forma apropiada pueden contruirse muros del ancho que se desee, con tres, cinco, siete ó más columnas de aire.

»Como este tipo de bloque es relativamente reciente, es conveniente decir algo sobre sus cualidades. La primera evita el paso de la humedad por atracción capilar. La segunda facilita la construcción del paramento. La tercera impide la formación de hielo en el paramento interior. La cuarta proporciona al muro una gran resistencia lateral. La quinta le da la condición de ser casi un monolito. La sexta le constituye en un muro á prueba de fuego que no conduce el calor, poco sonoro é impenetrable por la humedad. La séptima facilita la construcción de muros gruesos, como son los de sostenimiento, estribos de puentes, instalaciones refrigerantes, etc.

»Para levantar una construcción cualquiera además del bloque corriente, hacen falta varios de formas especiales para terminar los muros y construir los ángulos, puesto que, según ya hemos indicado, las juntas verticales no son seguidas. Por lo tanto, hay que fabricar medios bloques y bloques de esquina. También se necesitan bloques de formas y dimensiones especiales para las jambas, dinteles, cornisas, balaustradas, ménsulas, etc., etc.»

Los párrafos que hemos traducido nos dan una idea de la forma general de los bloques y de las condiciones que deben reunir para que los muros que con ellos construyamos tengan las condiciones mecánicas é higiénicas que se exigen hoy día en los edificios.

El bloque de hormigón debe tener un peso tal que se pueda manejar con relativa facilidad por un obrero, para lo cual no debe pasar aquél de 35 kilogramos.

Pasemos ahora á considerar en detalle varios de los modelos de bloques de hormigón que más se emplean.

Modelo Palmer.—Anteriormente hemos indicado algo sobre las patentes Palmer; la figura 1 es la reproducción de los dibujos que acompañaban á la petición de patente hecha en 1900. En aquélla, la figura 1' representa un bloque de esquina cuya forma es tal, que ésta pueda construirse con adarajas, correspondiéndose en sentido vertical los huecos de los diferentes bloques; las figuras 2' y 7' son las perspectivas de dos esquinas. En la figura 3' pueden verse dos bloques corrientes enlazados con un tercero dispuesto para que por su hueco se verifique el tiro de una chimenea ó estufa; si este hueco se maciza con hormigón, se constituye un verdadero pilar que puede recibir las cargas principales del edificio. Las figuras 4', 5' y 6' corresponden á un bloque de forma especial para recibir los extremos de las vigas y viguetas, para lo cual la cara inferior es maciza en toda la superficie, constituyendo un apoyo seguro para aquéllas y un refuerzo para el muro en el punto más necesario. La figura 7' da perfecta idea de la manera como se colocan las viguetas. La figura 8' corresponde al bloque corriente para muros, la 9' es el alzado de un

bloque para pilastras, y la 10' representa un bloque que pudiéramos llamar armado, el cual lleva en su masa una pletina de hierro ó de acero.

Una variante del modelo Palmer la constituye la idea de Mr. Purdy, que tiene por objeto evitar el paso de la humedad del paramento exterior al interior del bloque por los tabiques

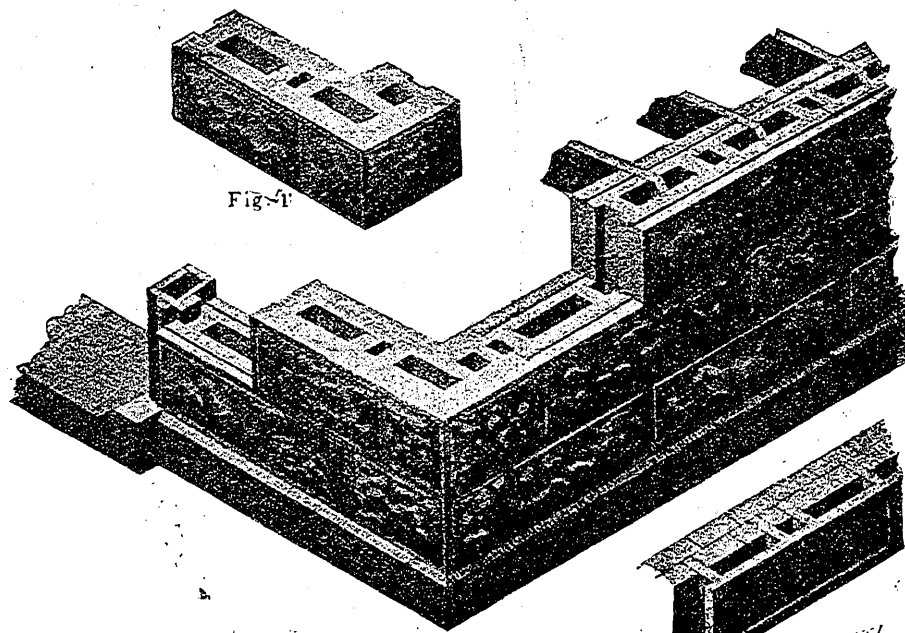


Fig. 1

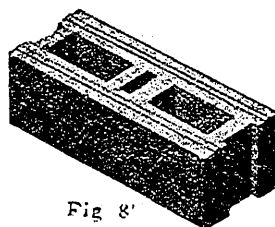


Fig. 2

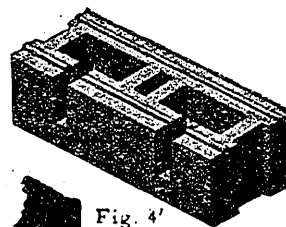


Fig. 3

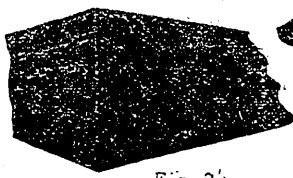


Fig. 4



Fig. 5

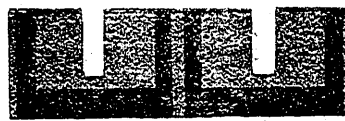


Fig. 6

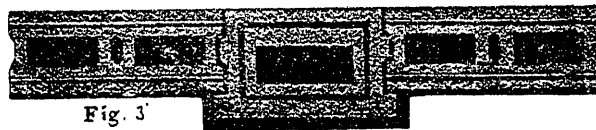


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

transversales. Dicha idea consiste (fig. 2), en constituir parte de aquellos tabiques en toda su altura con una mezcla muy rica en cemento ó con asfalto, para lo cual durante la fabricación del bloque se colocan cuñas en los sitios donde ha de ir la mezcla rica ó el asfalto A, cuñas que se retiran antes del fraguado del hormigón, para que de este modo el material que

las ha de sustituir enlace perfectamente con el resto del bloque. Los modelos «Miracle» (fig. 3), «Blakerlee» (fig. 4), y

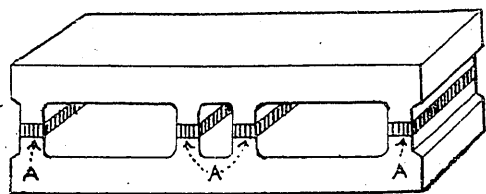


Fig. 2.

