

# ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA CORRELACION ENTRE RESISTENCIAS A COMPRESION DEL HORMIGON EN PROBETAS CUBICAS DE 15 Y 20 cm DE ARISTA

Carlos ARCOS d'H.\*

## RESUMEN

*Este trabajo presenta resultados de experiencias hechas en laboratorio para determinar el factor de conversión entre las resistencias a compresión del hormigón en probetas cúbicas de 15 y 20 cm de arista. Además los datos han permitido obtener o confirmar la influencia de algunas variables sobre la resistencia del hormigón.*

## INTRODUCCION

En nuestro país es relativamente nuevo, por no decir desconocido, el conocimiento de la probeta cúbica de 15 cm de arista como medio de investigación y control de hormigones, pero en algunos otros países esta probeta de 15 cm se emplea en forma preferencial. La Organización Internacional de Normalización en su recomendación ISO 1920 la propone como probeta cúbica normal de uso internacional, cuyo acuerdo fue tomado por 21 países miembros, entre

---

\* Investigador de IDIEM.

ellos Chile. Esta es una de las razones por la que se pensó estudiar la posibilidad de emplear esta probeta como alternativa de la probeta cúbica de 20 cm, debido a que presenta algunas ventajas sobre esta última, como menor volumen y peso, mejor manejabilidad, menor volumen para almacenamiento, mayor rigidez de los moldes, menor capacidad de carga en las prensas de ensaye, todas las cuales permiten asegurar mayor economía en los ensayos. Sin embargo, hay que mencionar también algunas desventajas, entre las cuales la principal sería la limitación del tamaño máximo del árido grueso a 40 mm, siendo que en Chile se usan a menudo tamaños mayores que éste.

Este estudio fue realizado en laboratorio y aparte de obtener principalmente el factor de conversión entre las resistencias a compresión de las probetas cúbicas de 15 y 20 cm de arista para algunas variables, se han verificado además la influencia del tipo de cemento, la forma y tamaño máximo del árido y la edad del hormigón.

La experiencia rigurosamente controlada en cuanto a su ejecución, permite confiar en los resultados encontrados y formarse un juicio acerca de la posibilidad de empleo de esta probeta.

## GENERALIDADES

La resistencia a compresión del hormigón es determinada mediante el ensaye de diferentes tipos de probetas en relación a sus dimensiones y formas. En Chile la norma vigente NCh 170 of. 52 fija la probeta cúbica de 20 cm de arista como cubo normal. Sin embargo, por diferentes razones se emplean probetas de otras dimensiones y formas; en estos casos para convertir unos valores a otros se recurre a coeficientes deducidos experimentalmente que correlacionan las resistencias obtenidas en determinada probeta con la resistencia correspondiente al cubo normal o a la indicada en especificaciones.

En Bélgica, Holanda, Inglaterra, Sudafrica y Suecia los ensayos a compresión del hormigón son realizados en cubos de 15 cm; en Alemania, Austria, Bélgica, Checoeslovaquia, Holanda, Italia, Portugal, Rusia y Suiza en cubos de 20 cm y en otros países como Australia, Brasil, Canadá, España, Francia, Suecia y USA en cilindros de diámetro 15 cm y altura de 30 cm preferentemente.

Con respecto a la forma de las probetas, el cubo de cualquier dimensión tiene la gran ventaja con respecto a las probetas cilíndricas, que sus caras pueden hacerse perfectamente paralelas y planas sin necesidad de refrentado, usando moldes de acero o fierro colado rectificado. Con respecto al tamaño, como el hormigón está compuesto de elementos de resistencia variable, es razonable suponer que mientras mayor es el volumen, más probable es que

contenga un elemento o una zona débil. Por ello la resistencia a compresión del hormigón disminuye con el aumento del tamaño de la probeta.

La afirmación de que la resistencia obtenida en cubos de 15 cm es mayor que con cubos de 20 cm es compartida en general por toda la bibliografía existente, pero sin duda existe una gran dispersión en la magnitud del factor de conversión entre el cubo de 15 y 20 cm, debido probablemente a las diferentes condiciones de trabajo empleadas por cada autor y en cada país.

De tal forma, se han obtenido valores del factor de conversión entre cubos de 15 y 20 cm que fluctúan entre 0.91 y 1.28, pero la mayoría entre 1.00 y 1.08, algunos de los cuales se mencionan a continuación.

