

## **CALIDAD DE LOS LADRILLOS Y BLOQUES PARA ALBAÑILERIA**

**Luis JORQUERA \***

*Se presenta una recopilación de los resultados de los ensayos sobre ladrillos y bloques, efectuados en el IDIEM durante el bienio 1959-1960. Los ladrillos y bloques ensayados provienen de partidas controladas en obras de la provincia de Santiago. Los datos permiten comparar la calidad de los diferentes tipos de ladrillos y bloques existentes en el mercado.*

*Se dan valores del índice de clima, según el criterio de la ASTM, de una serie de lugares del territorio de Chile. El índice es un antecedente para aplicar las exigencias de calidad que garanticen la durabilidad de los ladrillos de arcilla.*

### **1. INTRODUCCION**

Durante varios años, el IDIEM ha venido realizando ensayos de control de la calidad de ladrillos y de bloques para albañilería, la mayor parte de las veces a solicitud de la Corporación de la Vivienda, de las fábricas y de los constructores, y otras, por iniciativa del propio Instituto. Estos ensayos, especificados por las normas INDITECNOR correspondientes, son de resistencia a la compresión, absorción de agua y en algunos casos de adherencia. Debe tenerse presente que si bien los resultados de los ensayos de control sirven para juzgar la calidad de los elementos mismos, ladrillos y bloques, al analizar la resistencia de los muros es preciso tomar en cuenta, además, otros factores, como ser, contenido de humedad de los elementos en el momento de su coloca-

---

\* Ingeniero civil, jefe sección Elementos Prefabricados del IDIEM.

ción, calidad del mortero, esbeltez del muro y manera de aplicar las cargas.

Por otra parte, hay que considerar, al decidir el empleo o al reglamentar el uso de elementos para albañilería, su resistencia, durabilidad, impermeabilidad, aislación térmica y aislación acústica. Los resultados de los ensayos de control ofrecen información principalmente sobre las dos primeras de estas cualidades, y sólo incidentalmente tienen relación con la tercera, en la medida que la impermeabilidad de un ladrillo está ligada a su absorción. Los temas de aislación térmica y acústica no se tratan aquí.

Los resultados que se presentan corresponden al bienio 1959-1960.

## 2. LADRILLOS DE ARCILLA

Los ladrillos de arcilla de fabricación nacional pueden clasificarse, de acuerdo con el método de fabricación, en dos clases:

- a) ladrillo hecho a mano, o de "chonchón", que se fabrica en dos tamaños:  
"fiscal" de 290 x 149 x 65 mm y  
"muralla" de 390 x 190 x 65 mm \*
- b) ladrillo hecho a máquina, que se fabrica en varios tamaños y tipos. Entre éstos se distinguen:  
ladrillos macizos,  
ladrillos con huecos horizontales,  
ladrillos con perforaciones verticales.

### 2.1 Disposiciones de las normas chilenas sobre ladrillos de arcilla

Las normas chilenas se refieren separadamente a ladrillos macizos y a ladrillos huecos. Damos un resumen de los requisitos generales establecidos en ellas.

INDITECNOR 30.55 (1961) "Ladrillo arcilloso macizo": clasifica los ladrillos en tres clases, según sean los resultados de los ensayos de compresión, adherencia y absorción:\*\*

Clase A: Ladrillos que deben emplearse en muros sometidos a la acción de clima severo o cuando se requieren tasas de trabajo altas a compresión y a adherencia.

Clase B: Ladrillos de uso general en muros sometidos a las condiciones atmosféricas medias de nuestro país.

Clase C: Ladrillos para muros interiores. Convenientemente revestidos pueden usarse en muros exteriores.

---

\* Estas son las dimensiones que fija la norma INDITECNOR 30-55, en el mercado se ofrecen también ladrillos de dimensiones distintas.

\*\* La norma INDITENCOR 30-55 (1961) ha sido aprobada por uno de los comités de trabajo del INDITECNOR y se encuentra en trámite de promulgación.

Las exigencias de la norma en cuanto a resistencia a la compresión, absorción y adherencia son las de la tabla I.

TABLA I

## EXIGENCIAS DE INDITECNOR 30.55, "LADRILLO ARCILLOSO MACIZO"

Clase	Resistencia mínima a compresión		Absorción máxima en peso Individual %	Adherencia mínima * Individual kg/cm <sup>2</sup>
	Promedio 5 probetas kg/cm <sup>2</sup>	Individual kg/cm <sup>2</sup>		
A	100	90	19	3,5
B	90	60	19	3,0
C	30	25	28	1,5

\* Ensayo hecho con mortero 1 : 3 y a 7 días de edad.

La norma dispone, además, que para el cálculo de muros hechos con ladrillos clase C se admitirán tensiones máximas de 5 kg/cm<sup>2</sup>, a la compresión, y al cizalle de 0,5 kg/cm<sup>2</sup>.

En la norma anterior a ésta, se prescribía una adherencia mínima de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. Datos estadísticos provenientes de controles realizados por el IDIEM indicaban una fracción defectuosa de alrededor de 0,85 o sea, que el 85% de las probetas ensayadas no cumplían con las especificaciones. El comité de INDITECNOR acordó, con el propósito de hacer aplicables las normas, rebajar la adherencia mínima a 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. El rebajar la adherencia, acordó además limitar, respecto a los criterios en uso, la carga unitaria admisible al cizalle a 0,5 kg/cm<sup>2</sup>.

INDITECNOR 30.56 (1954) "Ladrillo arcilloso hueco": Clasifica los ladrillos en dos clases, A y B, según las exigencias de la Tabla II.

Por último, conviene mencionar que una reciente modificación de la Ordenanza General de Construcciones (Diario Oficial número 24.833 del 31 de diciembre de 1960, pág. 9) establece lo siguiente, respecto a la fatiga de cizalle:

"Para los edificios de albañilería de ladrillo o bloques, este valor será equivalente a la fórmula:

**TABLA II**  
**EXIGENCIAS DE INDITECNOR 30.56 "LADRILLO ARCILLOSO HUECO"**

Clase	Resistencia mínima a compresión		Absorción máxima en peso	Saturación máxima en peso	Adherencia mínima *
	Promedio 5 ladrillos kg/cm <sup>2</sup>	Individual kg/cm <sup>2</sup>	Individual %	Individual %	Individual kg/cm <sup>2</sup>
A	45	35	11	15	4
B	30	25	15	19	4

\* Ensayo hecho con mortero 1 : 3 y a 7 días de edad.

tau igual  $(0,5 \text{ más } 0,1 \text{ sigma}) \text{ kg/cm}^2$ .