Dierlamm (fig. 5), son derivados del «Palmer», en las cuales el único objeto que se ha perseguido es evitar todo lo posible

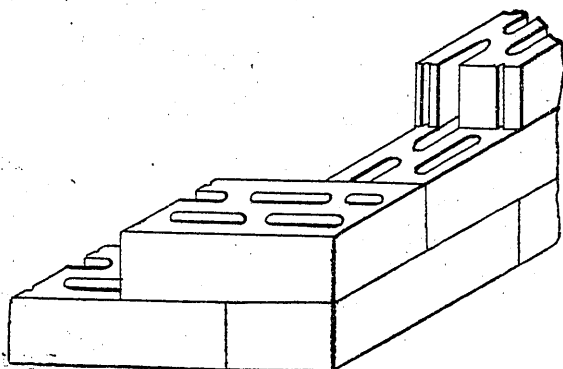


Fig. 3.

el paso de la humedad á través del bloque, para cuyo fin los tabiques transversales no son rectos.

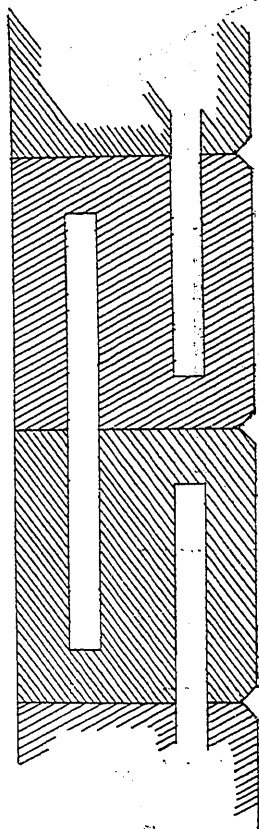


Fig. 4.

Modelo de la Compañía American Hydraulic Stone.—La sección horizontal de los bloques que emplea esta Compañía tiene forma de T sencilla cuya cabeza corresponde á la cara de paramento. Un solo bloque no es suficiente para dar á los muros el espesor necesario, porque el principio á que obedece su construcción es el de que simultáneamente ningún bloque forme parte de los dos paramentos del muro, á fin de evitar el paso de la humedad. La fig. 6 da idea completa de la forma de estos bloques y de la manera como se colocan en obra: la fig. 7 corresponde á un edificio construido con bloques de este modelo.

Ladrillos.—También se fabrican bloques de hormigón con las dimensiones de los ladrillos ordinarios en cuyas caras de paramento se pueden hacer toda clase de dibujos y adornos; tienen la ventaja de que su manejo es más cómodo que el de los bloques y de que su asiento en obra se verifica de la misma manera que el de los ladrillos de arcilla cocida. Las figuras 8 y 9 representan dos edificios construidos con

ladrillos de hormigón en estos últimos años.

Las formas de bloques de hormigón que hemos examinado son las corrientes hoy día en los Estados Unidos para construcciones urbanas, y aunque existen otras muchas con sus patentes correspondientes, en el fondo no tienen novedad y creemos que no ofrece interés alguno su descripción. Según Mr. Torran-

ce, durante el año de 1904 se registraron más de 60 patentes nuevas.

IV.—Materiales.

Según ya hemos dicho, los bloques de que nos venimos ocupando se confeccionan con hormigón, material formado por la mezcla íntima de cantidades convenientes de cemento Portland, arena, gravilla ó piedra partida y agua, con las que se forma una masa fluida, plástica, semi-plástica ó lo suficiente húmeda para adquirir cohesión después de comprimida: dicha masa colocada en moldes se endurece sin deformación, constituyendo lo que muchos llaman *piedra artificial*.

Sobre esta denominación dice Mr. Rice en su citada Memoria: «Al tratar de bloques de hormigón no puede menos de decir-

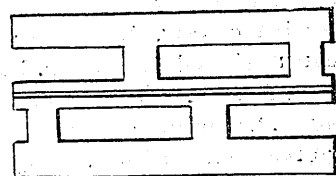


Fig. 5.

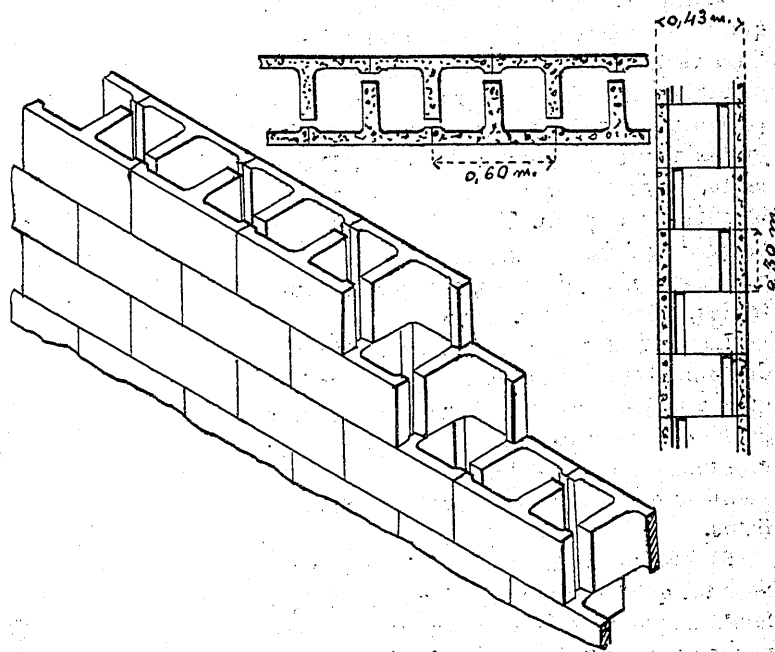


Fig. 6.

se algo sobre este material. Hemos leído y hemos oído hablar mucho de *piedra artificial*, y en nuestra opinión debemos destee-

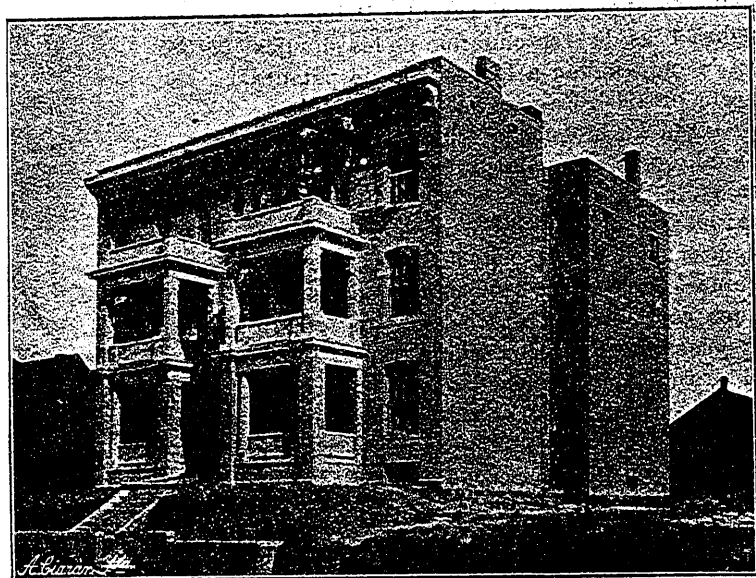


Fig. 7.