De la antigua norma alemana DIN 1048 (agosto 1957) se deduce un factor de conversión de 1.07 para los cubos de 15 cm por interpolación entre los valores de conversión entregados para cubos de 10 y 30 cm. La norma belga de 1970 da un factor de 1.05. La Rilem, en Boletín N° 2 de septiembre de 1970, indica un factor de 1.00. La ISO, con miras a una unidad internacional de la normalización, ha propuesto en agosto de 1974, para cubos de 15 cm, un factor de conversión de 1.00; sin embargo, en sesión en Viena en noviembre de 1975, se propone un factor de conversión de 1.05. Otros trabajos proponen otros valores, como Bonzel J. de 1.07, Donauer y Lewandowsky de 1.06, Härig de 1.053 y Neville de 1.042.

## EXPERIENCIA

La experiencia se programó tomando una serie de variables que, si bien aumentaron la cantidad de trabajo, permitieron obtener correlaciones entre las probetas de 15 y 20 cm. En cuanto al tipo de cemento, se consideraron dos: uno grado corriente, portland puzolánico, marca comercial Polpaico Especial y el otro grado alta resistencia, portland puzolánico, marca comercial Melón Extra. Cada uno se empleó en tres razones agua-cemento diferentes, que equivalen a tres dosis de cemento por metro cúbico de hormigón con el objeto de obtener una amplia gama de resistencias y fueron:

razón w/c = 0.73 – dosis 220 kgf/m<sup>3</sup>

razón w/c = 0.58 – dosis 300 kgf/m<sup>3</sup>

razón w/c = 0.49 – dosis 380 kgf/m<sup>3</sup>

Se emplearon áridos síliceos provenientes del pozo natural y de la planta elaboradora de áridos Sociedad Minera Arrip S.A. de los cuales se eligió como variables el tipo de árido: un árido chancado de superficie áspera y forma sub-angular y el otro árido rodado de superficie pulida y forma redondeada. Para una de las formas (chancado) se consideró como variable el tamaño máximo, eligiéndose dos tamaños máximos 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" y 3/4". En el caso del árido rodado

se adoptó el tamaño de  $1\frac{1}{2}$ ". Como edades de ensayo se eligieron dos: a 7 días y a 28 días, por ser edades corrientes de ensayo de hormigones. La forma y textura de los áridos se muestra en las Figs. 1 y 2.

### Materiales y hormigones

Los áridos tienen las características medias que se indican en la Tabla I.

TABLA I  
GRANULOMETRIA Y CARACTERISTICAS DE LOS ARIDOS

Tamiz		Grava chancada $1\frac{1}{2}$ " - $\frac{3}{4}$ "		Gravilla chancada $\frac{3}{4}$ " - N° 4		Arena		
ASTM	mm	% pasa	Recomend. NCh 163	% pasa	Recomend. NCh 163	% pasa		Recomend. NCh 163
						Real	Corregido	
$1\frac{1}{2}$	38.1	100	90 - 100	-	-	-	-	-
1	25.4	53	20 - 55	100	100	-	-	-
$\frac{3}{4}$	19.0	17	0 - 15	99	90 - 100	-	-	-
$\frac{1}{2}$	12.7	5	-	51	-	-	-	-
$\frac{3}{8}$	9.52	3	0 - 5	17	20 - 55	100	-	100
4	4.76	1	-	1	0 - 10	84	100	95 - 100
8	2.38	-	-	-	-	73	87	80 - 100
16	1.19	-	-	-	-	63	75	50 - 85
30	0.59	-	-	-	-	43	51	25 - 60
50	0.297	-	-	-	-	17	20	10 - 30
100	0.149	-	-	-	-	4	5	2 - 10
Densidad aparente, kgf/dm <sup>3</sup>		1.50		1.56		1.65		
Densidad real, kgf/dm <sup>3</sup>		2.70		2.68		2.71		
Arcilla, %		0.2		0.2		1.7		
Impurezas orgánicas		-		-		Apta		

La granulometría del árido grueso rodado  $1\frac{1}{2}$ " -  $\frac{3}{4}$ " se fabricó en el laboratorio de tal manera que su curva granulométrica fuera idéntica a la del árido grueso chancado  $1\frac{1}{2}$ " -  $\frac{3}{4}$ ". Las constantes físicas de ese árido son:

densidad aparente - 1.63 kgf/dm<sup>3</sup>

densidad real - 2.65 kgf/dm<sup>3</sup>

La mejor proporción de la mezcla grava-arena es de 0.65 - 0.35 para el tamaño máximo  $1\frac{1}{2}$ "; y la mejor entre gravilla-arena es de 0.57 - 0.43. La representación gráfica de las mezclas granulométricas se muestran en las Figs. 3 y 4, en las que se indica también la zona granulométrica recomendada.



