

ESTUDIO COMPARATIVO DE CARACTERISTICAS
TECNOLOGICAS Y CONSTRUCTIVAS DE MUROS
PORTANTES DE BLOQUES CERAMICOS HUECOS

Arq. Héctor Jorge Grandal *

M.M. de Obras Eduardo Sabbione

Constructor Mario Pedro Flosi

* Jefe de la Sección Materiales para Edificios del LEMIT.

INTRODUCCION

En función de la necesidad que la Provincia y la Nación tienen en cuanto a construcción de edificios que sirvan al equipamiento social, como ser sanitario, educacional y fundamentalmente la construcción masiva de viviendas económicas, se considera importante la caracterización de materiales que aparecen en el mercado y que pueden contribuir con su correcta aplicación a simplificar y acelerar procesos constructivos, economizando tiempo y esfuerzo, propender al uso de elementos de fabricación industrial, manteniendo y mejorando condiciones de economía, confort, durabilidad y resistencia.

A través de los resultados obtenidos se puede contribuir también a definir la aceptación y especificación de usos de este tipo de materiales por parte de los entes que reglamentan la construcción de edificios (Municipalidades) y reparticiones estatales que realizan proyectos y construcciones (Dirección de Arquitectura, Instituto de la Vivienda, etc.).

Este trabajo plantea como objetivo la evaluación comparativa del comportamiento en servicio de bloques cerámicos huecos para muros portantes. Se decidió elegir en varias fábricas distintos productos de existencia común en el mercado, con distintos formatos y dimensiones y que definen diversas formas de colocación y características de comportamiento general, comparándose con muros constituidos por materiales tradicionalmente usados para esta función (mampostería de ladrillos cerámicos comunes).

Esta primera experiencia forma parte de un programa más extenso durante el desarrollo del cual se irán realizando estudios sobre otros tipos de materiales para mampostería y elementos prefabricados y premoldeados para muros, incorporando a su vez nuevos ensayos que permitan realizar una evaluación lo más completa posible.

Todo esto tiende a organizar un catálogo o cuadro comparativo entre los distintos materiales, a fin de definir los tipos que reúnen mejores condiciones para los distintos usos posibles.

EXPERIENCIA REALIZADA

Para poder acercarse a la verificación de los distintos problemas y ventajas que ofrecen estos materiales en servicio se programó la construcción de probetas constituidas por muros de 1,00 x 2,20 m de altura.

La definición de estas dimensiones se realizó teniendo en cuenta los siguientes factores:

En primer lugar, las probetas debían ser lo más representativas posibles lo que implica en el ancho llegar a las máximas dimensiones y en altura acercarse a las comunes de uso en la construcción de viviendas, aproximadamente entre 2,40 y 2,70 m.

El otro aspecto que debía tenerse en cuenta era la forma de manipuleo de elementos de gran tamaño y peso, que además por su constitución no debían someterse a esfuerzos de flexión.

Esto último definió en gran parte las dimensiones máximas posibles en función de los equipos con que se contaba y que fueron las señaladas anteriormente.

Sobre estos muros se realizaron ensayos de compresión para verificar su resistencia, mientras que durante el proceso de construcción de los mismos se fueron verificando los distintos aspectos que hacen al uso de los bloques en obra.

Se realizaron además ensayos sobre los bloques, individualmente para determinar diversas características.

DETERMINACION DEL TIPO DE MEZCLA A UTILIZAR

En primer lugar se determinó que el tipo de mezcla debía ser de uso común para la construcción de mampostería. Se decidió usar un solo tipo de mezcla para todos los ensayos ya

que se trataba de verificar, principalmente, el comportamiento comparativo de cada tipo de bloques.

Las posibilidades de mezclas tipo a usar en este trabajo se definían entre morteros a base de cal, reforzada con cemento portland, arena y polvo de ladrillos, o una mezcla de cemento de albañilería y arena.

Dado que el uso de este último material se hace cada vez más frecuente en la construcción tradicional, por la sencillez en la preparación de las mezclas y ser más constantes las resistencias obtenidas, ya que son muy frecuentes los altibajos en la calidad de la cal hidráulica, y polvo de ladrillo, siendo más complicada su dosificación, se optó por utilizar una mezcla de asiento a base de cemento de albañilería.

Por las características de disposición de los huecos en los bloques cerámicos resistentes, (los mismos quedan en sentido vertical en la mampostería), era necesario obtener una mezcla de suficiente plasticidad como para ser fácilmente trabajable pero que a su vez tuviera la consistencia necesaria como para no perderse cayendo en los huecos de los bloques.

Para obtener una resistencia considerable se determinó una dosificación de 1 parte de cemento albañilería y 4 partes de arena (proporciones en volumen).

La cantidad necesaria de agua se determinó en forma empírica mediante pruebas de trabajo verificando su comportamiento en relación a los dos factores fijados anteriormente. La proporción adoptada fue de 1,2 litros por cada litro de cemento de albañilería y 4 litros de arena.

Se realizaron cubos con la mezcla adoptada para verificar su resistencia a compresión (los ensayos se realizaron a 7 y 28 días).

Edad (días)	Resistencia media de rotura a compresión, (kg/cm ²)
7	10,8
28 (1)	26,0
28 (2)	27,0

Los cubos fueron curados los primeros 7 días en ambiente de cámara húmeda con $20 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ de temperatura y una humedad relativa superior al 90 %.

A partir de los 7 días los cubos (1) fueron sumergidos en agua y los restantes (2) se mantuvieron al aire en ambiente con $20 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ de temperatura y 50 % de humedad.

Los resultados obtenidos no indican diferencias apreciables para los dos tipos de curado adoptados, encontrándose las resistencias obtenidas dentro de los valores previstos. Pese a que esta resistencia es sensiblemente menor que la que se obtiene del ensayo individual de compresión de los bloques y ello va a influir en el comportamiento final de los muros, hay que tener en cuenta que se trata de un mortero cuya dosificación está dentro de los términos económicamente lógicos, no siendo común el uso de morteros más ricos para asiento de mampostería. Por otra parte estas resistencias son similares a las de un mortero a base de cal reforzada con cemento portland que es el de uso más común en estos casos.

CONSTRUCCION DE LOS MUROS

Luego de considerar las fábricas que producen estos bloques en nuestra zona y los tipos que las mismas fabrican, se decidió trabajar sobre productos de tres fábricas, obteniéndose la provisión de los cinco tipos siguientes:

Fábrica A Tipo A-1
A-2

Fábrica B Tipo B-1
B-2

Fábrica C Tipo C-1

Luego de definidas las características de la mezcla a utilizar, ya mencionada anteriormente, se comenzó la construcción de los muros.

Se realizaron tres probetas (muros de 1,00 x 2,20 m de

T A B L A I

RESULTADOS DE ENSAYOS SOBRE CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES CERÁMICOS

Ensayos	Muestras					Cerámicos comunes
	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	
Dimensiones (cm):						
largo	40	40	25	55	50	26
ancho	12	18	12	17	15	11,5
espesor	19,5	19,5	11,2	19,2	15,4	5,0
Peso del bloque (kg)	8,0	10,4	5,1	8,9	6,1	2,1
Superficie bloque, cara de ensayo (cm ²).	480	720	500	561	450	299
Superficie cerámica útil (cm ²)	256	292	150	255	199	299
Superficie cerámica útil (%)	49,2	40,6	50,0	45,5	44,5	100
Peso específico (g/cm ³)	2,47	2,57	2,45	2,51	2,60	2,47
Peso de la unidad de volumen (kg/dm ³) ..	1,75	1,77	1,85	1,86	1,89	1,51
Porosidad (%)	29,1	50,7	25,9	25,9	27,5	58,9
Absorción de agua en peso (%)	14,4	16,6	11,7	11,1	14,7	14,6
Absorción de agua en volumen (%)	25,4	29,4	21,7	20,7	27,9	22,2
Compresión sección total (kg/cm ²)	77,5	66,0	172,0	116,0	75,3	141,1
Compresión sección útil (kg/cm ²)	157,6	162,7	544,0	255,5	170,5	141,1

altura) de cada tipo haciendo un total de 18 (incluyendo tres probetas de comparación realizadas con ladrillos cerámicos comunes de 0,12 m de espesor).