rrar de nuestro espíritu la idea que estas dos palabras recuerdan. El hormigón hay que considerarlo como la reunión ó aso-

ciación de ciertos elementos mezclados con arreglo á principios científicos para constituir un material útil al constructor por sus cualidades propias y no por su parecido con la piedra natural. Creemos que la tendencia exagerada hacia la imitación de esta última ha sido causa de muchos fracasos ocurridos en construcciones de hormigón. Este material, considerado tal cual es, y

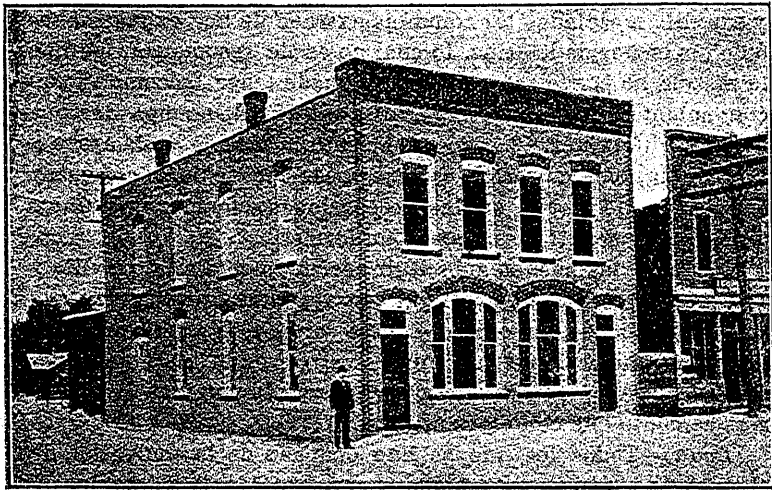


Fig. 8.

no por su parecido con la piedra natural, posee cualidades, aplicaciones y ventajas que le hacen digno de un estudio detenido. El hormigón no es otra cosa que una mampostería especial que se presta á infinitas aplicaciones por la gran facilidad con que se le puede dar cualquier forma y tamaño. Á causa del número de elementos que entran en la composición del hormigón, así como por la variedad de sus formas y dimensiones, es preciso que la manipulación del mortero se haga por procedimientos científicos lo cual no es necesario cuando se trata de construir mampostería ordinaria. El principio fundamental de la confección de bue-

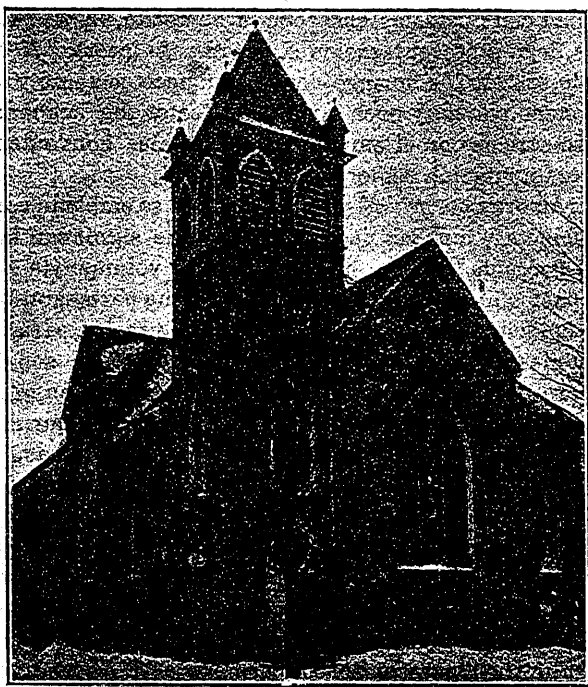


Fig. 9.

nos hormigones consiste en que cada partícula de arena se recubre por completo con cemento, y cada elemento de gravilla ó de piedra partida con la mezcla de cemento y arena. Debemos practicar con todo rigor este principio si no queremos incurrir en fracasos, como ha sucedido en más de una ocasión: por otra parte, observando fielmente dicho principio producirémos un mate-

rial para construir de tan excelentes cualidades que difícilmente se encontraría otro que pueda sustituirle con ventaja.»

Todos sabemos que el hormigón corriente se confecciona con cemento, arena, gravilla ó piedra partida y agua en proporciones que dependen del objeto de la construcción y también de la calidad de los materiales. Cuando el hormigón se dedica á la fabricación de bloques para construcciones urbanas, suelen emplearse otros materiales además de los mencionados y con fines distintos: tales son por ejemplo, el hidrato de cal, el alumbre y el jabón blando para dar impermeabilidad á la masa: las escorias substituyen total ó parcialmente á la gravilla ó á la piedra partida para dar ligereza y las sustancias colorantes para dar tonos ó matices uniformes á las caras de paramento: todos los cuerpos que acabamos de mencionar debilitan, por regla general, á los hormigones.

Estudiemos las condiciones que deben reunir cada uno de los materiales que entran en la confección de aquéllos.

Cemento.—Excusado nos parece decir que todo el que se emplee en los hormigones para bloques de los que ahora nos interesan debe ser Portland artificial de calidad superior, puesto que aquéllos han de formar parte de construcciones expuestas á la acción destructora de los agentes atmosféricos y han de conservar sus formas en perfecto estado durante el mayor tiempo posible. Respecto de las condiciones generales que han de satisfacer los cementos, no juzgamos oportuno ocuparnos de ellas en este momento, son de todos conocidas, y pueden consultarse en los libros que tratan de cemento.

Tanto M. Richey como Mr. Crafts, aconsejan que deben rechazarse en absoluto todas aquellas sustancias que se recomiendan por algunos fabricantes para acelerar el fraguado de los morteros y hormigones.

Es muy conveniente, antes de decidirse por un cemento, someterle á toda clase de ensayos en un Laboratorio, lo cual no tiene inconvenientes serios al proyectar una instalación para fabricar bloques; pero se comprende que estando en marcha la fabricación no es posible someter á un ensayo completo cada partida de diez, veinte ó más toneladas que se reciba, porque aquél tiene una duración incompatible con el funcionamiento económico del taller. Por esta razón vamos á dar á conocer unas cuantas reglas por medio de las cuales cualquier persona, por poco conocimiento que tenga de lo que es un cemento, podrá reconocer su bondad en muy poco tiempo. Primera: se llena un tubo de quinqué con cemento en seco y bien comprimido, se coloca dicho tubo en su posición normal en una vasija y se llena ésta de agua hasta que cubra por completo el tubo; si al cabo de un período de tiempo de seis á diez y ocho horas aquél se rompe, es porque el cemento contiene cal libre ó partículas inertes y debe rechazarse. Segunda: se confecciona un mortero de la misma composición que ha de tener el que se va á emplear y con él se llena una taza de té que se coloca en una atmósfera húmeda al abrigo de las corrientes de aire y del sol; si al cabo de veinticuatro horas la masa no tiene manchas en la superficie y se ha endurecido lo suficiente para poderla retirar de la taza sin inconveniente alguno, el cemento es aceptable; en el caso contrario, lo mismo que si presenta abultamientos, debe rechazarse. Tercera: se confecciona pasta de cemento con suficiente cantidad de agua (un 27 por 100 próximamente), la cual, después de bien batida durante dos ó tres minutos, se coloca sobre cristales planos formando dos tortas de un centímetro de espesor en el centro y nulo en los bordes, las cuales se conservan cubiertas con paños húmedos durante veinticuatro horas, al cabo de cuyo tiempo habrán fraguado. Una de las tortas se sumerge en agua fría durante siete días observando con frecuencia si se deforma, se agrieta ó presenta manchas. La otra se sumerge en agua que se hace hervir durante ocho horas examinando si la masa se destruye. Toda alteración hace, por lo menos, sospechoso al cemento.