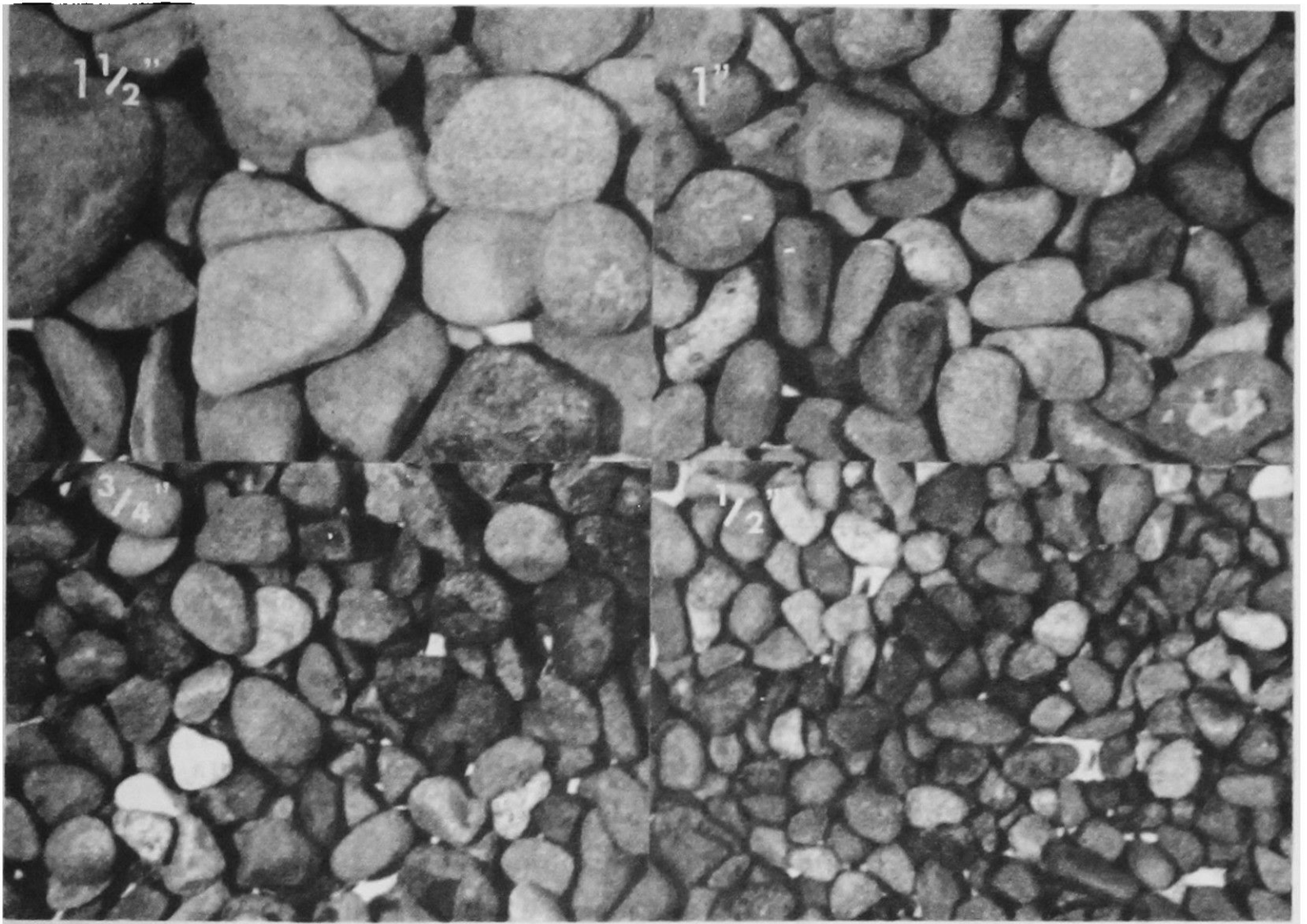


Fig. 1. Arido rodado de forma redondeada y superficie lisa.



Fig. 2. Arido chancado de forma sub-angular y superficie rugosa.