Para posibilitar el traslado hasta la máquina de ensayos y su colocación en la misma, se construyeron bases de hormigón armado de 1,15 x 0,30 x 0,08 m, dejándose en las mismas ojales de hierro salientes para posibilitar el enganche de los elementos necesarios para su manipuleo. Sobre estas bases se construyeron los muros (figura 1), colocando la mezcla de asiento sobre los bloques en las zonas que aparecen indicadas con un rayado en las fotografías de las caras de asiento de los mismos, de acuerdo al diseño de cada tipo (fig. 3, 6, 10, 15 y 19).

La cara superior de los muros fue terminada con un revoque en base a una mezcla de cemento portland y yeso para asegurar la obtención de una superficie plana y lograr una adecuada repartición de las cargas durante el ensayo.

Los ensayos se realizaron aplicando la carga convenientemente repartida, sobre las caras preparadas, mediante elementos que compensaban las diferencias de medida con la calota móvil de la máquina de ensayos (Amsler de 500 t de carga máxima con escala de 50 t). La velocidad de aplicación de la carga fue de aproximadamente 0,25 t/seg.

Estas probetas fueron ensayadas a compresión a los 40 días de confeccionadas y los resultados se indican en la Tabla II.

Sobre los bloques, individualmente, se realizaron determinaciones de peso específico, peso de la unidad de volumen, porosidad, absorción de agua, etc. y ensayos de compresión. Sobre la cara de aplicación de la carga se determinó la superficie total y la superficie neta de cerámica para poder medir la tensión de rotura con respecto a ambas superficies, lo que posibilita verificar la calidad de la cerámica de cada tipo de bloque en ese aspecto. Los valores obtenidos de estas determinaciones se indican en la Tabla I.

T A B L A II

RESULTADOS DE ENSAYOS DE COMPRESION DE MUROS

Identificación de la muestra	Dimensiones (cm)			Carga de rotura (+)	Tensión de rotura (kg/cm ²)	Tensión de rotura Promedio (kg/cm ²)
	Ancho	Largo	Alto			
A-1	12,2	100	220	45,5	37,5	41,0
				47,0	38,5	
				57,5	47,1	
A-2	18	100	220	47,5	26,4	25,6
				48,5	26,9	
				42,5	23,6	
B-1	12,2	100	220	55,5	45,5	45,9
				61,0	50,0	
				51,5	42,2	
B-2	17	100	220	45,0	26,5	27,1
				41,0	24,1	
				52,0	30,6	
C-1	15	100	220	35,5	23,7	24,6
				34,5	23,0	
				40,5	27,0	
Cerámicos comunes	12	100	220	41,5	34,6	31,7
				38,5	32,1	
				34,0	28,5	

OBSERVACIONES SOBRE LOS ENSAYOS
DE COMPRESION DE MUROS

En general no se verifica una correlación directa en la resistencia a compresión entre las resistencias de los bloques ensayados en forma individual y las de las paredes construidas con los mismos (tablas I y II).

En el caso de los tipos A-1 y A-2 pese a ser de calidades similares existe una notable diferencia en las tensiones de rotura de los muros. En este caso se justifica dado que la superficie de apoyo (figuras 3, 6, 10, 15 y 19, zona de aplicación de la mezcla) es igual en ambos casos siendo por lo tanto proporcionalmente mucho mayor en el caso del bloque A-1 cuyo espesor es sensiblemente menor (12 contra 18 cm).

En el caso de los bloques B-2 cuya resistencia individual es mayor, se observa que la resistencia de los mismos es notablemente inferior que la del tipo A-1 y poco mayor que la del A-2. Esto se atribuye también a que en la realidad la superficie de carga al igual que en el tipo A-2 es proporcionalmente pequeña. Con los bloques B-1 se obtienen las resistencias más altas de los muros, al igual que en los ensayos individuales, pero no en la misma proporción. Aquí aparece otro factor que es el tamaño de los bloques, que implica la existencia de una mayor cantidad de juntas o sea mayor cantidad de puntos proporcionalmente débiles, lo que se verifica comparando las resistencias del mortero (27 kg/cm^2) con las de los bloques (Tabla I). Este fenómeno se acentúa en el caso de los ladrillos cerámicos comunes donde, con las mayores resistencias individuales, en los muros se obtienen resistencias bastante inferiores que en el caso de los tipos A-1 y B-1.

Algo similar que en los dos últimos casos citados ocurre con el tipo C-1 que pese a tener resistencias individuales similares al A-1 y trabajarse con una superficie de apoyo (zona de aplicación de la mezcla) proporcionalmente mayor, la resistencia de los muros es notablemente menor.

Debemos hacer notar que en la relación entre los ensayos individuales y los de los muros, aparecen características de los bloques que producen efectos inversos. Tal es por ejemplo el caso de la altura de los bloques que cuando es menor favorece el ensayo de compresión individual (los mismos fueron realizados sobre probetas preparadas con los bloques en su medida original salvo en el caso de los ladrillos comunes que fueron preparados según norma IRAM 1549) mientras que como se vio en algunos casos, al multiplicarse la cantidad de juntas en los muros disminuye la resistencia de los mismos.

En general las resistencias obtenidas en los ensayos de muros construidos con bloques tienen diferencias importantes entre sí según los distintos tipos, obteniéndose valores entre un 22 % menor y un 44 % mayor tomando como base de comparación al promedio del valor obtenido para los muros de ladrillos cerámicos comunes de 12 cm de espesor.

Para considerar estos porcentajes debe tenerse en cuenta la dispersión de valores resultantes con respecto a los promedios de cada tipo de mampuesto, que varía desde un 7,8 % en el caso del tipo A-2 a un 17 % en el A-1.

Estas dispersiones se consideran lógicas teniendo en cuenta la cantidad de factores heterogéneos, tanto desde el punto de vista de la mano de obra como de los materiales que intervienen en la construcción de una mampostería.

En las figuras 4, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 20 y 21 se pueden verificar algunos detalles de la forma en que se produce la rotura en los muros. En los construidos con bloques huecos se produce en todos los casos, como es posible observar, la rotura y desprendimiento de las caras laterales de los mampuestos.