Siendo tau la fatiga de cizalle admisible de la albañilería y sigma su fatiga de compresión efectiva.

En el caso de bloques huecos, las fatigas anteriores se refieren a las secciones efectivas de contacto".

La Ordenanza vigente no establece diferencias entre los distintos tipos de ladrillos de arcilla respecto a las cargas unitarias admisibles en el diseño.

## 2.2 Resultados de los ensayos

Los métodos de ensayo empleados para obtener los resultados que se presentan, son los especificados en la norma INDITECNOR 30.54 ch, "Ensayos de ladrillos arcillosos", de 1954.

Los resultados se muestran gráficamente en las figuras 1, 2, 3, que son diagramas de distribución de frecuencias relativas acumuladas de compresión, adherencia y absorción, respectivamente. Cuando corresponde, se ha marcado con línea de puntos el valor especificado por la norma INDITECNOR.

Las Tablas III, IV y V dan otros resultados de interés sobre las mismas muestras a que se refieren las Figuras 1, 2 y 3.

En el caso de los ladrillos hechos a mano no se han dado por separado los resultados de los ensayos de adherencia para los dos tipos "muralla" y "fiscal", porque el análisis estadístico de los datos muestra que los dos tipos poseen, en este aspecto, calidades que no son significativamente diferentes.

En el caso de los dos tipos de ladrillo "rejilla", las calidades son significativamente diferentes en cuanto dice relación con la resistencia a la compresión y con la adherencia; pero no así en lo que se refiere a la absorción.

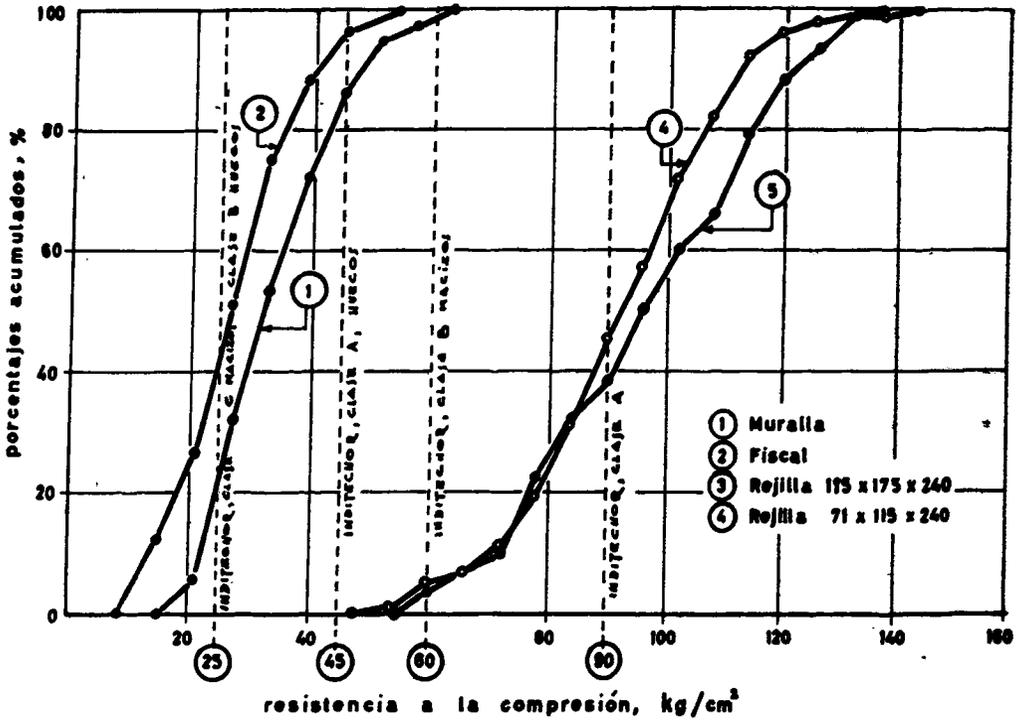


FIG. 1. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla en probetas individuales. Controles del IDIEM de los años 1959 y 1960.