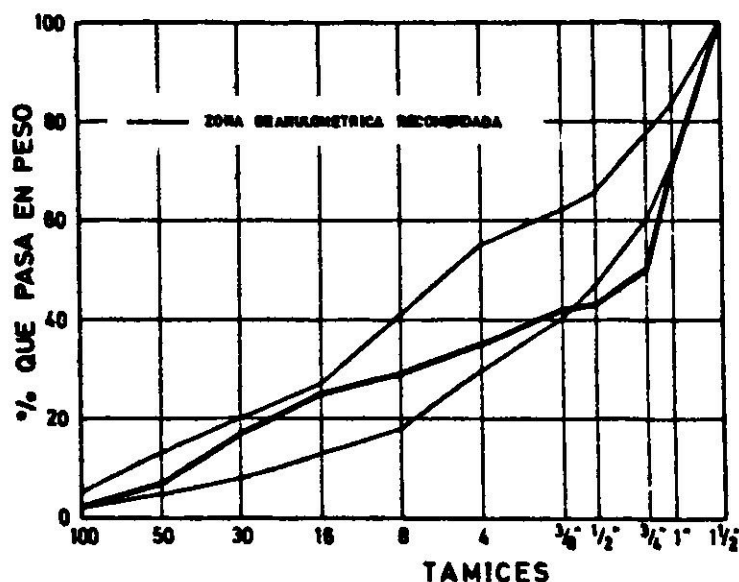


Fig. 3. Mezcla granulométrica árido grueso chancado o rodado, Tmáx 1 1/2'' y árido fino.

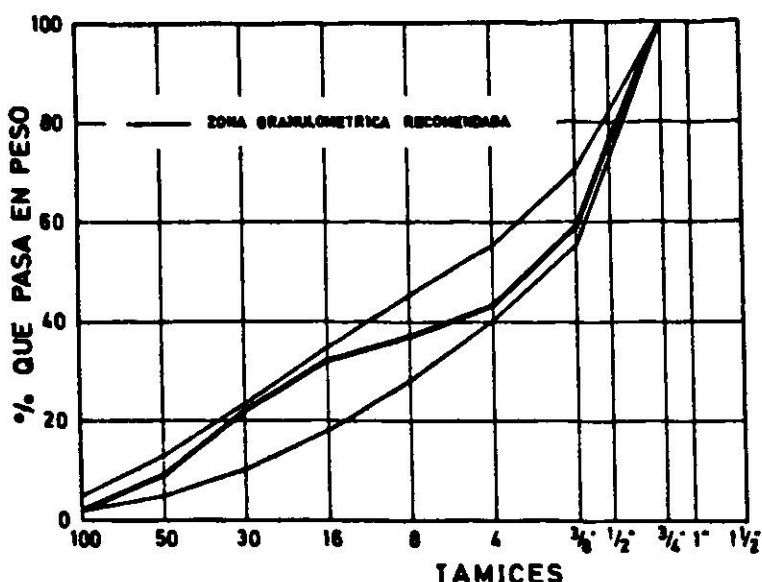


Fig. 4. Mezcla granulométrica árido grueso chancado, Tmáx 3/4'' y árido fino.

Los cementos fueron los mencionados anteriormente y el agua era potable y cumplía con las especificaciones de la norma NCh 1498 a 77.

Según las variables elegidas se confeccionaron los siguientes hormigones: a) hormigones con cemento grado corriente y alta resistencia; b) hormigones con razones agua-cemento de 0.73; 0.58 y 0.49; c) hormigones con árido chancado con tamaño máximo 1 1/2'' y con tamaño máximo 3/4'' y hormigones con árido rodado con tamaño máximo 1 1/2'', y d) hormigones ensayados a edades de 7 y 28 días.

Por lo tanto, cada serie estaba entonces formada por 36 hormigones, y cada hormigón se repitió en tres coladas, lo que da un total de 108 coladas fabricadas. Por cada colada se confeccionaron 12 probetas, 6 probetas compañeras cúbicas de 15 cm de arista y 6 probetas compañeras cúbicas de 20 cm de arista.