Una de las condiciones esenciales que deben reunir los cementos para bloques de hormigón, es la constancia en el color

á fin de que éstos resulten con matices ó tener lo más uniformes posibles, y por lo tanto los paramentos de los muros correspondientes.

Arena.—En su elección para la confección de bloques debe procederse con más rigor que cuando ha de aplicarse á hormigones corrientes. Es opinión general que debe ser de granos angulosos, aunque Mr. Hagloch no rechaza la de granos redondos, así como que debe estar perfectamente limpia; sin embargo, Mr. Richey admite que la que se haya de emplear en el hormigón del cuerpo del bloque pueda contener hasta el 5 por 100 de arcilla uniformemente distribuida; pero aconseja que la que forme parte del hormigón de la cara exterior del bloque esté perfectamente lavada, si naturalmente no se encuentra limpia.

La mejor arena para confeccionar bloques de hormigón es la que se obtiene moliendo piedras silíceas; no tiene más inconveniente que el de resultar cara.

Para los hormigones que forman parte de la cara exterior de los bloques recomienda Mr. Rice el uso de arenas blancas análogas á las que se emplean en la fabricación del vidrio.

Recientemente ha verificado Mr. Hain en Chicago experiencias sobre la influencia de las arenas en morteros de cemento de dosis de 1 por 3, habiendo llegado á las siguientes conclusiones:

1.^a La arena que ha dado mejores resultados es la angulosa de superficies ásperas y formada con granos gruesos, medianos y pequeños.

2.^a Una cantidad de arcilla uniformemente distribuida por toda la masa y que no pase del 12 por 100 favorece la resistencia de los morteros.

3.^a Las sustancias vegetales en pequeña cantidad no ejercen influencia alguna, y si la ejercen es tan pequeña que no se aprecia.

En los estados meridionales de los Estados Unidos, en los cuales es difícil encontrar arena, se reemplaza ésta por conchas de ostras molidas, que dan muy buen resultado, siempre que los hormigones que con ellas se confeccionen no estén expuestos á la acción del fuego.

Gravilla ó piedra partida.—En la elección de uno ú otro de estos dos materiales para confeccionar los bloques de hormigón tiene mucha influencia la mayor ó menor facilidad con que puede obtenerse cada uno de ellos; si es la misma, hay varias opiniones sobre sus ventajas respectivas. Mr. Rice es partidario de la gravilla, porque es más resistente y más dura que la piedra partida, aunque muchos constructores emplean esta última con excelente resultado. Cuando se hace uso de la piedra partida, hay que elegir ésta con la precaución de que su resistencia sea mayor que la del mortero con que se ha de mezclar, porque de lo contrario el hormigón resultaría débil. Se han hecho ensayos comparativos de las resistencias que alcanzaban hormigones confeccionados con gravilla unos y con piedra partida los otros, de los cuales ha resultado que por el pronto tienen resistencias mayores los segundos; pero con el tiempo toman la delantera los primeros.

No es conveniente el empleo de la piedra partida procedente de rocas calizas, por la propiedad que tienen éstas de aumentar ó disminuir de volumen con la absorción ó expulsión de la humedad. Sin embargo, cuando la propiedad absorbente de aquellas rocas tiene poca importancia, no hay inconveniente en emplearla para la confección de bloques de hormigón.

Tanto la gravilla como la piedra partida deben estar perfectamente lavadas, y á ser posible también secas antes de agregarlas al cemento y arena.

Respecto del tamaño de las piedras, recomienda Mr. Hayne que se rechace la que no pase por un cedazo que forme un ángulo de 30° con la horizontal y cuyas mallas tengan 27 milímetros de lado. Según Mr. Rice, dicho tamaño puede variar desde el de un guisante hasta el mayor que admita la forma especial del bloque ó la máquina con la cual se confecciona; en apoyo de esta opinión, dice: «Para obtener con el hormigón una verdade-

ra piedra, cada elemento de gravilla ó piedra partida debe quedar rodeado por una delgada capa de mortero, y es evidente que cuanto mayor sea el número de elementos, mayor será la cantidad de mortero necesaria; los ensayos de laboratorio y la experiencia han confirmado este hecho.»

Mr. Richey es partidario de que el tamaño de la gravilla ó de la piedra partida no pase de 25 milímetros.

Algunos fabricantes de bloques de hormigón emplean arena y gravilla mezcladas tal como las extraen de las excavaciones ó de los lechos de los ríos, lo cual no es de recomendar porque la mezcla no puede ser uniforme ni puede tener la composición conveniente, obteniendo como resultado final bloques de condiciones diferentes. Cuando se encuentren mezcladas la arena y la gravilla, lo que procede es separarlas por medio de cedazos y mezclarlas de nuevo en las proporciones debidas: es el único medio de conseguir hormigones uniformes.

Las escorias pueden substituir perfectamente á la gravilla y á la piedra partida; su principal ventaja está en la ligereza que dan á los bloques, cuyo peso viene á ser el 40 por 100 del que tienen las confecciones con aquellos otros materiales, pero poseen el inconveniente de que por causa de su porosidad se gasta más cemento que con estos últimos.

Agua.—Todos los que se han ocupado de la confección de bloques de hormigón recomiendan con insistencia el empleo de agua limpia y clara. Respecto de su composición química nada decimos porque de todos son conocidas las propiedades que debe reunir para su aplicación á los morteros y hormigones de cemento Portland.

IV.—Dosis de los hormigones.

Un hecho que tiene influencia muy grande en la dosis de los hormigones para bloques es la absorción por éstos del agua, tanto de la que directamente reciben cuando llueve, como de la que en estado de vapor existe constantemente en la atmósfera. Sobre este hecho escribe Mr. Newberry:

«Uno de los defectos más importantes que se han observado en los muros construidos con bloques de hormigón es la relativa facilidad con que éstos absorben la humedad, la cual en ciertos casos llega á presentarse en el paramento interior de aquél, sobre todo cuando los hormigones tienen poco cemento y se han confeccionado con muy poca agua. El defecto que acabamos de señalar se corrige con el empleo de materiales convenientes y con una manipulación esmerada.