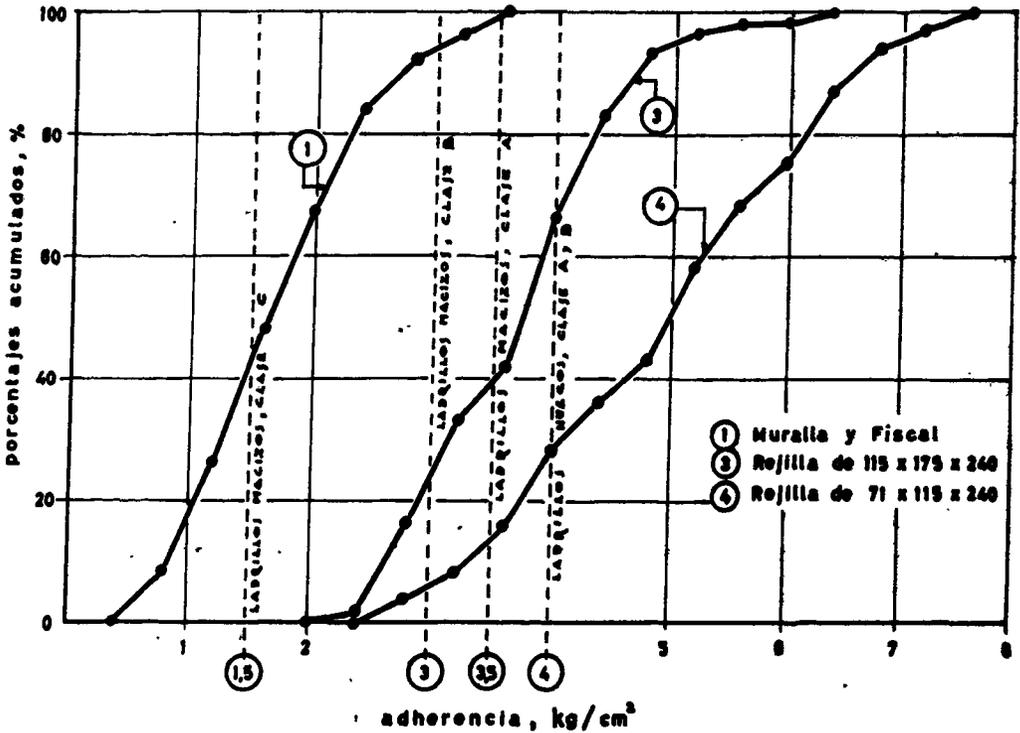


FIG. 2. Resultados de ensayos de adherencia de ladrillos de arcilla en probetas individuales. Controles del IDIEM de los años 1959 y 1960.

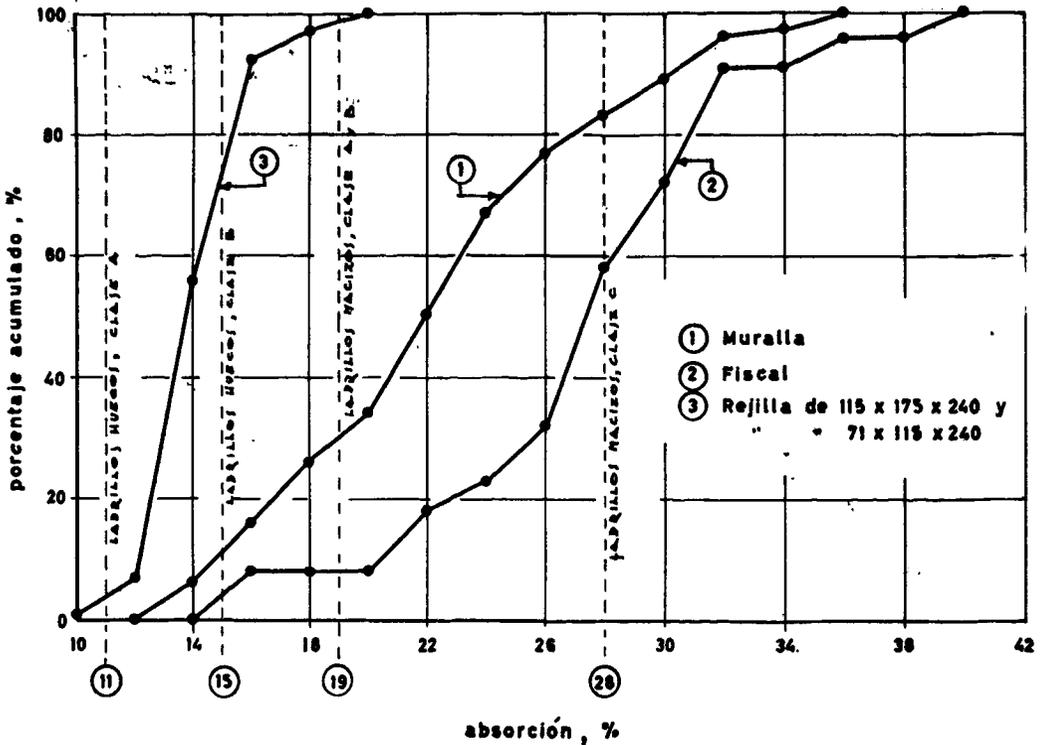


FIG. 3. Resultados de ensayos de absorción de ladrillos de arcilla en probetas individuales. Controles del IDIEM de los años 1959 y 1960.

Las fracciones defectuosas indicadas en las Figuras 1, 2 y 3 y en las Tablas III, IV y V se han calculado para los ladrillos hechos a mano, teniendo en cuenta lo prescrito por INDITECNOR 30.55 para la Clase C; en el caso de los ladrillos "rejilla", la fracción defectuosa es la correspondiente a la Clase A de INDITECNOR 30.56.

En la Tabla VI se dan resultados de ensayos sobre otros tipos de ladrillos de arcilla. Hemos estimado que el número de probetas es insuficiente para poder dar los datos con el mismo detalle que en los casos anteriores.

### 2.3 Análisis de los resultados

Comparando las curvas 1 y 2 de la Fig. 1 con la resistencia mínima a la compresión especificada por INDITECNOR 30.55 (Tabla I), se deduce que los ladrillos hechos a mano, tanto del tipo "muralla" como "fiscal", son de la Clase C. Las fracciones defectuosas para estos tipos de ladrillos son altas en todos los ensayos; aproximadamente entre un 25 y un 50% de la producción no cumple las especificaciones para cada una de las características ensayadas.

Si se compara la resistencia a la compresión y a la adherencia de los ladrillos hechos a máquina tipo rejilla y macizo, con la de ladrillos de "chon-



TABLA III

## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS DE ARCILLA

Ensayos según norma INDITECNOR 30.54 ch. Producciones de los años 1959 y 1960.

Tipo de ladrillo	Promedio kg/cm <sup>2</sup>	Desviación típica kg/cm <sup>2</sup>	Coefficiente de variación	Fracción defectuosa*	Número de ensayos
de chonchón "muralla"	33	10	0,31	0,24	240
de chonchón "fiscal"	27	10	0,41	0,48	59
"rejilla" de 115x175x240 mm	87	19	0,22	0	128
"rejilla" de 71x115x240 mm	93	18	0,19	0	244

\* Proporción de ensayos que quedan bajo lo especificado para la Clase C (Tabla I) para los ladrillos de "chonchón", y bajo lo especificado para la Clase A (Tabla II) para los ladrillos tipo "rejilla".

TABLA IV

## ADHERENCIA DE LADRILLOS DE ARCILLA

Ensayos según norma INDITECNOR 30.54 ch. Producciones de los años 1959 y 1960.