La revoltura del hormigón se realizó en betonera de eje vertical durante dos minutos. Posteriormente se homogeneizó en forma manual al llenar las probetas. El hormigón se vibró en mesa vibradora hasta compactación máxima. El curado se llevó a efecto en cámara de laboratorio (temperatura media 20°C y humedad relativa mayor de 90%) desde el momento de fabricación hasta 5 o 6 horas, momento en que las probetas se cubrían con arpilleras húmedas hasta el día siguiente. A las 24 horas las probetas se desmoldaban y se sumergían en agua donde se mantenían hasta una hora antes del ensaye. El ensaye se realizó en estado saturado superficialmente seco en una prensa LOS con la escala adecuada de 60, 150 o 300 toneladas según el tipo de hormigón y el tamaño de la probeta y a una velocidad de carga de 9 mm/min.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas II a IX y en las Figs. 5 a 9.

## Uniformidad de los Ensayos

Para valorar la uniformidad de los resultados experimentales los valores se analizaron con el fin de conocer la dispersión de la fabricación de hormigones y la dispersión del ensayo entre probetas compañeras.

La Tabla II presenta la dispersión entre coladas expresada como coeficiente de variación y desviación típica para diferentes variables considerando los resultados de ensayo a 28 días de edad.

TABLA II

DISPERSION PROMEDIO ENTRE COLADAS, CUBOS DE 20 cm DE ARISTA, 28 DIAS DE EDAD, COEFICIENTE DE VARIACION (%), DESVIACION TIPICA (kgf/cm<sup>2</sup>)

Razón A/C	Grado cemento	Rodado T <sub>máx</sub> 1 1/2"		Chancado T <sub>máx</sub> 1 1/2"		Chancado T <sub>máx</sub> 3/4"	
		Coeficiente variación	Desviación	Coeficiente variación	Desviación	Coeficiente variación	Desviación
0.73	Corriente	1.4	2	8.5	17	1.2	3
0.58	Corriente	3.0	7	6.4	19	1.7	5
0.49	Corriente	1.7	5	1.7	7	1.9	8
0.73	Alta resistencia	2.3	6	4.8	14	4.5	14
0.58	Alta resistencia	4.6	16	2.0	8	4.1	17
0.43	Alta resistencia	4.3	18	1.2	5	3.5	17
Promedio		2.9	9	4.1	12	2.8	11

El ACI-214 propone en la recomendación de 1974 calificar de acuerdo al coeficiente de variación, y en la revisión de 1977 de acuerdo a la desviación típica. La Tabla III muestra la calificación del grado de control de la fabricación de hormigones según ambos criterios.

TABLA III

EVALUACION DE DISPERSIONES PROMEDIO ENTRE COLADAS, CUBOS DE 20 cm DE ARISTA, 28 DIAS DE EDAD

Calificación grado ACI	ACI 214-74			ACI 214-77		
	Coeficiente variación %	Número	%	Desviación típica kgf/cm <sup>2</sup>	Número	%
Excelente	< 5	16	89	< 14	10	56
Muy bueno	-	-	-	14 - 18	8	44
Bueno	5 - 7	2	11	18 - 21	-	-
Regular	7 - 10	-	-	21 - 25	-	-
Deficiente	> 10	-	-	> 25	-	-

Por otra parte, el conocimiento de la dispersión entre probetas compañeras de una misma muestra de hormigón permite evaluar el error de control, vale

decir, la influencia de las probables deficiencias de preparación de probetas, equipos empleados, procedimientos de operación y ensayo. En la Tabla IV se presenta la dispersión entre probetas compañeras, expresada como coeficiente de variación para las diferentes variables, considerando las muestras ensayadas a 7 y 28 días. Aun cuando las variables indicadas no debieran influir significativamente en la dispersión se han incluido en este caso en la tabulación.

TABLA IV

DISPERSION PROMEDIO ENTRE PROBETAS COMPAÑERAS, COEFICIENTE DE VARIACION (%), CUBOS DE 15 Y 20 cm DE ARISTA, DISTINTAS VARIABLES

Grado del cemento	Rodado 1 1/2"		Chancado 1 1/2"		Chancado 3/4"	
	Cubo 15 cm	Cubo 20 cm	Cubo 15 cm	Cubo 20 cm	Cubo 15 cm	Cubo 20 cm
Corriente	3.9	2.9	3.3	2.9	2.3	1.9
Alta resistencia	3.3	2.4	2.5	2.7	2.1	1.9
Promedio	3.6	2.7	2.9	2.8	2.2	1.9

La Tabla V indica la calificación que asigna la recomendación ACI-214-77 para los datos obtenidos en esta experiencia.