»Las palabras *porosidad* y *permeabilidad* se emplean con mucha frecuencia y muchas personas creen que significan la misma cosa. Porosidad de un hormigón es el volumen de los vacíos ó espacios huecos que tiene, mientras que permeabilidad es la velocidad con la que el agua á una cierta presión pasa á través de su masa. Todos los morteros y hormigones son más ó menos porosos y también algo permeables al agua en presión. Es sabido, que para dosis iguales de cemento, los morteros de arenas finas son más porosos que los de arenas gruesas, mientras que éstos son más permeables que los primeros. Según Feret, porosidad es el volumen total de huecos de una masa, y la permeabilidad es una función del tamaño de aquéllas: el hormigón menos poroso puede ser el más permeable y viceversa; pero si un hormigón se confecciona con arena de granos pequeños y grandes en proporción conveniente, puede ocurrir que aquél resulte poco poroso y poco permeable. El hormigón que mejor se defenderá de la penetración de la humedad será aquél que, siendo muy denso, contenga suficiente cantidad de arena fina.

«Si se sumerge en el agua un bloque de hormigón absorberá lentamente parte de aquélla, representando el volumen absorbido, con bastante aproximación, el total correspondiente á los huecos del bloque. La rapidez con la cual esta absorción tiene lugar varía mucho con la composición de los morteros, aunque la porosidad de todos ellos sea la misma: si las arenas son

finas, la velocidad de absorción es más lenta que cuando son gruesas. Dicha velocidad es lo que tiene verdadera importancia tratándose de bloques de hormigón, mientras que no la tiene tanto la cantidad de agua absorbida al cabo de un tiempo relativamente largo. Si la velocidad de absorción es lenta, el agua procedente de una lluvia penetrará parcialmente en el bloque y volverá á salir al exterior antes que sobrevenga otro temporal.

»No es preciso ni conveniente que los paramentos exteriores de los muros sean completamente impermeables; por el contrario, esta cualidad es perjudicial, porque entonces la humedad de las habitaciones se condensa sobre dos paramentos interiores en forma de pequeñas gotas. Por lo que se refiere á las condiciones higiénicas de los edificios, es conveniente que pueda establecerse una corriente de aire á través de los muros que recoja y arrastre al exterior la humedad que se condensa sobre el paramento interior de aquéllos.

»Para que la humedad exterior no atraviese los muros en todo su espesor debe hacerse lo siguiente:

»1.º Emplear dosis altas de cemento.

»2.º Agregar á la mezcla corriente hidrato de cal.

»3.º Hacer uso de arenas y gravillas cuyos elementos no tengan gruesos uniformes.»

No pueden fijarse de una manera concreta las cantidades de cemento, arena y gravilla que deben mezclarse para formar un hormigón de condiciones determinadas, porque en éstas ejercen una influencia preponderante las cualidades especiales de aquellos materiales, las cuales varían entre límites muy distantes de una á otra localidad. El único procedimiento seguro para determinar la dosis de un hormigón, consiste en hacer experiencias previas con composiciones variables y estudiar las condiciones de los hormigones resultantes, tanto las relativas á su resistencia, como las que afectan á su permeabilidad y aspecto exterior.

Como regla general, puede admitirse que hormigones de $1 \times 2 \times 4$, $1 \times 3 \times 5$, y aun más pobres, tienen resistencia sobrada para su empleo en construcciones corrientes, según experiencias, un hormigón confeccionado con

255 kilogramos de cemento Portland,
510 litros de arena del Manzanares seca,
767 ídem de gravilla ídem íd.,
105 ídem de agua,

se rompe con una compresión de 134 kilogramos por cm^2 á los veintiocho días de hecho, conservado al aire libre.

Ahora bien, estos hormigones tan pobres absorben el agua como esponjas y por lo tanto no deben emplearse para la fabricación de bloques, siendo preciso aumentar la cantidad de cemento ó reservar aquéllos para el cuerpo del bloque y hacer uso para formar su cara de fachada en un espesor de tres ó cuatro centímetros de un hormigón más rico en cemento: ambas soluciones se adoptan en la práctica según las circunstancias, teniendo cada una de ellas sus ventajas é inconvenientes.

Con objeto de dar coloraciones diversas á los bloques, se agregan á los materiales con que aquéllos se confeccionan diversas sustancias minerales y en cantidades que la experiencia es quien únicamente puede fijar en cada caso concreto.

Y ahora vamos á ocuparnos de la cantidad de agua con la que deben manipularse los hormigones para bloques, cantidad que ejerce una gran influencia en las condiciones de éstos.

Traducimos á continuación lo que sobre este particular escribe Mr. Newberry:

«El empleo de una dosis de agua apropiada es esencial para obtener buenos materiales, no siendo de extrañar la atención que á dicha dosis prestan muchos fabricantes. Es sabido que los hormigones secos son peores que los húmedos y que es preferible que la dosis de aguas sea excesiva, á que sea escasa. Un hormigón demasiado seco se manipula mejor y permite hacer muchos bloques por día, pero éstos resultan porosos y débi-

les desmoronándose con facilidad. Los defectos que se atribuyen al hormigón confeccionado con bastante agua, el cual ha de permanecer algunas horas en los moldes son, en nuestra opinión, completamente imaginarios. Es posible fabricar hormigones de calidad excelente y poder desmoldar pronto. La cantidad de agua debe ser tal, que la masa no se adhiera á los moldes, á fin de que al desmoldar no sufra deformación alguna, obteniéndose de esta manera bloques que en nada desmerezcan en cuanto á resistencia y dureza con relación á los confeccionados con mucha agua y que ofrecen un aspecto más agradable y parecido á la piedra natural que los que se manipulan con poca agua. Comparados con los bloques confeccionados *en seco*, es decir, con masas que tienen el aspecto de tierra mojada, son de colores más débiles y poseen mayor densidad, resistencia é impermeabilidad que estos últimos.

»La dosis más conveniente de agua varía con la naturaleza del cemento, arena y gravilla ó piedra partida, siendo la media más corriente el 8 por 100 del peso total de aquellas substancias. Con gravilla ó piedra partida de elementos gruesos debe emplearse más agua que cuando éstos son pequeños.»

La dosis de agua con que se confecciona un hormigón da origen á tres clases de éste, que designaremos con los calificativos de *seco*, *húmedo* y *pastoso*.

Hormigón seco es aquel que se manipula con la cantidad de agua estrictamente necesaria para que después de batido tenga la consistencia de la arena para moldear apisonándole enérgicamente para que adquiera compacidad en forma análoga á como se comprime dicha arena.

Hormigón húmedo es aquel cuya cantidad de agua es tal que ésta fluye á la superficie de la masa por el apisonado ó por la compresión.

Hormigón pastoso llamamos al que tiene tal dosis de agua que puede verse en los moldes como una masa fluida.

Como es natural, hay partidarios de cada una de las tres clases de hormigón. Los fabricantes de máquinas y prensas para fabricar bloques recomiendan el primero, porque permite desmoldar inmediatamente, mientras que el segundo exige que los bloques permanezcan en los moldes de ocho á diez horas y el tercero algo más. Los bloques confeccionados con el hormigón seco son muy porosos y por lo tanto absorben mucha agua; además tienen los inconvenientes á que hemos hecho referencia anteriormente.