Tipo de ladrillo	Promedio kg/cm <sup>2</sup>		Coefficiente de variación	Fracción defectuosa *	
de chonchón "muralla y fiscal"	1,70	0,69	0,41	0,42	178
"rejilla" de 115x175x240 mm	3,67	0,94	0,26	0,70	70
"rejilla" de 71x115x240 mm	4,89	1,20	0,25	0,25	98

\* Proporción de ensayos que quedan bajo lo especificado para la Clase C (Tabla I) para los ladrillos de "chonchón", y bajo lo especificado para la Clase A (Tabla II) para los ladrillos tipo "rejilla".

TABLA V

## ABSORCION DE LADRILLOS DE ARCILLA

Ensayos según norma INDITECNOR 30.54 ch. Producciones de los años 1959 y 1960.

Tipo de ladrillo	Promedio % en peso	Desviación % en peso	Coefficiente de variación	Fracción defectuosa	Número de Ensayos
de chonchón "muralla"	22,2	5,5	0,25	0,17	104
de chonchón "fiscal"	26,9	5,4	0,20	0,41	22
"rejilla" de 115x175x240 mm y de 71x115x240 mm	13,9	1,7	0,12	0,95	159

\* Fracción defectuosa calculada sobre la base de lo especificado para la Clase C (Tabla I) para los ladrillos de "chonchón", y sobre lo especificado para la Clase A (Tabla II) para los ladrillos tipo "rejilla".

TABLA VI

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE VARIOS TIPOS DE LADRILLOS DE ARCILLA DIFERENTES DE LOS PRESENTADOS EN LAS TABLAS III, IV Y V

Tipo de ladrillo	Resistencia* a compresión promedio kg/cm <sup>2</sup>	Adherencia* promedio kg/cm <sup>2</sup>	Absorción* en peso promedio %
macizo hecho a máquina 71 x 115 x 240 mm	168 (68)	4,00 (30)	13,9 (24)
huevo para tabiques huevo para tabiques	52 (55)	4,56 (33)	13,8 (22)
con huecos horizontales 155 x 240 x 240 mm	39 (45)	2,59 (27)	13,3 (18)

\* Las cifras entre paréntesis indican el número de probetas ensayadas.

chón" se observa una notable diferencia. Esta situación ha sido reconocida en la norma INDITECNOR 30.55, en el caso de los ladrillos macizos, al especificarse diferentes clases definidas por los resultados de los ensayos. Sin embargo, en la Ordenanza General de Construcciones, no se hace ninguna diferencia para los distintos tipos de ladrillos al especificar las cargas unitarias admisibles en muros de albañilería. Esto resta posibilidades al empleo estructural de ladrillos hechos a máquina. Por otra parte, si se hiciera diferencia entre muros de albañilería corrientes y de alta resistencia, habría que tener en cuenta la reglamentación de los demás factores que influyen en la resistencia de los muros.

Si se comparan los resultados de los ensayos a compresión de ladrillos "rejilla" con lo especificado por la norma para ladrillos huecos (curvas 3 y 4 de Fig. 1, con cifras de Tabla II), se ve que cumplen con exceso los requisitos exigidos. Si se aplica a estos ladrillos lo exigido para la Clase B en la norma de ladrillo macizo, resultan fracciones defectuosas de 2% y 4%, valores perfectamente admisibles. En cambio, estos ladrillos acusan una fracción defectuosa sumamente alta cuando se trata de lo especificado para ladrillos huecos en los ensayos de adherencia y absorción, en cualquiera de las dos clases que se les considere.

Estas consideraciones, y otras basadas en experiencias realizadas con muros sometidos a cargas verticales y cargas horizontales \*, nos inducen a recomendar en la norma para ladrillos huecos, se haga diferencia entre ladrillos con huecos horizontales y ladrillos con huecos verticales, que permita un aprovechamiento más ventajoso del ladrillo "rejilla" como material estructural; las exigencias en los ensayos de compresión y adherencia de los ladrillos con huecos verticales "rejilla" serían mayores que las de ladrillos con huecos horizontales; su empleo estructural sería, asimismo, más amplio.

En resumen, respecto a la normalización vigente, podemos anotar los siguientes hechos que llaman la atención:

a) En las normas de especificaciones de ladrillos se hacen diferencias en las exigencias de calidad de las distintas clases de ladrillos; en la Ordenanza General, en cambio, se especifican las mismas cargas unitarias admisibles cualesquiera que sean los materiales empleados.

b) En las normas de ladrillos de arcilla huecos las exigencias en cuanto a absorción y adherencia de las Clases A y B son mucho mayores que las exigencias en estos mismos ensayos para la clase superior de ladrillos macizos (Tabla I y II).

c) No está definida en las normas vigentes una especificación conveniente aplicable a los ladrillos con huecos verticales "rejilla".

\* J. EGAN y E. RETAMAL - "Estudio experimental de muros de albañilería". Memoria de título, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, 1960.

### 3. BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN

En este apartado presentamos los resultados de ensayos efectuados en el IDIEM, que corresponden a controles periódicos solicitados por la Corporación de la Vivienda o por particulares. El período considerado es de dos años: 1959 y 1960. Los resultados se han representado en las Figuras 4 y 5.

Los ensayos fueron ejecutados según la norma INDITECNOR 30.154 ch, "Ensayos de bloques de hormigón". Las especificaciones están establecidas en la norma INDITECNOR 30.152 ch, "Bloques huecos de hormigón de cemento".

La norma 30.152 ch divide estos elementos en Clase A, "bloques para muros soportantes", Clase B, "bloques para muros no soportantes o tabiques".

Las exigencias especificadas son las indicadas en la Tabla VII.

La norma indica también lo siguiente:

"No se podrán emplear como elementos soportantes bloques de ancho efectivo inferior a 190 mm, salvo que se adopten disposiciones especiales para su uso justificadas por el cálculo. Sin embargo, los bloques de 140 mm de ancho podrán emplearse, como soportantes, en el último piso de una edificación tanto en muros interiores como en muros medianeros de grupos de dos o más viviendas".

Ultimamente se han propuesto dos modificaciones de la norma, una en que se eximen del ensayo de absorción los bloques para muros de 100 mm de espesor, siempre que se empleen en interiores, y otra que aumenta la tolerancia en la absorción de 200 a 240 kg/m<sup>3</sup>.