TABLA V

EVALUACION DISPERSIONES PROMEDIO ENTRE PROBETAS COMPAÑERAS SEGUN ACI-214-77, CUBOS DE 20 cm DE ARISTA

Calificacion ACI		Muestras	
Coefficiente variación %	Grado	Número	%
< 2	Excelente	38	35
2 - 3	Muy bueno	45	42
3 - 4	Bueno	20	19
4 - 5	Regular	5	4
> 5	Deficiente	0	0

De lo expuesto se puede concluir que la dispersión del hormigón entre coladas expresada en función de la desviación típica obtuvo el grado de calificación de *muy bueno* en el 100% de los casos. La dispersión entre probetas compañeras se califica como *muy bueno* en el 77% de los casos, y como *bueno* en el 96%. Estas cifras nos indican que los resultados obtenidos en los ensayos son confiables.

Por otra parte, analizando los valores de dispersión entre probetas compañeras, se han podido desprender las siguientes conclusiones: la dispersión en



promedios totales es menor en los cubos de 20 cm que en los cubos de 15 cm. Para el mismo tamaño máximo del árido ( $1\frac{1}{2}$ " ), la forma del árido no influye significativamente en la dispersión. Para igual tipo de árido (chancado), el tamaño máximo influye en la dispersión y resulta menor cuanto menor es el tamaño máximo.

### Relación de densidades aparentes e influencia del árido en la resistencia

Con los resultados se ha logrado detectar una tendencia general que se muestra como diferencia entre las densidades aparentes del hormigón medida en las probetas cúbicas de 15 y 20 cm de arista. Esta diferencia, aun siendo pequeña, se presenta en cada par de valores. La determinación de la densidad aparente se realizó inmediatamente antes del ensaye, vale decir, con las probetas en condición saturada con superficie seca. La Tabla VI indica el coeficiente entre las densidades aparentes del mismo hormigón en los cubos de 15 y 20 cm.

TABLA VI

RAZON PROMEDIO ENTRE LA DENSIDAD APARENTE DE LAS PROBETAS CUBICAS DE 15 Y 20 cm DE ARISTA, DIFERENTES VARIABLES

Razón A/C	Grado cemento	Rodado $1\frac{1}{2}$ " $d_{15}/d_{20}$	Chancado $1\frac{1}{2}$ " $d_{15}/d_{20}$	Chancado $3/4$ " $d_{15}/d_{20}$
0.73	Corriente	0.992	0.994	0.994
0.58	Corriente	0.990	0.996	0.996
0.49	Corriente	0.992	0.998	0.995
0.73	Alta resistencia	0.992	0.997	0.995
0.58	Alta resistencia	0.992	0.999	0.992
0.49	Alta resistencia	0.993	0.996	0.995
Promedio		0.992	0.997	0.994

Se desprende que para todos los casos en un mismo hormigón, la densidad aparente medida en probeta de 15 cm es ligeramente menor que en la probeta de 20 cm. Esta afirmación quedaría justificada si se considera que la variación se debe probablemente a que durante el período de curado inicial (primeras horas), y en el tratamiento inmediato al ensayo (estado saturado superficialmente seco) se produce mayor evaporación de agua –pérdida de peso– en el cubo de 15 cm que en el de 20 cm, debido a su mayor relación superficie/volumen.

En cuanto a la forma y tamaño máximo del árido se ha analizado la influencia sobre la resistencia a compresión del hormigón, lo que se indica en la Fig. 5 graficado por diagramas de barras para cada razón agua-cemento, grado de cemento, y edad de ensaye. Los valores se presentan como resistencias relativas promedio, asignando el 100% a los hormigones con árido chancado y tamaño máximo  $1\frac{1}{2}$ ".