Las causas de esta forma de rotura, pueden ser, por un lado, el aplastamiento de los elementos, que se produce como efecto del ensayo de compresión; otro factor determinante es el hecho de que en algunos, la mezcla de asiento se aplica sobre las zonas laterales de los bloques, que están especialmente diseñadas para ello, siendo estas zonas las que soportan directamente los esfuerzos; por otra parte existe la posibilidad de que aparezcan efectos de cizalla sobre las caras

T A B L A III

Identificación de la muestra	Espesor del muro (cm)	Cantidad de mezcla m^3/m^2	Peso de muros		Tiempo de ejecución	
			kg/m^2	kg/m^3	$Tiempo/m^2$	$Tiempo/m^3$
Ladrillos cerámicos comunes	12	0,036	178	1 485	10	10
A-1	12	0,015	124	1 035	5	5
A-2	18	0,015	154	856	6	4
B-1	12	0,024	145	1 207	10	10
B-2	17	0,015	161	947	6	4,2
C-1	15	0,020	159	1 061	8	6,4

laterales como consecuencia del desplazamiento del plano vertical de los bloques con respecto a la mezcla de asiento. En algunos casos aparecen fisuras verticales que siguen una línea de juntas, cortando también los bloques que aparecen formando la traba del muro en esa línea.

En el caso de las paredes de ladrillos cerámicos comunes, la rotura se manifiesta por la aparición de fisuras oblicuas en toda la altura de las mismas, atravesando indistintamente sectores de cerámica o mortero (fig. 21), siendo ésta una forma de rotura característica de muros realizados con mampuestos macizos.

Una vez completado el ensayo se pudo observar que los muros constituidos con bloques, podían ser trasladados de la máquina de ensayo enteros, ya que mantenían en general la cohesión del conjunto. Esto se debía a que la mezcla de asiento se introducía en parte en los huecos de bloques durante su construcción, permitiendo una mayor adherencia entre los mismos y también por la forma en que se producía la rotura. En el caso de los ladrillos cerámicos comunes, con las características de las fisuras producidas, que afectaban el conjunto de la pared, no era posible el posterior traslado de la misma en conjunto.

OBSERVACIONES SOBRE LA CONSTRUCCION DE LAS PAREDES

Se pudo verificar un ahorro considerable de tiempo en la construcción de muros de bloques cerámicos huecos con respecto a los muros de ladrillos cerámicos comunes. Los factores que lo determinan son fundamentalmente el tamaño de los mampuestos, la menor cantidad de juntas en el muro y las formas y terminaciones más regulares de los bloques. Si tomamos un valor arbitrario para marcar el tiempo necesario para la construcción de 1 m^2 y 1 m^3 de un tipo de mampostería, podemos obtener los valores comparativos que se verifican en la Tabla III. (valor adoptado como base 10 para ladrillos cerámicos comunes).

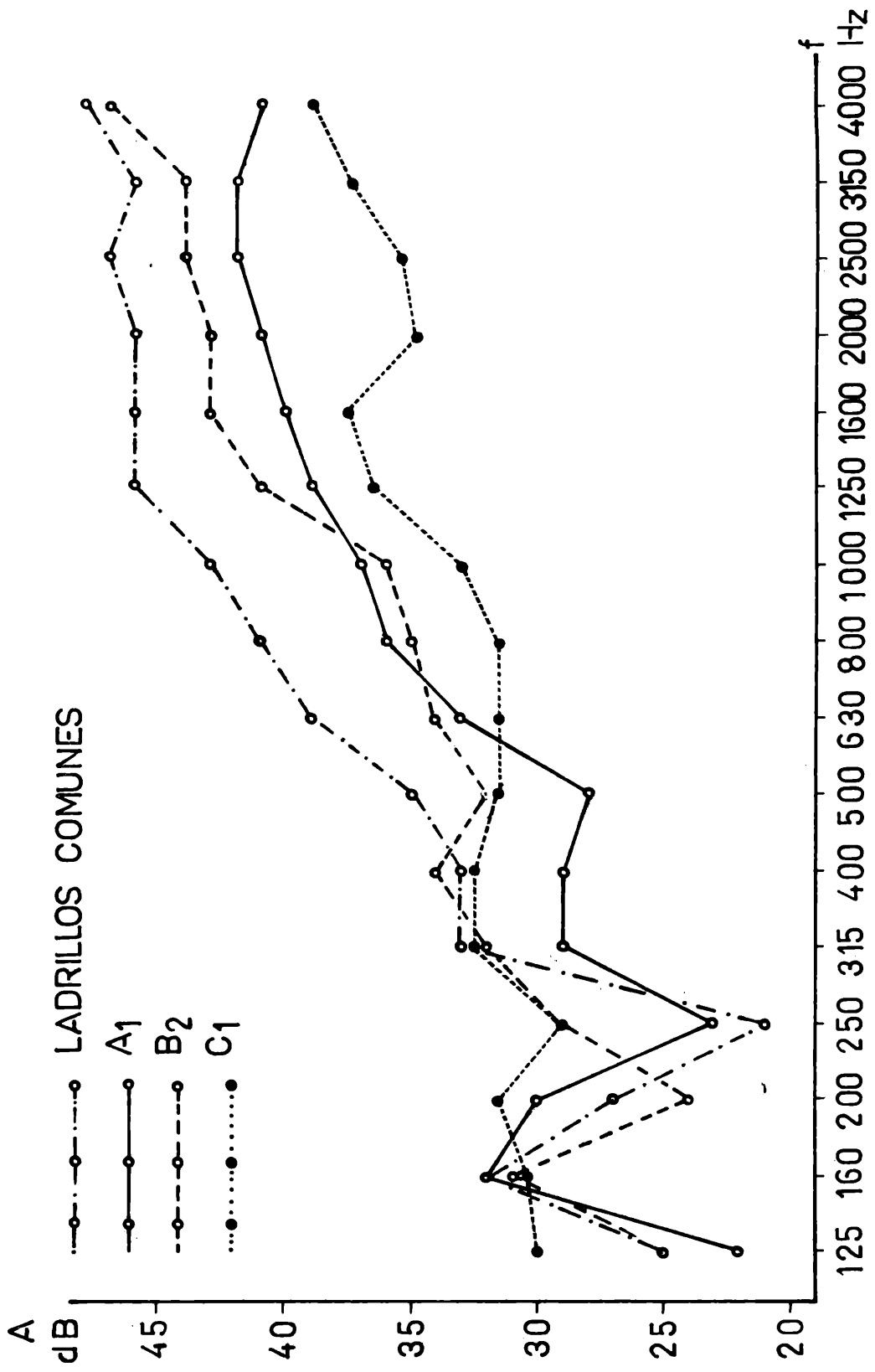


Gráfico 1

En los casos A-1, A-2 y B-2, que son similares, la colocación de la mezcla es relativamente sencilla y se ven favorecidos por su tamaño. Un factor a tener en cuenta es que el peso puede influir en el rendimiento de la mano de obra, luego de varias horas de trabajo, pero en general se ve compensado por el menor manipuleo de los baldes con la mezcla de asiento.

Por la disposición de los huecos en el C-1 y sobre todo en el B-1 se hace más difícil colocar la mezcla, en el caso B-1, por este motivo se tarda igual o incluso mayor tiempo que con los ladrillos comunes, en los que es fácil la colocación de la mezcla.

Las formas y terminaciones más regulares de los bloques, determinan una mayor facilidad en el encuadrado, alineado y mantenimiento del "plomo" al levantar los muros. También se verifica, en función del poco espesor de la junta, el largo de los bloques y sus ángulos regulares, una mayor facilidad para mantener el nivel de las distintas "hiladas" del muro.

Estas observaciones plantean la posibilidad de la colocación de estos mampuestos por personal no adiestrado, lo que puede facilitar la solución de problemas en muchos casos en que no es posible contar con una mano de obra especializada en trabajos de albañilería.

Además, las superficies obtenidas en los paramentos son de mucho mayor prolijidad permitiendo el uso de espesores mínimos de revoque.