Mr. Richey, al hablar sobre la dosis de agua de los hormigones dice en su Memoria premiada en el Concurso del *Engineering News*: «Somos partidarios de que los bloques se conserven en los moldes durante unas doce horas porque así el hormigón puede confeccionarse con suficiente cantidad de agua para poder ser comprimido con facilidad y para que la cristalización se verifique con perfección, obteniendo bloques más duros y densos que los que se hacen con hormigones secos, cuya única ventaja consiste en que se pueden desmoldar inmediatamente después de terminado el apisonado.

Todo hormigón seco expuesto á la acción directa del aire durante su fraguado, no tiene la cantidad de agua necesaria para que la cristalización se complete.»

Como resumen de todo lo expuesto diremos que, cuando los bloques se han de emplear en construcciones al abrigo de la humedad ó en las que no importa que absorban ésta, convendrá emplear en la confección de aquéllos lo que hemos llamado hormigones secos; pero que en todos los demás casos se hará uso de los hormigones húmedos ó pastosos con dosis altas de cemento, 350 á 400 kilogramos de cemento por metro cúbico de hormigón por lo menos, ó con dosis algo bajas, pero reservando para las caras de paramentos morteros ú hormigones ricos.

Sin embargo, insistimos en que la dosis de cada uno de los materiales que han de entrar á formar un hormigón ha de ser consecuencia exclusiva de los resultados que se obtengan de los ensayos hechos en condiciones lo más parecidas que se pueda á las que se han de verificar en la realidad; de lo contrario, es

imposible saber previamente si los bloques que fabriquemos tendrán aplicación, ni tampoco si la empresa correspondiente tendrá éxito desde el punto de vista financiero.

V.—Manipulación del hormigón.

Esta operación tiene por objeto mezclar íntimamente las sustancias que entran á formar un hormigón y dar la masa resultante la compacidad y consistencia conveniente.

La manipulación puede hacerse á brazo ó con máquinas.

El primer procedimiento se emplea cuando la instalación es modesta. En este caso, se prepara una superficie plana y horizontal con la resistencia necesaria para el trabajo que ha de sufrir; sobre dicha superficie se vierte la arena y se extiende para recibir por igual el cemento, revolviendo con la pala dichas sustancias hasta que el color de la mezcla sea uniforme; entonces se vierte el agua correspondiente batiendo todo ello hasta formar un mortero de la consistencia prevista, en cuyo momento se agrega la gravilla ó piedra partida, previamente humedecida, continuando el batido hasta que la masa sea homogénea y tenga un color uniforme.

Siempre que la importancia de la instalación lo consienta deben emplearse hormigoneras movidas á brazo ó mecánicamente, puesto que producen hormigones homogéneos y economizan dinero, economía que algunos hacen llegar al 75 por 100 del coste de la manipulación á brazo. Según experiencias verificadas hace cinco años para comparar las resistencias de los hormigones manipulados á brazo con las correspondientes á los fabricados con máquinas, resultó que á los siete días las resistencias de los primeros fué el 53 por 100 de las de los segundos, á los veintiocho días el 77 por 100, á los seis meses el 84 por 100 y al año el 87 por 100.

Para la fabricación de bloques de hormigón deben emplearse hormigoneras intermitentes (tipo *batch* de los norteamericanos), teniendo mucho cuidado en graduar la cantidad de hormigón producida cada vez de tal manera que toda ella esté colocada en los moldes antes que pasen treinta ó cuarenta minutos desde que se vertió el agua.

Cuando se hace uso de hormigoneras se empieza por colocar en éstas el cemento, la arena y la gravilla ó piedra partida perfectamente secas y se mezclan hasta que el color del conjunto sea uniforme; entonces se agrega el agua batiendo la masa hasta que sea homogénea y adquiera la consistencia conveniente.

VI.—Fabricación de los bloques.

Elegidos los materiales que han de constituir el hormigón, fijadas las dosis correspondientes y hecha la manipulación, procede moldear los bloques, operación que puede hacerse por tres procedimientos según sea la clase de hormigón que se confeccione.

Si se trata de *hormigón seco*, se coloca éste en los moldes con palas apisonándole enérgicamente sin interrupción hasta que el molde quede lleno, cuya operación es muy esencial para obtener buenos productos y la cual puede hacerse con pisones de hierro manejados por hombres ó movidos mecánicamente, en cuyo caso los bloques son uniformes y aquella operación se hace con rapidez y economía. Es lo más conveniente hacer el apisonado con muchos pisones y ligeros que con pocos y pesados. Como regla general puede establecerse que el apisonado únicamente puede dar resultados satisfactorios con hormigones secos y confeccionados con gravilla ó piedra partida de pequeñas dimensiones.

Con *hormigones húmedos* es preferible al apisonado la presión simultánea sobre toda la superficie de una de las caras del bloque porque así la densidad de éste es uniforme. Como cuando se aplica la presión el molde está lleno de hormigón, el tamaño de la gravilla ó piedra partida no tiene más límite que el permitido por el volumen del molde.

Con *hormigones pastosos* no son necesarios el apisonado ni la presión para dar compacidad á los bloques, así como tampoco para que los elementos constitutivos de aquéllos vengán al contacto y se desarrolle la adherencia necesaria para la resistencia. El empleo de esta clase de hormigones tiene el inconveniente de que exige un gran número de moldes porque los bloques no se pueden desmoldar hasta que han pasado bastantes horas después de su confección.

La fabricación de los bloques de hormigón se hace en moldes independientes de hierro, madera ó arena. Cuando son de hierro, se disponen en forma tal cada una de sus paredes, que mecánicamente, por medio de palancas movidas á mano, son separadas del bloque correspondiente, el cual entonces se transporta á otro sitio volviendo á formarse el molde también mecánicamente; en este caso, dichos moldes constituyen verdaderas máquinas muy en boga hoy día en los Estados Unidos y con resultado satisfactorio en la práctica.

Dichas máquinas pueden clasificarse en cinco grupos:

- I. Máquinas verticales; es decir, que hacen bloques con los huecos en sentido vertical.
- II. Máquinas horizontales, ó sea que hacen bloques con los huecos en sentido horizontal.
- III. Máquinas para hacer bloques con tabiques quebrados.
- IV. Máquinas para hacer bloques con hormigón pastoso.
- V. Máquinas para hacer bloques de forma apropiada para construir muros con paramentos independientes.

I. En las máquinas de este grupo, los costados del molde son giratorios, los núcleos para formar los huecos de los bloques se colocan verticalmente y exigen el empleo de *hormigón seco*.