De la simple observación de las Figuras 4 y 5 se deduce que la calidad de los bloques huecos de hormigón hechos en fábrica, controlada periódicamente y en condiciones estables respecto a provisión de materiales, es superior a la calidad de los bloques de hormigón hechos junto a la obra, con control no periódico.

En la tabla VIII y IX se dan otros resultados de interés sobre las mismas muestras a que se refieren las Figuras 4 y 5.

### 4. OTROS ELEMENTOS PARA ALBAÑILERÍAS

Los ladrillos de arcilla y los bloques huecos de hormigón son los elementos de mayor empleo en albañilerías. Otros elementos de menor producción son los siguientes:

*Ladrillos sílico-calcareos.* Son ladrillos hechos con cal, arena silíceas y agua, moldeados a presión y fraguados en autoclave (dimensiones nominales: 125 x 250 x 60 mm).

TABLA VII

EXIGENCIAS DE LA NORMA INDITECNOR 30.152 ch  
"BLOQUES HUECOS DE HORMIGON DE CEMENTO"

Clase	Resistencia mínima a la compresión		Absorción máxima individual kg/m <sup>3</sup>	Contenido máximo de humedad* individual %
	Promedio 5 bloques kg/cm <sup>2</sup>	Individual kg/cm <sup>2</sup>		
A	45	35	200	40
B	22,5	17,5	200	40

\* En el momento de la entrega.

TABLA VIII

## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGON

Ensayo según la norma INDITECNOR 30.154 ch. Producciones de los años 1959 + 1960.  
Bloques de dimensiones nominales de 200 x 200 x 400 mm.

Tipo de fabricación	Promedio kg/cm <sup>2</sup>	Desviación típica kg/cm <sup>2</sup>	Coefficiente de variación	Fración defectuosa	Número de ensayos
Fabricación A *	49	16	0,33	0,19	490
Fabricación B **	49	26	0,54	0,37	638

\* Bloques provenientes de una fábrica controlada periódicamente, y en condiciones más o menos estables en cuanto a provisión de materiales.

\*\* Bloques hechos junto a la obra, control no periódico.

TABLA IX

## ABSORCION DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGON

Ensayo según la norma INDITECNOR 30.154 ch. Producciones de los años 1959 y 1960.  
Bloques de dimensiones nominales de 200 x 200 x 400 mm.

Tipo de fabricación	Promedio kg/m <sup>3</sup>	Desviación típica kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente de variación	Fración defectuosa	Número de ensayos
Fabricación A *	173	16	0,09	0,07	172
Fabricación B **	195	35	0,18	0,60	187

\* Bloques provenientes de una fábrica, controlada periódicamente, y en condiciones más o menos estables en cuanto a provisión de materiales.

\*\* Bloques hechos junto a la obra, control no periódico.

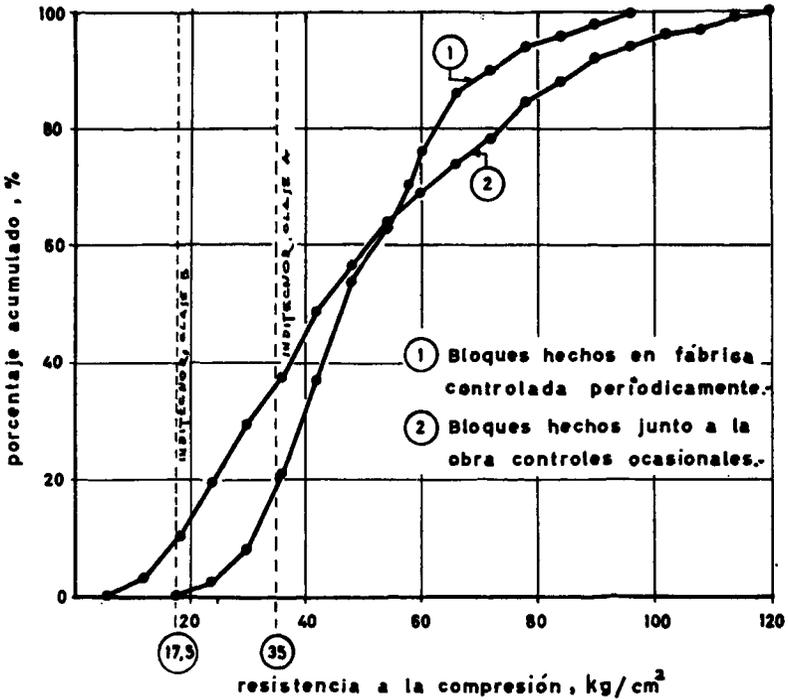


FIG. 4. Resultados de ensayos de resistencia a la compresión de bloques huecos de hormigón en probetas Individuales. Controles del IDIEM de los años 1959 y 1960.

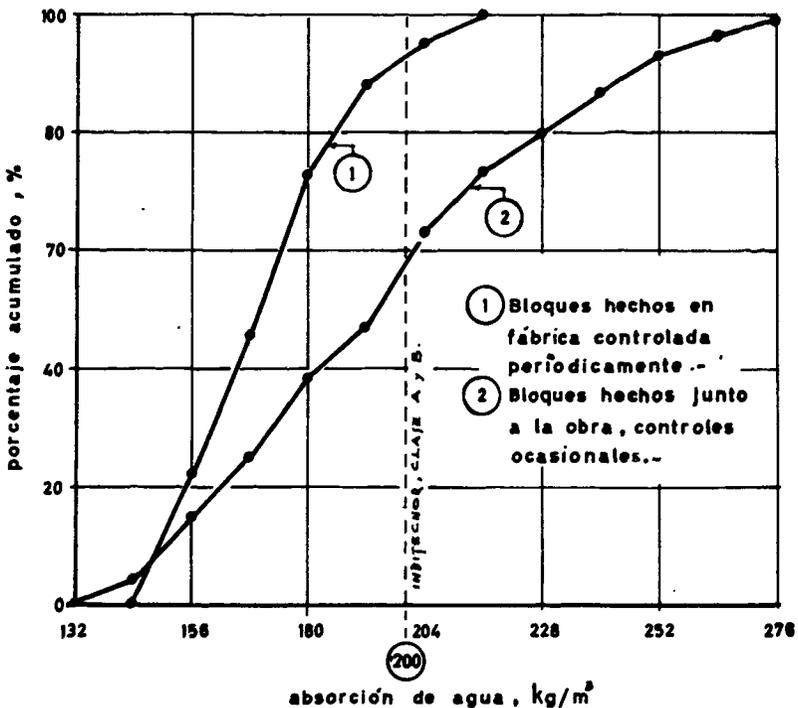


FIG. 5. Resultados de ensayos de absorción de bloques huecos de hormigón en probetas Individuales. Controles del IDIEM de los años 1959 y 1960.