En otro aspecto se produce en general un ahorro en la cantidad de mezcla utilizada con respecto a la necesaria para la mampostería de ladrillos cerámicos comunes. Estas cantidades por m^2 y m^3 se indican en la Tabla III y en general dependen del tamaño de los bloques (cantidad de juntas) y de la disposición de los huecos que algunos casos hace que la mezcla se pierda al introducirse en los mismos.

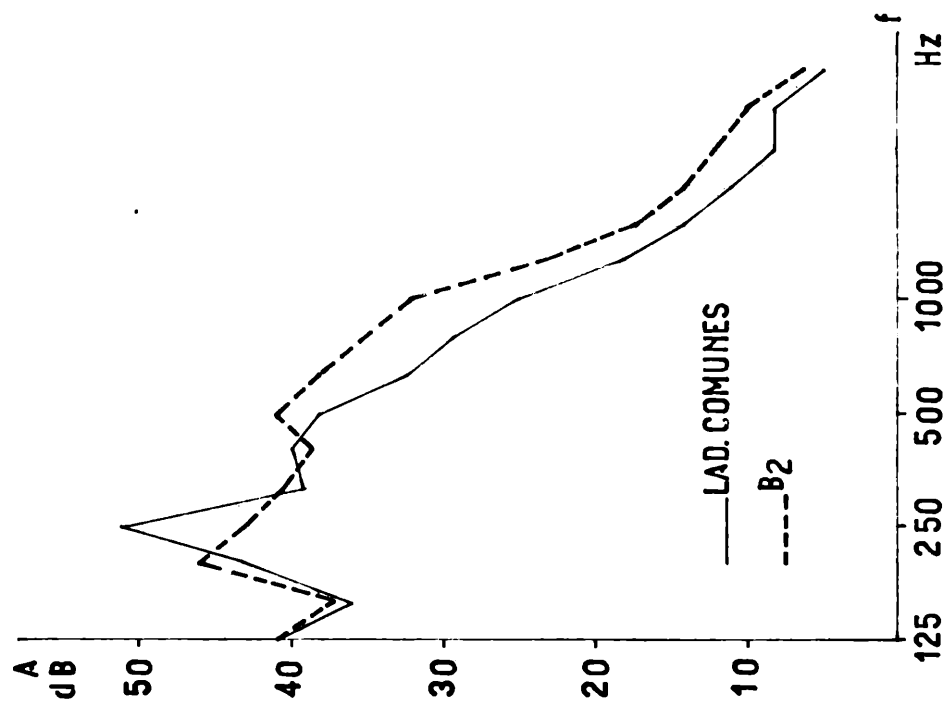


Gráfico 5

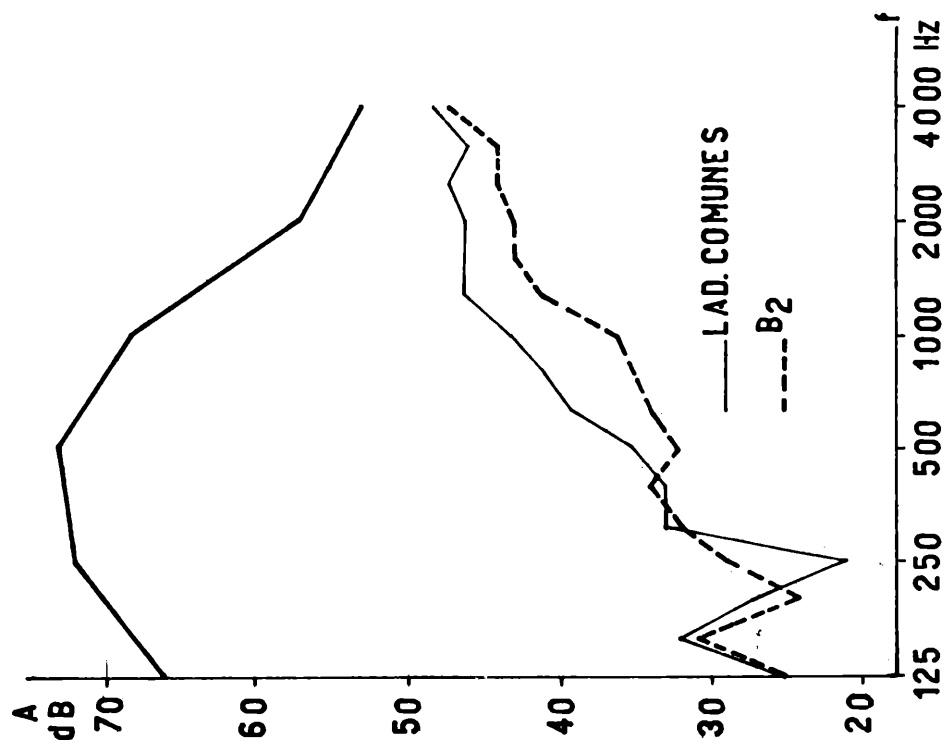


Gráfico 2

ENSAYOS DE AISLACION ACUSTICA

Los muros fueron contruidos asentando los bloques con una mezcla igual a la usada para los ensayos de compresión.

La superficie de las paredes era de $4,50 \text{ m}^2$ y las mismas se ubicaron como divisorias entre una sala que contiene una fuente sonora, llamada sala de emisión y otra sala de $17,23 \text{ m}^3$ de volumen, llamada sala de recepción.

La medida se realizó generando ruido blanco filtrado, en bandas de un ancho de una octava, en la sala de emisión y midiendo el nivel promedio de presión sonora, en bandas de un tercio de octava, en esta sala y en la de recepción.

Los valores se obtuvieron promediando las lecturas para tres posiciones diferentes en cada sala. Se calculó el "índice de reducción del sonido" para las distintas bandas de frecuencia de acuerdo con la norma IRAM 4063 (gráfico 1).

Los resultados obtenidos indican como observación general, que las mayores aislaciones se obtienen con los muros más pesados, en este caso el de ladrillos cerámicos comunes, confirmándose la teoría del aumento de aislación en función de la masa; así mismo se verifica la "ley de la frecuencia" con el aumento de aislación proporcional a la misma.

Sin embargo debe tenerse en cuenta que, en función del diseño de cada tipo de bloque, distribución y tamaño de los huecos, espesor de las paredes de cerámica, etc., se producen distintas formas de transmisión que dan lugar a algunas alteraciones en la verificación del cumplimiento de las leyes enunciadas.

Las "frecuencias críticas" de las paredes ensayadas aparecen entre los 200 y 250 Hz.

Si se tiene en cuenta una curva que representa el espectro de ruido de una conversación en alta voz y se compara, por ejemplo con las curvas de aislación correspondientes a la pared de ladrillo cerámico comunes y bloques tipo B-2 (gráfico 2) se puede verificar en las curvas resultantes en la figura 25,

el espectro de ruido que será escuchado a través de las mismas. Con esta comparación se comprueba, que los máximos niveles de ruido escuchado aparecen entre los 200 y 250 Hz (coincidiendo con las "frecuencias críticas" de las paredes) y comienzan a bajar a partir de los 300 Hz. Si se considera que en las frecuencias inferiores a 300 Hz el oído humano es poco sensible resulta favorable, como se aprecia en el gráfico 3, que las "frecuencias críticas" de estas paredes aparezcan en la zona más baja. Sin embargo en el caso de la pared B-2 aparece una falla de aislación en la frecuencia de 500 Hz que influye en una zona importante para la inteligibilidad de la palabra.