II. Las correspondientes á éste se diferencian del anterior en la colocación de los núcleos, que en éstas es en situación hori-

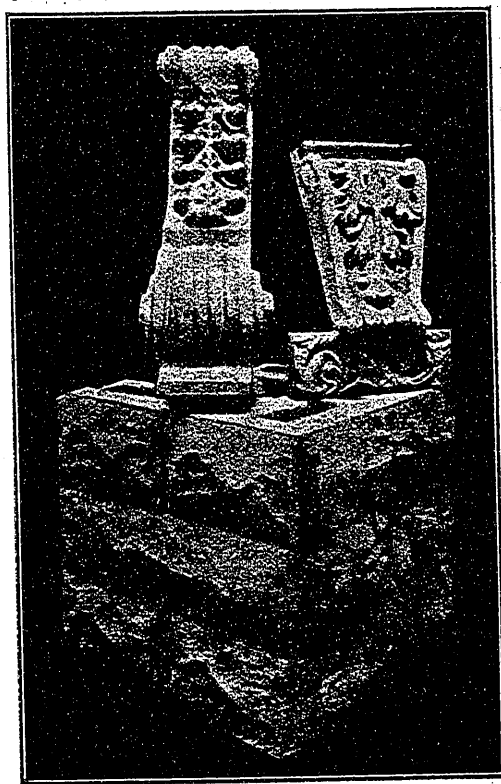


Fig. 12.

zontal con objeto de facilitar la confección de la cara de paramento, puesto que permiten emplear una mezcla especial para esta última. La fig. 10 representa bloques y elementos decorativos contruidos con una máquina de este tipo.

III. Las máquinas de este grupo tienen por objeto confeccionar bloques cuyos huecos tienen formas y disposiciones tales, que se necesitan núcleos de formas raras. Se usan poco.

IV. En este grupo se colocan máquinas completamente dis-

tintas de las anteriores. Disponen de un gran número de moldes de hierro de poco peso con núcleos interiores. El hormigón se vierte en aquéllos en estado pastoso y permanece en ellos durante algunas horas. Los fabricantes de esta clase de máquinas dicen que los bloques que con ellas se fabrican son impermeables, muy parecidos á la piedra natural y económicos.

V. Las máquinas de este grupo se diferencian radicalmente de las correspondientes á los grupos anteriores. Los muros dobles contruidos con bloques de hormigón son de fecha reciente, de hace unos tres años. Se confeccionan con hormigón húmedo comprimido y desmoldado inmediatamente. Su resultado práctico parece que ha sido muy satisfactorio.

Cuando hay que moldear con hormigón ménsulas, cornisas,

puestos á la acción directa del sol ó de las corrientes de aire. No es conveniente tampoco que los bloques estén en contacto unos con otros durante su conservación. En invierno hay que tomar más precauciones para que las heladas no ejerzan su acción destructora sobre el hormigón, á cuyo fin deben cubrirse los bloques con paja, sacos, ó cualquier otro material conveniente durante los siete primeros días.

Algunos fabricantes han empezado á emplear el vapor para apresurar el endurecimiento de los bloques de hormigón; este procedimiento es muy nuevo y no se sabe todavía qué influencia ejercerá sobre la duración de los bloques, por cuya razón no es prudente su aplicación hasta que la experiencia haya demostrado su bondad sin género alguno de dudas.

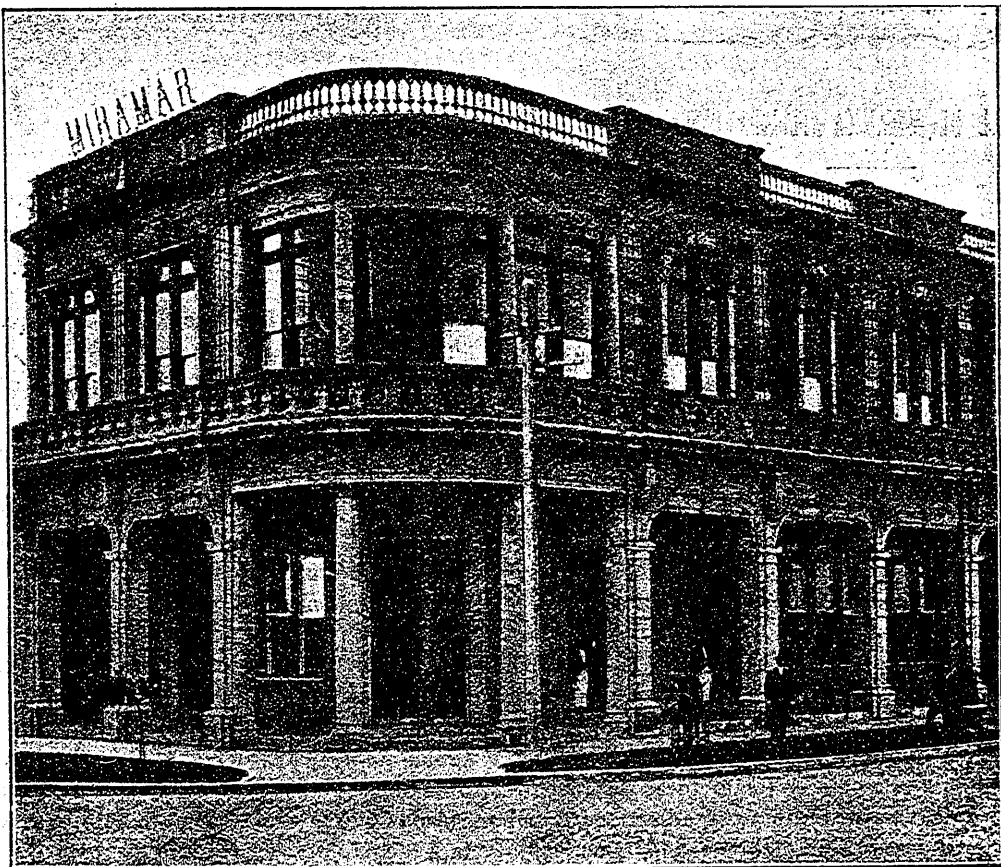


Fig. 11.

capiteles, etc., deben emplearse moldes hechos en arena comprimida análogos á los que se usan para fabricar piezas de hierro fundido, procedimiento aplicado en la Habana para la construcción del Banco Real del Canadá y del Hotel Miramar. La figura 11 corresponde á este último edificio y la figura 12 representa detalles arquitectónicos del primero.

VII.—Conservación de los bloques.

Desmoldados los bloques no es posible entrégarlos para su aplicación inmediata, es preciso dejar que pase cierto tiempo para que el fraguado se verifique, tiempo que, por regla general no es inferior á veintiocho días durante los cuales los bloques deben permanecer en circunstancias especiales para que adquieran la resistencia y endurecimiento convenientes.

La conservación de los bloques durante aquel período debe hacerse con todo cuidado y sin olvidar que es una operación de mucha importancia, puesto que ejerce una influencia decisiva en las condiciones definitivas de aquéllos.

Es muy perjudicial que los bloques se desequen rápidamente durante los primeros días que siguen á su confección, razón por la cual durante la primera semana deben regarse con mucha frecuencia y por completo, evitando en lo posible que estén ex-

VII.—Construcción.

En la construcción de muros con bloques de hormigón hay que tener presente ciertas reglas, algunas de las cuales son comunes á todos los materiales. En primer lugar, antes de colocar los bloques en obra se deben humedecer á fin de que no absorban el agua de los morteros. Éstos se formarán con una parte de cemento y tres de arena. Mr. Rice recomienda que se agregue otra parte de cal apagada para aumentar la adherencia. El grueso de junta que hace mejor efecto es cinco milímetros.