Observando los diagramas surgen algunas conclusiones que son generales

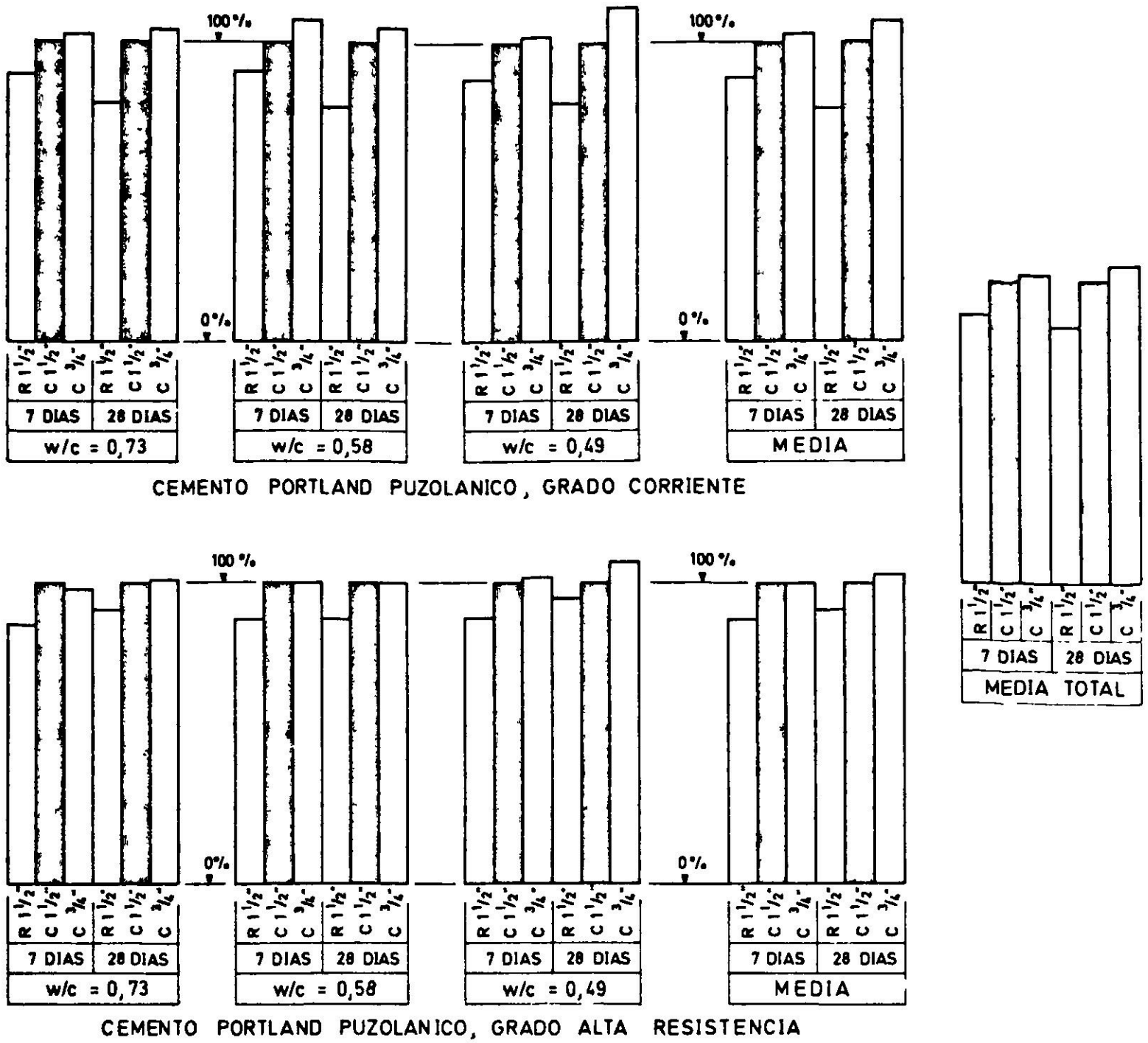


Fig. 5. Resistencias relativas con respecto a hormigones con árido chancado y tamaño máximo 1 1/2", para diferentes variables.

y válidas para todos los casos, independientemente de la razón agua-cemento, del grado del cemento y de la edad de ensayo; tienen que ver solamente con la forma y tamaño máximo de los áridos.

En efecto, respecto de la forma del árido, los hormigones con árido chancado dan resistencias mayores que cuando se emplea árido rodado de igual tamaño máximo. La razón del aumento de resistencia con el árido chancado se debe a que éstos presentan mayor superficie específica de partículas, o sea mayor área de contacto entre pasta de cemento y árido, lo cual implica mayor adherencia y por lo tanto mayor resistencia. Otro factor que influye en el aumento de resistencia con árido chancado es que éstos presentan mayor trabazón mecánica, producto de su forma sub-angular.

Con respecto al tamaño máximo, para la misma forma del árido (chancado en este caso), se obtuvieron resistencias superiores en hormigones con tamaño máximo 3/4" con respecto al tamaño 1 1/2". Este aumento de resistencia en los hormigones con el tamaño máximo menor se debe, como en el caso anterior, a que el árido presenta mayor superficie específica.