BIBLIOGRAFIA

1. Recommendations pour l'execution des maçonneries de briques et de blocs. Centre Scientifique et Technique de la Construction, Bruxelles, fevrier 1972. Note Inf. technique 95.
2. Etude des maçonneries portantes. Centre Scientifique et Technique de la Construction, Bruxelles, Compte Rendu de Recherches n° 4, 1966 y n° 12, 1970.
3. Norma IRAM 1 549. Ladrillos para construcción. Métodos de ensayos generales.
4. Norma IRAM 12 518. Ladrillos cerámicos comunes.
5. Norma ASTM.E 72-61. Conducting-Strength Tests of Panels Building Construction.
6. Norma IRAM 11 588. Muros para edificios. Métodos de ensayo a compresión.
7. Esquema de norma IRAM 12 566. Ladrillos y bloques cerámicos huecos para función resistente en muros.
8. Colina, J. F., Wainsztein, M. y Batic, O. R. - Estudio sobre cemento de albañilería. Informaciones IRAM, 31 (1), 23-30, enero-marzo 1967.



Fig. 1.- Vista general de los muros antes del ensayo

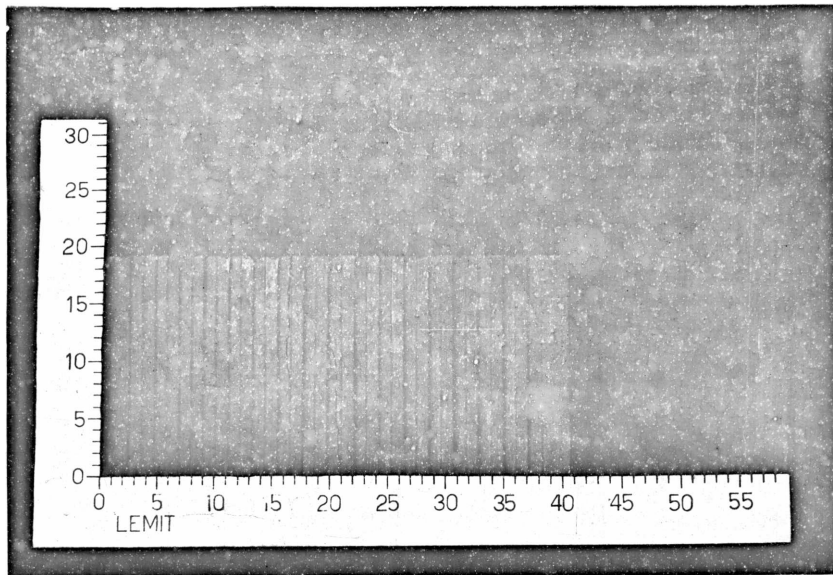


Fig. 2.- Vista lateral del bloque tipo A-1

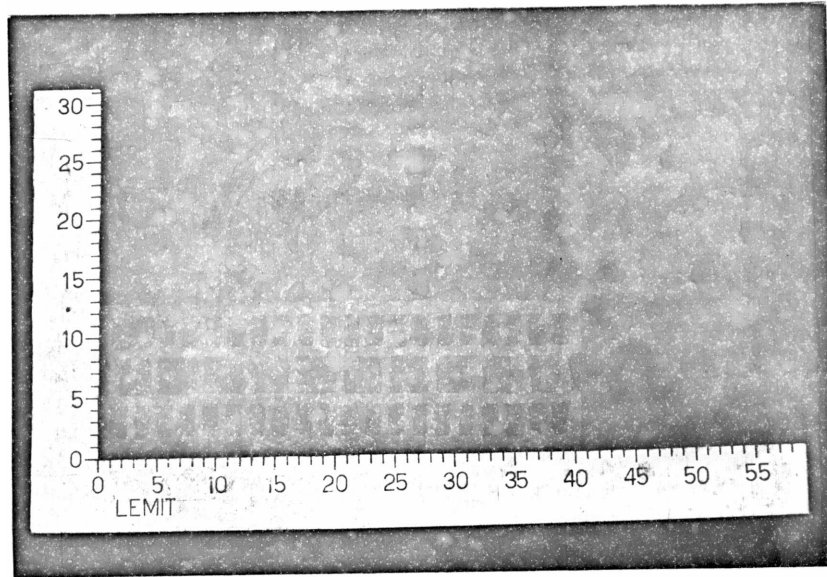


Fig. 3.- Vista de la cara de asiento y zona de aplicación de la mezcla, bloque tipo A-1