**Ladrillos de hormigón silíceo.** Hechos con cemento, arena silícea y agua, moldeados a presión y fraguados en autoclave (dimensiones nominales: 120 x 250 x 65 mm).

**Ladrillos de suelo-cemento.** Hechos con arcilla, arena y cemento, compactación en máquina de operación manual, curados al aire con humedad.

En la Tabla X se consignan, a título de información, los promedios de resultados de ensayo de estos ladrillos, realizados en el IDIEM en el período 1959-1960.

TABLA X

## RESULTADOS DE ENSAYO DE LADRILLOS SILICOS Y DE SUELO CEMENTO

Tipo de ladrillo	Resistencia* a compresión promedio kg/cm <sup>2</sup>	Adherencia* promedio kg/cm <sup>2</sup>	Absorción* en peso promedio %
Ladrillos sílico-calcáreos macizos	88 (35)	6,4 (12)	22 (19)
Ladrillos de hormigón** silíceo, macizos	80 (25)	6,8 (8)	25 (5)
Ladrillos de suelo cemento macizos***	50 (150)	---	---

\* Las cifras entre paréntesis indican el número de ensayos.

\*\* INDITECNOR solamente ha estudiado normas para ladrillos de hormigón silíceo: INDITECNOR 30.150 ch "Ladrillos de hormigón silíceo". No hay normas chilenas sobre ladrillos sílico-calcáreos y sobre ladrillos de suelo-cemento. Sobre los últimos existe una resolución de la Dirección de Arquitectura que aplica a estos ladrillos las especificaciones de los ladrillos de arcilla macizos, Clase C, INDITECNOR 30.55.

\*\*\* Resistencia a 28 días de ladrillos fabricados en buenas condiciones. Resultados consignados en memoria de título "Empleo de bloques de suelo cemento en la construcción de habitaciones económicas" ing. César ARRIAGADA, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, 1955. Ladrillos de suelo cemento llegados al IDIEM en menor número, no sobrepesaron 30 kg/cm<sup>2</sup> a la compresión.

Los ensayos han sido hechos tomando como referencia la norma INDITECNOR 30.54 ch "Ensayos de ladrillos arcillosos". Estos no son los ensayos más adecuados para los ladrillos de suelo cemento; falta, por ej., una prueba de ciclos de mojado-secado (wetting and drying)..

## 5. DURABILIDAD DE LADRILLOS DE ARCILLA E INDICE DE CLIMA

### 5.1 Durabilidad

Se dice que un material o elemento es durable si no sufre por efecto de los agentes físicos, químicos o atmosféricos, deterioros con el transcurso del tiempo.

po que afecten las características estructurales y estéticas que decidieron su empleo. Aquí se analiza la durabilidad en función de los efectos producidos por los agentes atmosféricos, los cuales son de principal importancia para establecer los mínimos de calidad en elementos para albañilerías. Así lo consideran las normas de los Estados Unidos y de los países europeos.

Se acepta como medida de durabilidad, el ensayo de congelación y deshielo.

Este ensayo, descrito esquemáticamente, consiste en saturar la probeta con agua, someterla a una temperatura inferior a los 0° C durante un cierto intervalo de tiempo en la cámara frigorífica, descongelarla y volver a someterla a baja temperatura, repitiendo este ciclo varias veces. El criterio de rechazo o aprobación estipula un máximo de pérdida en peso, con respecto al peso seco de la probeta, al cabo de un cierto número de ciclos. Se fija un número mínimo de ciclos que la probeta debe soportar sin deterioro apreciable y sin perder más que un fracción determinada del peso inicial. Si la probeta no cumple con estos requerimiento debe ser rechazada.

La prueba de congelación y deshielo es un ensayo demoroso. Usando el método dado por ASTM \* puede durar más o menos 9 semanas. La experimentación ha comprobado que la resistencia a la compresión, la absorción y el coeficiente de saturación, tomados en conjunto, pueden ser un índice de la resistencia a la congelación y deshielo. El coeficiente de saturación se define como el cociente entre la absorción por sumersión en agua fría durante 24 horas y la absorción por sumersión en agua en ebullición durante 5 horas. Se estima que mide la relación entre el espacio fácilmente rellenable y el espacio máximo rellenable.

Este coeficiente es útil para estimar la resistencia a la congelación y deshielo, pues si sólo una parte de los espacios vacíos se llena de agua hay lugar a que se verifique la expansión del agua que se congela hacia los espacios vacíos restantes sin que se produzca el agrietamiento del material. Los datos indican que, si el espacio de los poros fácilmente rellenables, esto es, si la cantidad de agua que puede absorber un ladrillo en un muro sujeto a humedad excesiva es menor que 80%, más o menos, del espacio máximo rellenable, entonces el espacio restante permitirá absorber la presión debida al congelamiento.

En algunos casos se puede determinar la resistencia a la congelación y deshielo mediante los ensayos de compresión y absorción solamente; y finalmente, si las condiciones de clima son benignas, basta exigir una mínima resistencia a la compresión para asegurar la durabilidad.

El problema consiste en determinar en cuáles casos se puede hablar de "clima benigno" y qué zonas de nuestro país gozan de ese clima. A continua-

---

\* ASTM C 67-50 "Standard methods of sampling and testing brick".

ción indicamos el criterio propuesto por la ASTM \* y los resultados de su aplicación a algunos lugares del territorio nacional.