Como los paramentos interiores de los muros contruidos con bloques de hormigón pueden quedar perfectamente planos, sobre todo cuando los bloques son de dos piezas, entonces el enlucido de yeso puede aplicarse directamente sobre dichos bloques.

Con lo expuesto creemos haber dado idea bastante clara del estado en que hoy día se encuentra la fabricación de bloques de hormigón para la construcción de edificios; así como de las condiciones en que aquéllos deben confeccionarse para que en la práctica den el resultado satisfactorio que siempre hay que esperar del hormigón bien preparado y para que tengan aceptación entre los propietarios y Arquitectos.

Debíamos decir algo sobre la parte económica de esta cuestión y establecer comparaciones entre los costes respectivos de

las fábricas de ladrillo, sillería y las construídas con bloques de hormigón, pero este estudio no puede hacerse ni aún aproximadamente, porque en el coste de estos últimos influyen multitud de circunstancias que dependen exclusivamente de las condiciones especiales de cada localidad, así como de la clase de productos que se desea obtener. Como regla general, podemos afirmar que en todas las poblaciones situadas en las vías férreas y en cuyas inmediaciones se encuentren arenas y gravillas aceptables, las construcciones levantadas con bloques de hormigón serán más baratas que las hechas con sillería ó con ladrillo prensado, sin que por otra parte su aspecto arquitectónico tenga nada que envidiar al de estas últimas.

B. OLIVER Y ROMÁN,
Ingeniero de Caminos

CONGRESO INTERNACIONAL DE MECANICA APLICADA CELEBRADO EN LIEJA

(CONTINUACIÓN)

La cuestión del establecimiento de una teoría científica completa de los motores de gas, ha sido intentada por muchos Ingenieros; pero, en rigor, no se ha llegado aún al desideratum de encontrar una fórmula rigurosa que dé el rendimiento en función del grado de compresión de la mezcla, de su riqueza y de la longitud de la expansión. No parece, sin embargo, que esto sea de una gran necesidad, aparte de que toda teoría en esta clase de asuntos siempre tendrá que ser incompleta, por la dificultad de poner en ecuación ciertas influencias extrañas que únicamente puede poner de manifiesto una teoría experimental basada sobre hechos y haciendo caso omiso de toda hipótesis.

Parece, pues, racional simplificar el problema, limitándose las exigencias en este punto al establecimiento de fórmulas aproximadas, siquiera para establecerlas sea preciso admitir algo que en el orden rigurosamente científico sea inexacto. Este es el criterio seguido por algunos autores, entre ellos Witz; cuando estableció en 1885 una teoría de los motores de gas, tomando éstos como motores de aire caliente, y admitiendo, por tanto, que el gas funcionaba según un ciclo cerrado, concepción inexacta, pero que ha conducido á fórmulas prácticas muy sencillas. Iguales ventajas ha tenido el suponer constantes los calores específicos y su relación á toda temperatura.

Mr. Boulvin, profesor en Gante, ha presentado un estudio partiendo de la fórmula:

$$\rho = 1 - \frac{1}{n \frac{y-1}{y}}$$

en la cual ρ es el rendimiento teórico, n el grado de compresión y y la relación de los calores específicos, poniendo de manifiesto el error cometido, aceptando la hipótesis de la constancia de los calores específicos.

Dado el calor desprendido por kilogramo de carga gaseosa, M. Boulvin calcula las temperaturas después de la compresión, después de la explosión y después de la expansión, y deduce el rendimiento, obteniendo como resultado, que los cálculos basados sobre la constancia conducen á una apreciación demasiado ventajosa de los efectos de la compresión, y en general de la utilización de los motores; el rendimiento calculado así, lo llama rendimiento ideal.

La fórmula de M. Boulvin demuestra igualmente que el empleo de mezclas fuertemente diluídas eleva el rendimiento; la teoría analítica concuerda, por lo tanto, con la experimental para preconizar el empleo de mezclas pobres.

Un estudio muy interesante dentro de la cuestión que nos ocupa, es el presentado por el profesor M. Jouget de la Escuela de Minas de Saint-Etienne, el cual establece una nueva teoría de las máquinas térmicas, tomando como punto de partida un teorema poco conocido de M. Gouy, que determina el trabajo máximo que puede producir una máquina dada entre dos estados térmicos inicial y final de una evolución, no considerando otros cambios de calor, durante la transformación, que los cambios interiores y los que se producen con el medio ambiente de temperatura constante. El motor forma en esta teoría un sistema compuesto de un cuerpo activo y de cuerpos intermediarios. En un motor de gas, según esto, la mezcla detonante constituye el cuerpo activo, el gasógeno y los órganos de la máquina son los intermediarios; éstos recorren un ciclo cerrado, pero no así el cuerpo activo.

El trabajo desarrollado está dado por la fórmula

$$T = G_i - G_f - t \int_i^f dP$$

en la cual $G_i - G_f$ es el trabajo máximo producido, t la temperatura del medio ambiente y $t \int_i^f dP$ las pérdidas no compensadas ó al escape. G tiene por expresión general

$$G = U + tS + pV$$

en la que U representa la energía interna, S la entropía, p la presión de la atmósfera ambiente y V el volumen. G , es pues, la energía utilizable de la máquina al contacto del manantial t .

Para utilizar este teorema de M. Gouy, de una concepción absolutamente rigurosa, se hace preciso calcular el valor de G , lo que no siempre es posible; esta función no está aún perfectamente definida para todos los cuerpos que constituyen la máquina, por lo que es muy difícil sacar partido de tan interesante teorema. Á estudiar esta cuestión se encaminan los trabajos de M. Jouget, y como final de sus disquisiciones calcula veintitrés tablas numéricas, en las cuales figuran las temperaturas y las presiones correspondientes en puntos interesantes de los diagramas que él establece para definir una evolución-tipo completa ó incompleta, el trabajo en calorías en cada una de estas evoluciones y la pérdida al escape. La comparación de estos trabajos y estas pérdidas conduce á distintas conclusiones, de las cuales las más principales son las siguientes:

Es ventajoso, aun bajo el punto de vista teórico, enfriar el gas combustible antes de ser admitido en el cilindro.

Es bueno, en la evolución teórica incompleta, provocar la explosión á partir de una presión tan elevada y de una temperatura tan baja como sea posible; por el contrario, en evolución completa, se comenzará la combustión á la temperatura más alta y bajo la presión más débil que sea posible.

Las evoluciones incompletas dan un rendimiento tanto mayor cuanto los gases son más diluídos.

Las compresiones fuertes son más ventajosas para las evoluciones completas que para las incompletas.

Estas leyes se aplican á los motores de explosión: para los motores de combustión, el rendimiento es siempre inferior, todas las cosas iguales por otra parte.

El trabajo de M. Jouget termina con un interesante y muy nuevo estudio de la máquina de vapor por el mismo procedimiento.

M. Letombe ha presentado un estudio referente al importante problema de la acción de las paredes en los motores á gas, estableciendo como final de su trabajo que la temperatura baja del agua refrigerante no afecta de un modo demasiado desfavorable en el rendimiento de la máquina.

Hace observar á continuación que el calor atraviesa la pa-