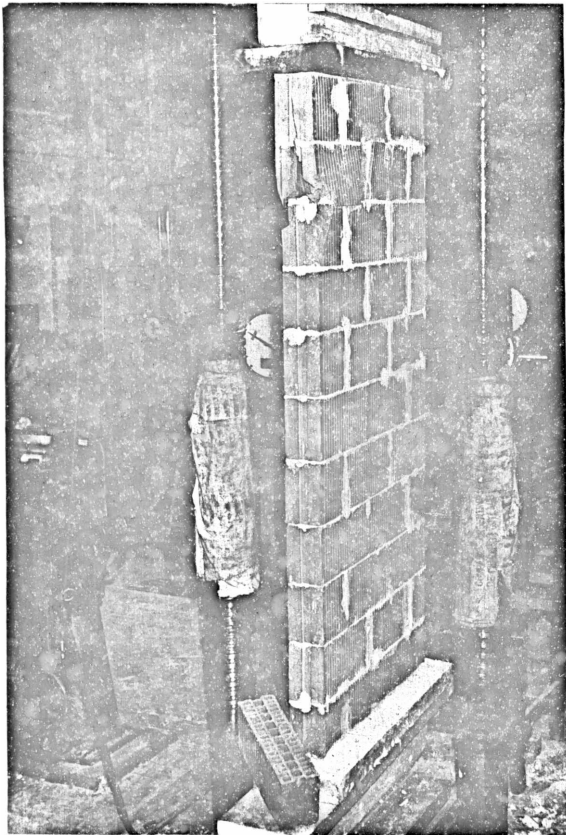


Fig. 4.- Detalle de rotura, bloque tipo A-1

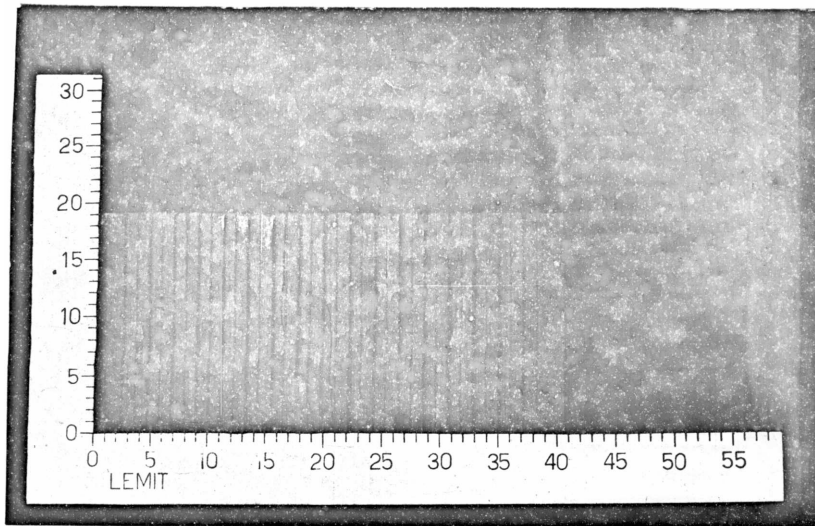


Fig. 5.- Vista lateral del bloque tipo A-2

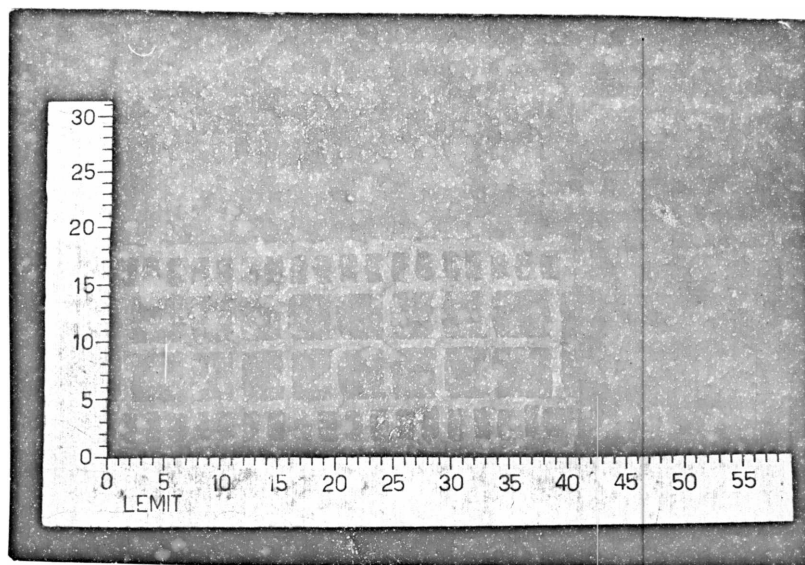


Fig. 6.- Vista de la cara de asiento y zona de aplicación de la mezcla, bloque tipo A-2

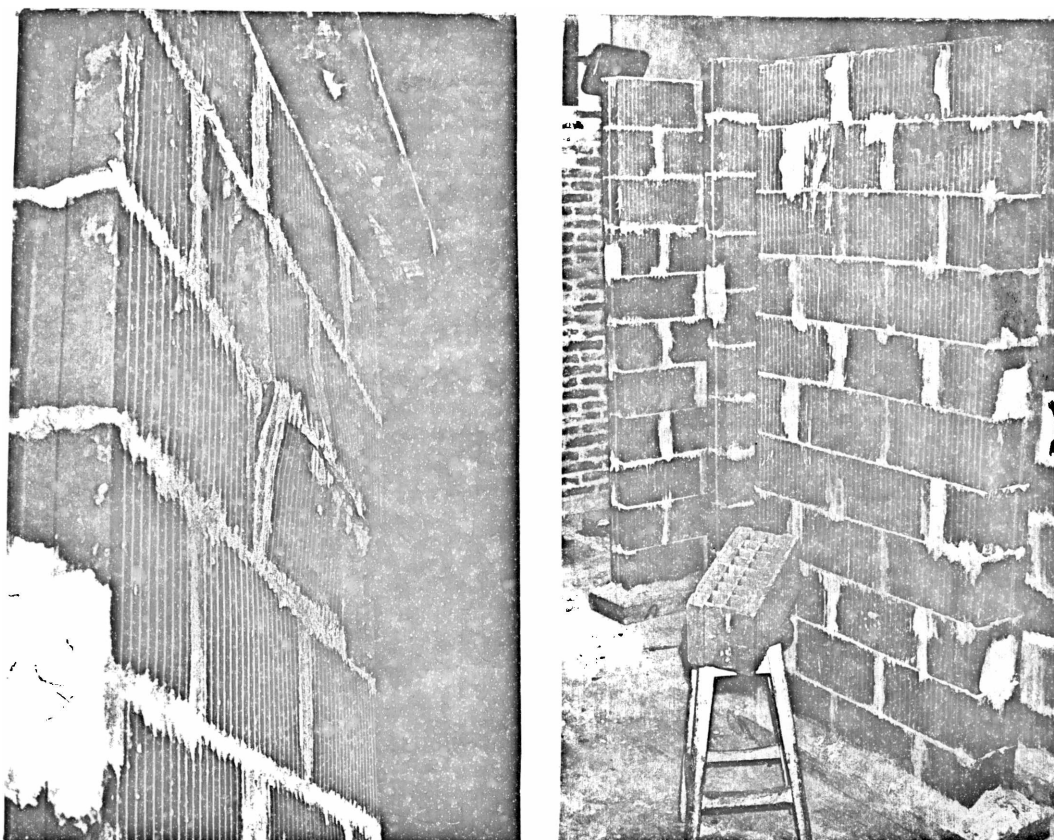


Fig. 7 y 8.- Detalles de rotura, bloque tipo A-2

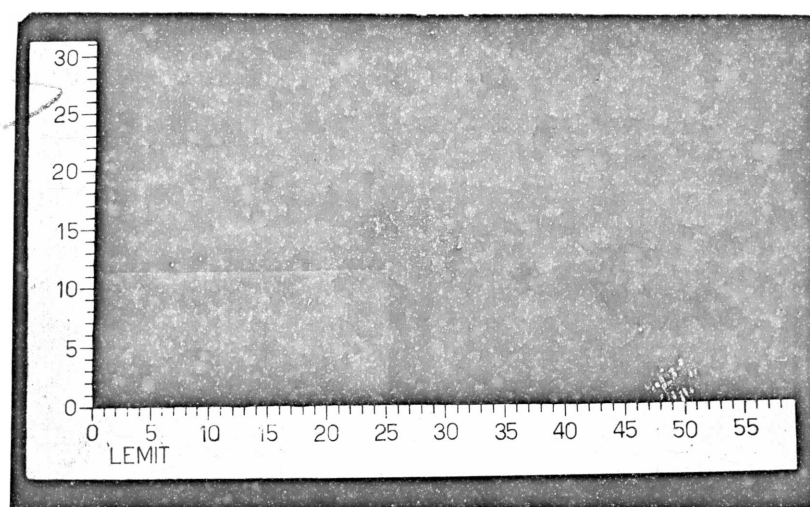


Fig. 9.- Vista lateral, bloque tipo B-1

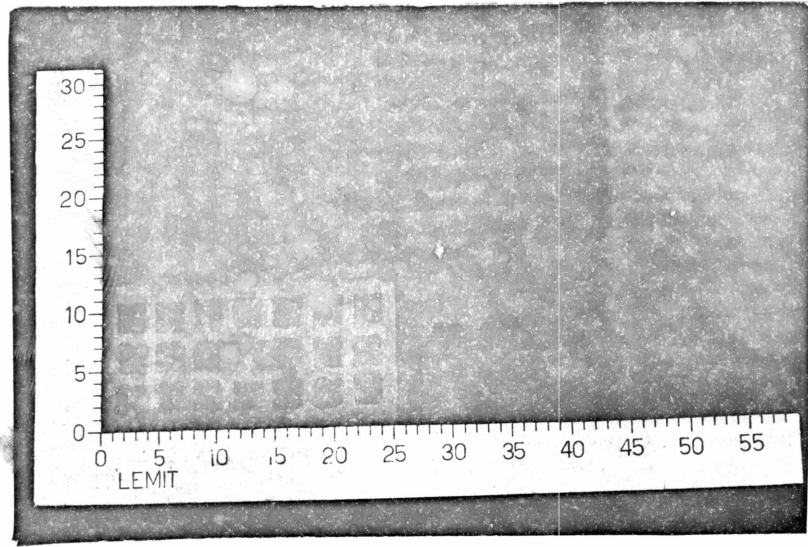


Fig. 10.- Vista de la cara de asiento y zona de aplicación de la mezcla, bloque tipo B-1