## 5.2 Índice de clima (weathering index)

El índice de clima para una localidad es el producto del promedio anual del número de "días de congelación o deshielo" y del promedio anual de precipitación de invierno en pulgadas.

Se define como "día de congelación o deshielo" cualquier día en que la temperatura pase de una temperatura superior a 0° C a una inferior a este valor, o viceversa.

El promedio anual del número de "días de congelación o deshielo" puede ser tomado igual a la diferencia entre el promedio de días en que la temperatura mínima fue 0° C o menor y el promedio de días en que la temperatura máxima fue 0° C menor.

Por precipitación media de invierno se entiende el valor, expresado en pulgadas, de la precipitación media que ocurre durante el período comprendido entre la fecha normal de la primera helada de otoño y la fecha normal de la última helada de primavera. Para los efectos de esta definición, la precipitación de invierno, para cualquier período, se considera igual a la precipitación total menos  $\frac{1}{10}$  de la caída total de nieve.

Todas estas definiciones tienen por objeto fijar un criterio respecto a la severidad del clima. La ASTM propone lo siguiente para los ladrillos de arcilla:

Si se desea utilizar ladrillos para exponerlos a la atmósfera en un lugar en que el índice de clima es inferior a 100 se pueden despreciar las exigencias de absorción y coeficiente de saturación y se puede colocar como única exigencia una resistencia a la compresión de 2.500 libras por pulgada cuadrada (175 kg/cm<sup>2</sup>).

La exigencia de la norma ASTM de resistencia a la compresión de 175 kg/cm<sup>2</sup> cuando el índice de clima es menor que 100, traducida al método de ensayo de la norma INDITECNOR indica que, los ladrillos nacionales fabricados a máquina están muy cerca del cumplimiento de esta exigencia. Según estas consideraciones, los ladrillos de "chonchón" quedan fuera de toda recomendación en cuanto a durabilidad, por lo cual no debieran usarse al exterior sin revestimiento, incluso en las condiciones de clima más suaves.

De acuerdo con un trabajo publicado por el Centro de la Vivienda y Construcción\*\* en nuestro país la zona norte, la costa y parte del valle central pre-

\* ASTM C 62-58 "Standard specifications for building brick (Solid masonry units made from clay or shale). Tentative revision ASTM standards", 1958, Part 5.

\*\* JORQUERA y KUNZ "Calidad de los elementos prefabricados para albañilería", Centro de la Vivienda y Construcción, Informe N° 2, mayo 1961, mimeografiado. Universidad de Chile. Santiago.

sentan condiciones climáticas que corresponden a un índice de clima menor que 100. Zonas cordilleranas, parte del valle central y el extremo sur poseen un índice de clima mayor que 100.

Hemos ampliado el estudio citado y en la Tabla XI y en la Figura 6 presentamos los índices de clima que resultan del análisis de las estadísticas disponibles en una serie de lugares del territorio nacional\*. Para el cálculo del índice se ha multiplicado la media anual de las precipitaciones de los meses fríos por la media anual de los "días de congelación o deshielo".

El análisis de los datos corrobora y da una mayor precisión a la afirmación del estudio citado.

TABLA XI

INDICE DE CLIMA DE ALGUNOS LUGARES DEL TERRITORIO DE CHILE

Información obtenida de la Oficina Meteorológica de Chile del Ministerio de Defensa Nacional. Datos considerados desde 1869 a 1942.

Localidad	Promedio anual de lluvias* pulgadas	Promedio anual de lluvias, meses fríos * ** pulgadas	Promedio anual días de congelación o deshielo* número	Índice de clima***
Antofagasta	0,35 (33)	-----	0 (20)	0
Potrerosillos	2,83 (17)	-----	15,6 (14)	menor que 100
La Serena	5,44 (70)	-----	0 (14)	0
Los Andes	13,00 (36)	9,31 (31)	15,9 (23)	148
Quillota	16,59 (26)	-----	2,3 (22)	menor que 100
Santiago	14,34 (74)	8,23 (31)	12,0 (22)	99
El Teniente	43,53 (331)	-----	70,0 (23)	mayor que 1000
San Fernando	31,82 (40)	17,07 (29)	9,2 (22)	157
Talca	27,63 (51)	-----	17,3 (19)	entre 100 y 500
Cauquenes	27,86 (30)	11,28 (11)	5,0 (6)	56
Concepción	51,62 (60)	20,48 (11)	4,0 (10)	82
Angol	46,72 (24)	30,35 (31)	15,9 (10)	482
Pto. Montt	79,29 (43)	22,59 (26)	8,5 (22)	192
Pto. Aysén	118,86 (13)	-----	22,3 (6)	mayor que 1000
Punta Arenas	17,04 (47)	-----	55,2 (23)	entre 500 y 1000

\* Entre paréntesis se indica el número de datos considerado, en cada caso, para el cálculo.

\*\* Promedio de la suma anual de la lluvia caída en los meses contados desde la primera helada de otoño a la última de primavera.

\*\*\*Índice de clima: producto del promedio anual de los días de congelación deshielo y el promedio anual de la lluvia en los meses fríos (en pulgadas).

\* "Anuario del Instituto Meteorológico de Chile", años 1869 a 1942. Ministerio de Defensa Nacional. Santiago de Chile.