Fig. 11.- Detalle de rotura, bloque tipo B-1

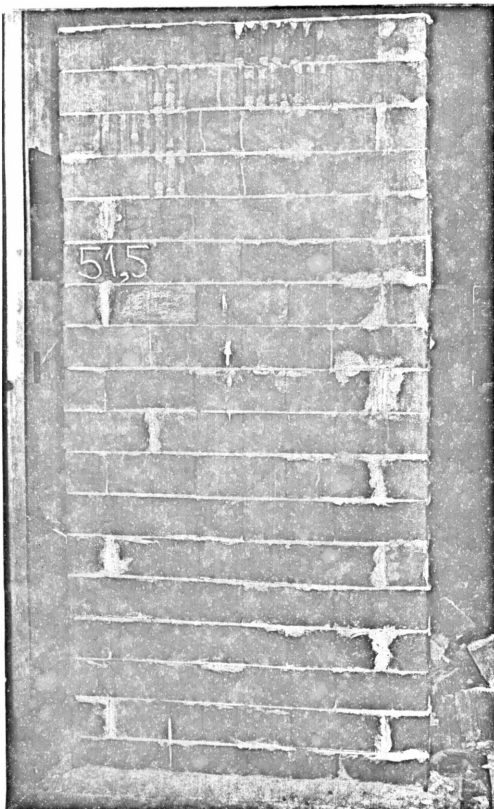
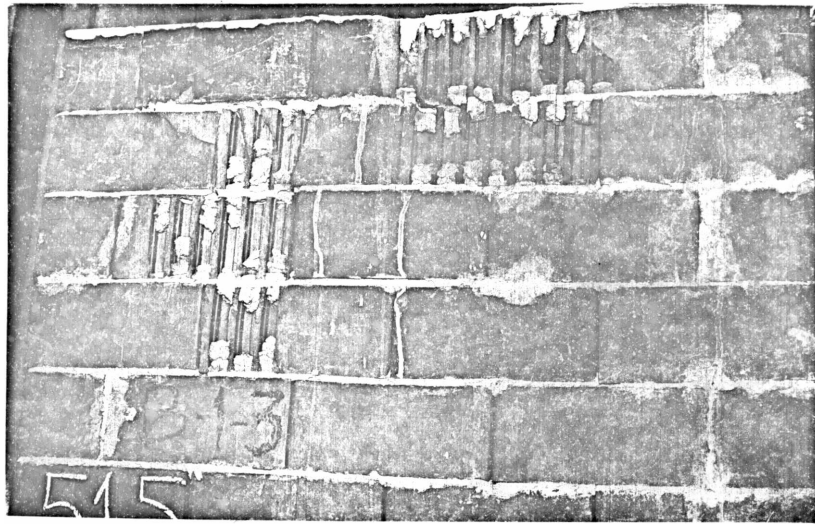


Fig. 12 y 13.- Detalles de rotura, bloque tipo B-1

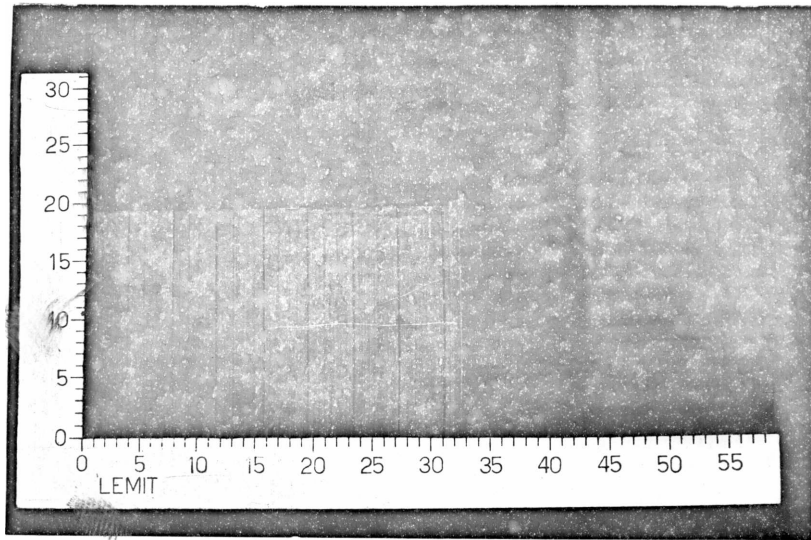


Fig. 14.- Vista lateral del bloque tipo B-2

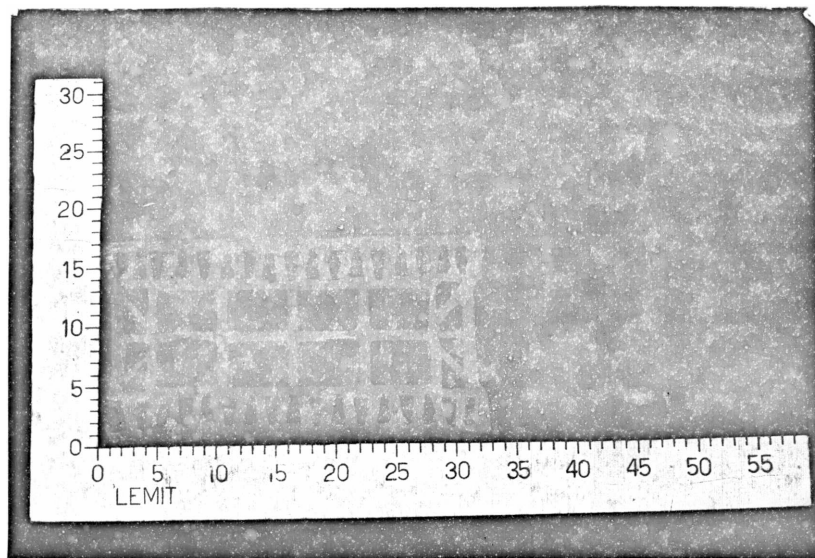


Fig. 15.- Vista de la cara de asiento y zona de aplicación de la mezcla, bloque tipo B-2