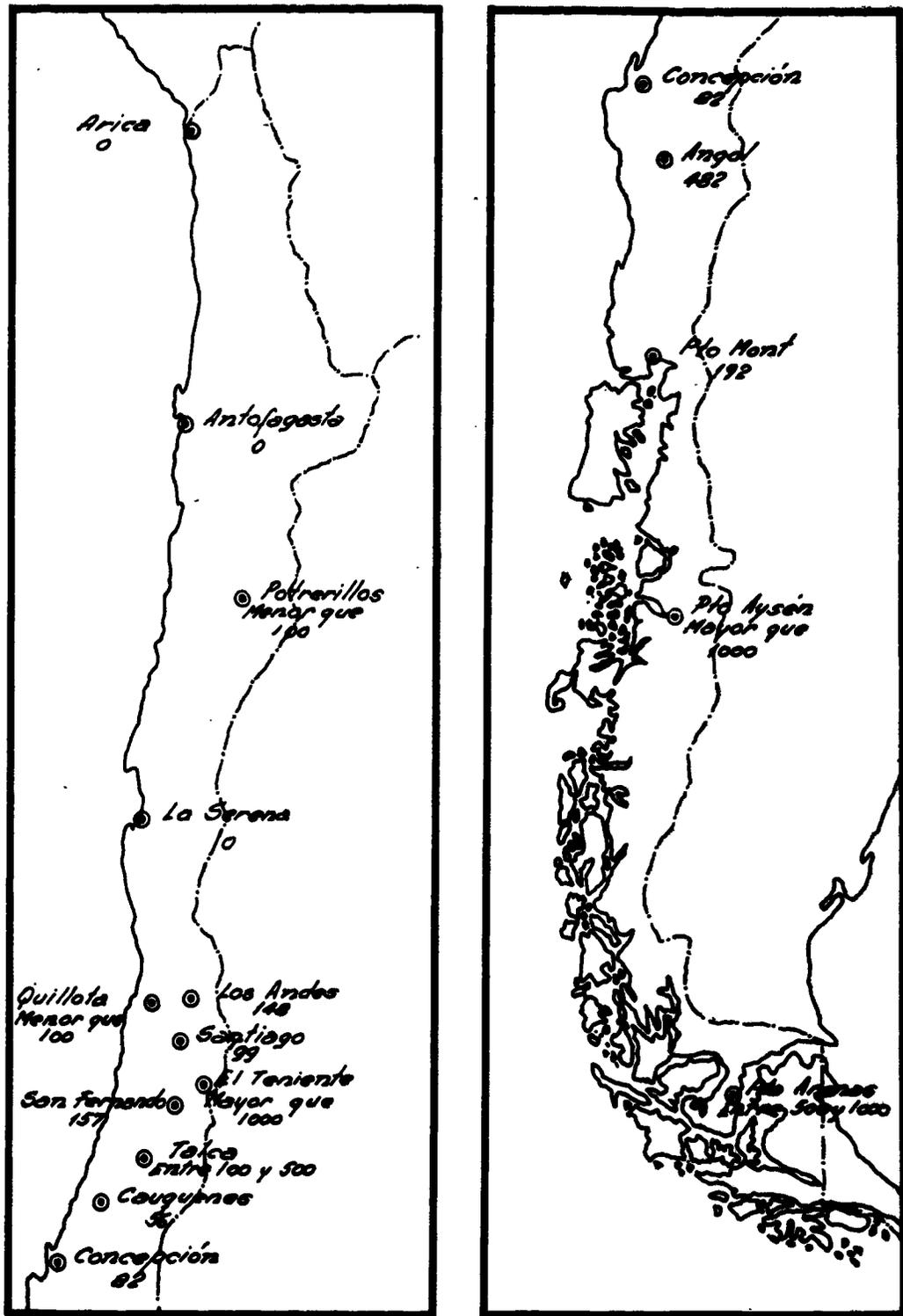


FIG. 6. Índice de clima de algunos lugares del territorio nacional continental.

## 6. CONCLUSIONES

1. Al examinar las condiciones que es necesario tener en cuenta al decidir el empleo de ladrillos y bloques de fabricación nacional para el diseño de muros, desde el punto de vista de la resistencia de los elementos, se puede señalar lo siguiente:

a) Hay una diferencia notable en la resistencia a la compresión y adherencia de ladrillos de "chonchón" y ladrillos de arcilla hechos a máquina de los tipos "macizo" y "rejilla". Esto señala la conveniencia de elegir para el diseño de los muros cargas unitarias admisibles diferentes según el tipo de ladrillo, siempre que se tengan en cuenta los demás factores que influyen en su resistencia. Sin embargo, esta distinción no es permitida por la Ordenanza vigente.

b) Los bloques huecos de hormigón, los ladrillos sílico-calcáreos y los ladrillos de hormigón silíceo presentan características propias en los ensayos de resistencia que es necesario tomar en cuenta al diseñar muros.

c) Los ladrillos de suelo cemento son fabricados ocasionalmente en nuestro país. Los resultados de ensayos indican que se obtienen resistencias muy bajas, salvo en experiencias realizadas sobre ladrillos fabricados en laboratorio.

2. Desde el punto de vista de la durabilidad de los muros y, en especial, de muros de ladrillos de arcilla, es conveniente dar expresión cuantitativa al grado de rigor del clima. Esto puede hacerse por el "índice de clima" de la manera sugerida por las normas ASTM. Calculado este índice se obtienen diferencias notables en las diferentes regiones del territorio nacional. Fluctúa, por ejemplo, de valores 0 para localidades como Antofagasta y Serena, a valores entre 100 y 500 para San Fernando, Talca y Puerto Montt y a valores superiores a 1000 para Puerto Aysén, El Teniente. En las exigencias de calidad de los materiales, diseño y disposiciones constructivas debe tenerse en cuenta el valor de este índice.

3. Al examinar la normalización vigente para ladrillos y bloques puede observarse lo siguiente:

a) Las normas para el control de calidad de estos materiales los dividen en varias clases, de acuerdo a las exigencias que especifican. En cambio la Ordenanza General de Construcciones no hace diferencias al especificar las cargas unitarias admisibles en el diseño de muros.

b) No hay normas chilenas vigentes para ladrillos sílico-calcáreos y ladrillos de suelo-cemento.

c) Existen algunas diferencias, susceptibles de revisión, entre la norma

INDITECNOR 30.55 (1960) "Ladrillo arcilloso macizo" e INDITECNOR 30.56 (1954) "Ladrillo arcilloso hueco". Ellas se refieren principalmente, a las exigencias sobre absorción y adherencia.

### QUALITY OF MASONRY CLAY BRICKS AND CONCRETE BLOCKS.

#### SUMMARY:

*An account is given of the results of tests performed at IDIEM in the years 1960-1961 on clay bricks and concrete blocks obtained by sampling lots manufactured in the province of Santiago. These results are used to compare the qualities of the different types of bricks and blocks available.*

*The value of the weathering index, as defined by ASTM, is given for several Chilean localities, as a mean for judging the durability of clay bricks.*