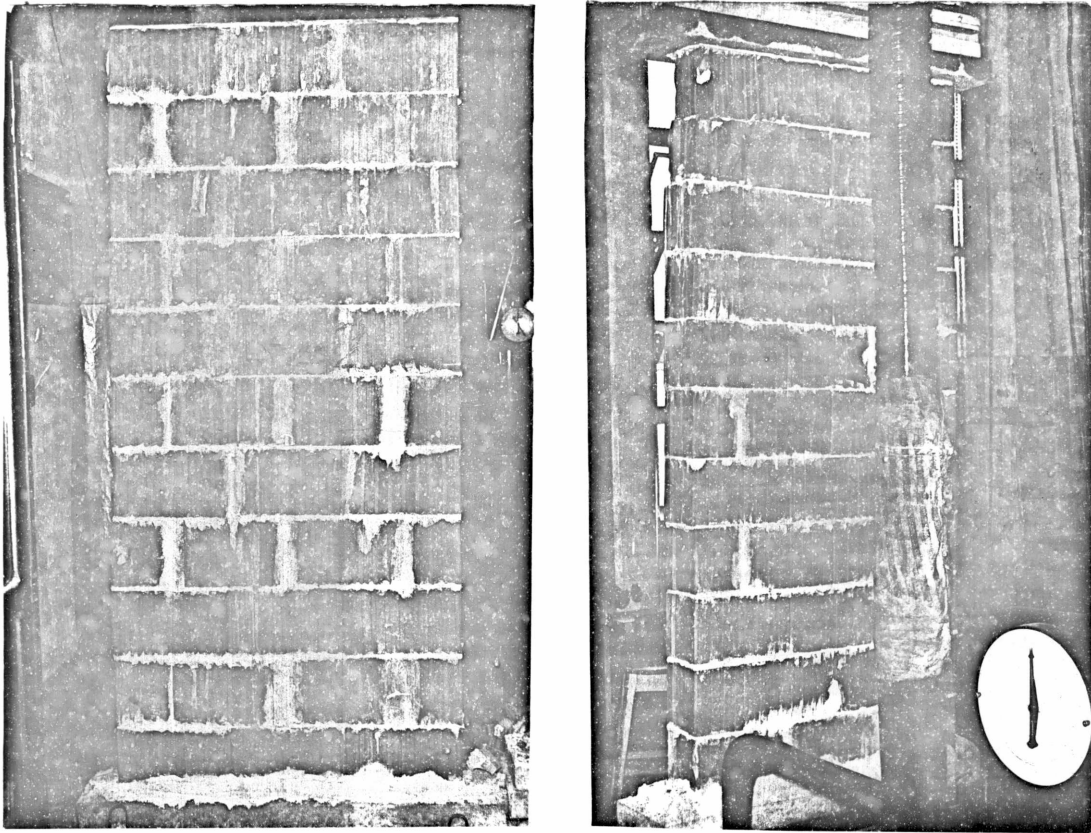


Fig. 16 y 17.- Detalles de rotura, bloque tipo B-2

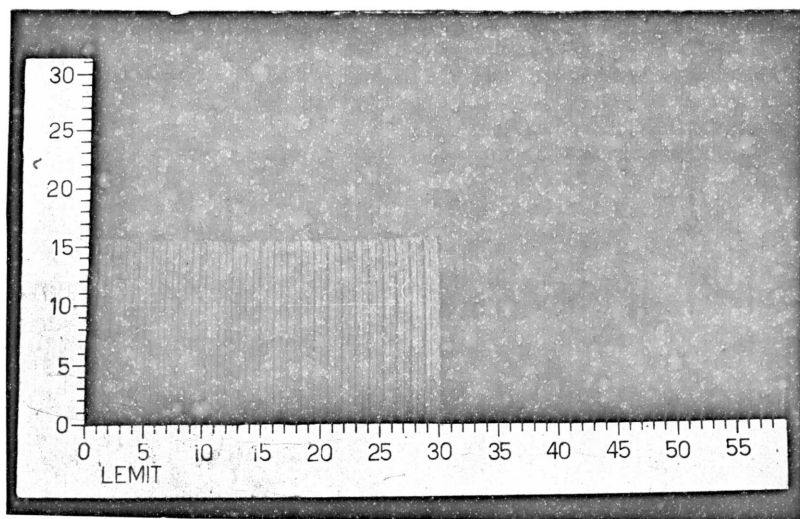


Fig. 18.- Vista lateral del bloque tipo C-1

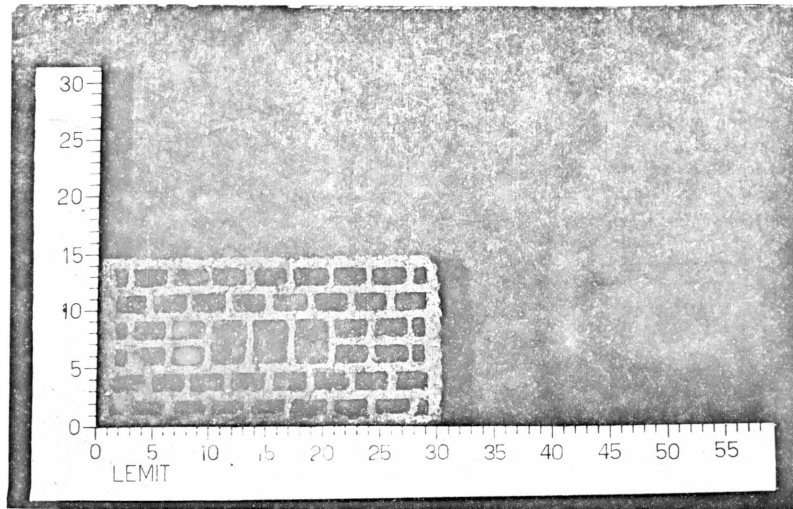


Fig. 19.- Vista de la cara de asiento y zona de aplicación de la mezcla, bloque tipo C-1

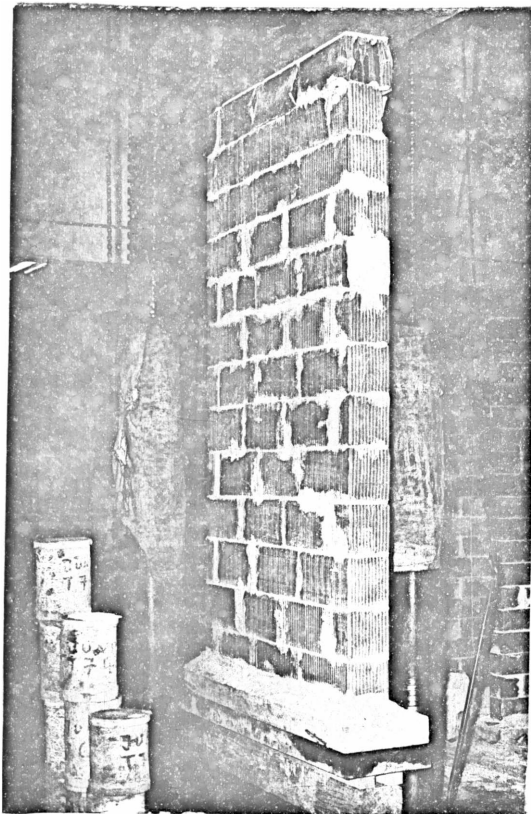


Fig. 20.- Detalle de rotura, bloque tipo C-1

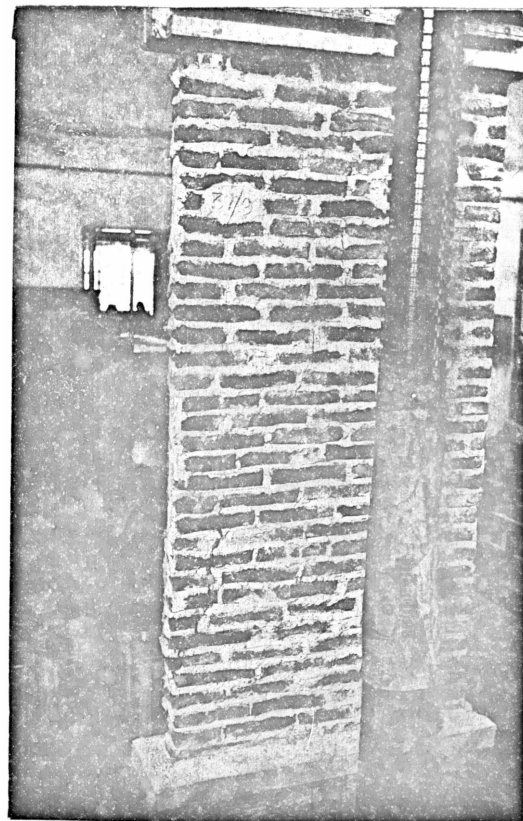


Fig. 21.- Detalle de rotura, muro de ladrillos cerámicos comunes.