### Relaciones y factor de conversión para las diferentes variables de ensayo

Las relaciones y factor de conversión de resistencias entre las probetas cúbicas de 15 y 20 cm de arista se han evaluado principalmente por la observación de los gráficos de las rectas de regresión obtenidas por el método de mínimos cuadrados. Estos gráficos nos permiten observar las influencias de las diferentes variables consideradas y a la vez determinar el factor de conversión, principal finalidad de este trabajo.

Las Figs. 6 y 7 resumen la información de todos los hormigones para cada variable ensayada.

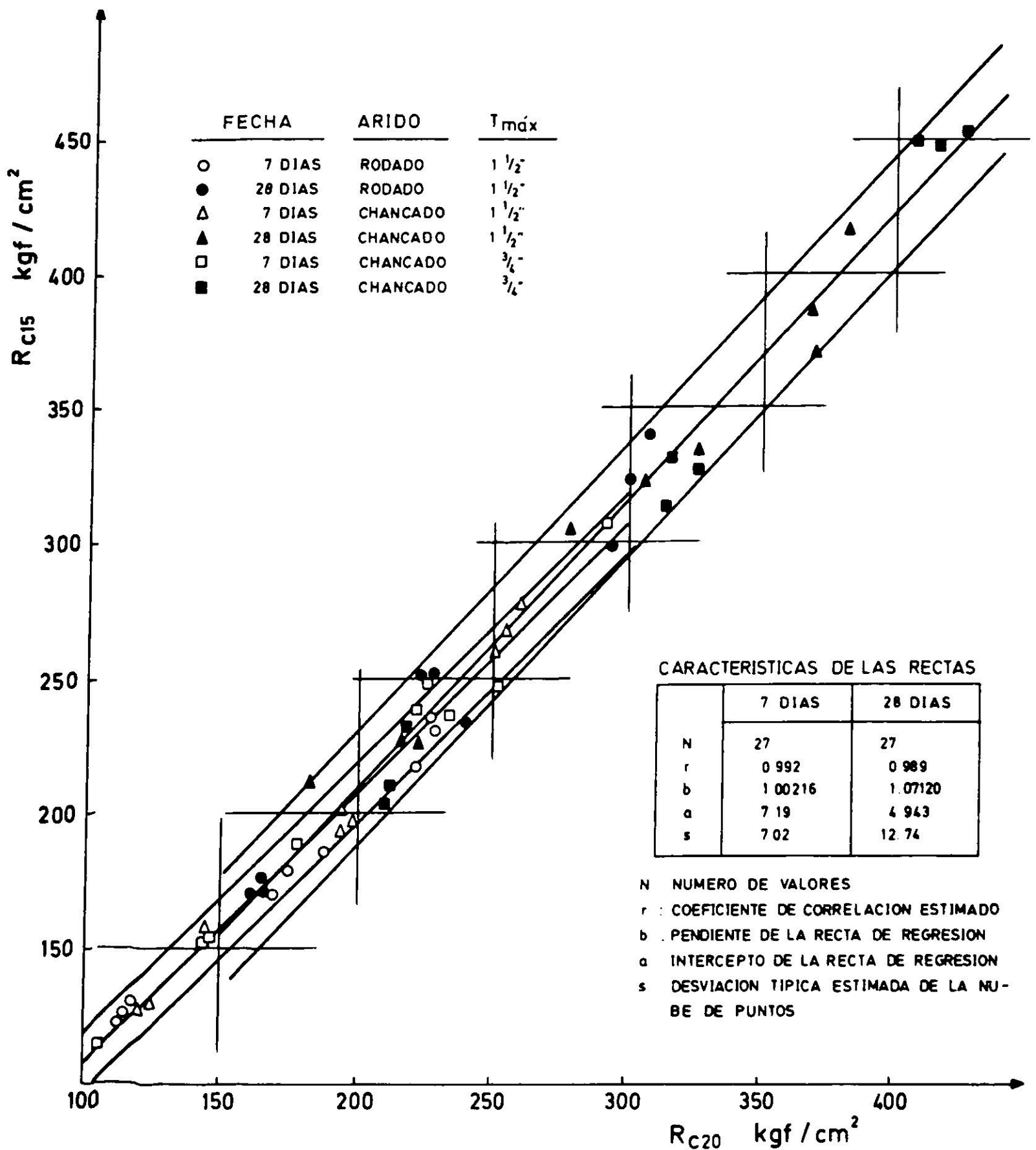


Fig. 6. Recta de regresión hormigones con cemento portland puzolánico grado corriente, ensaye a 7 y 28 días.

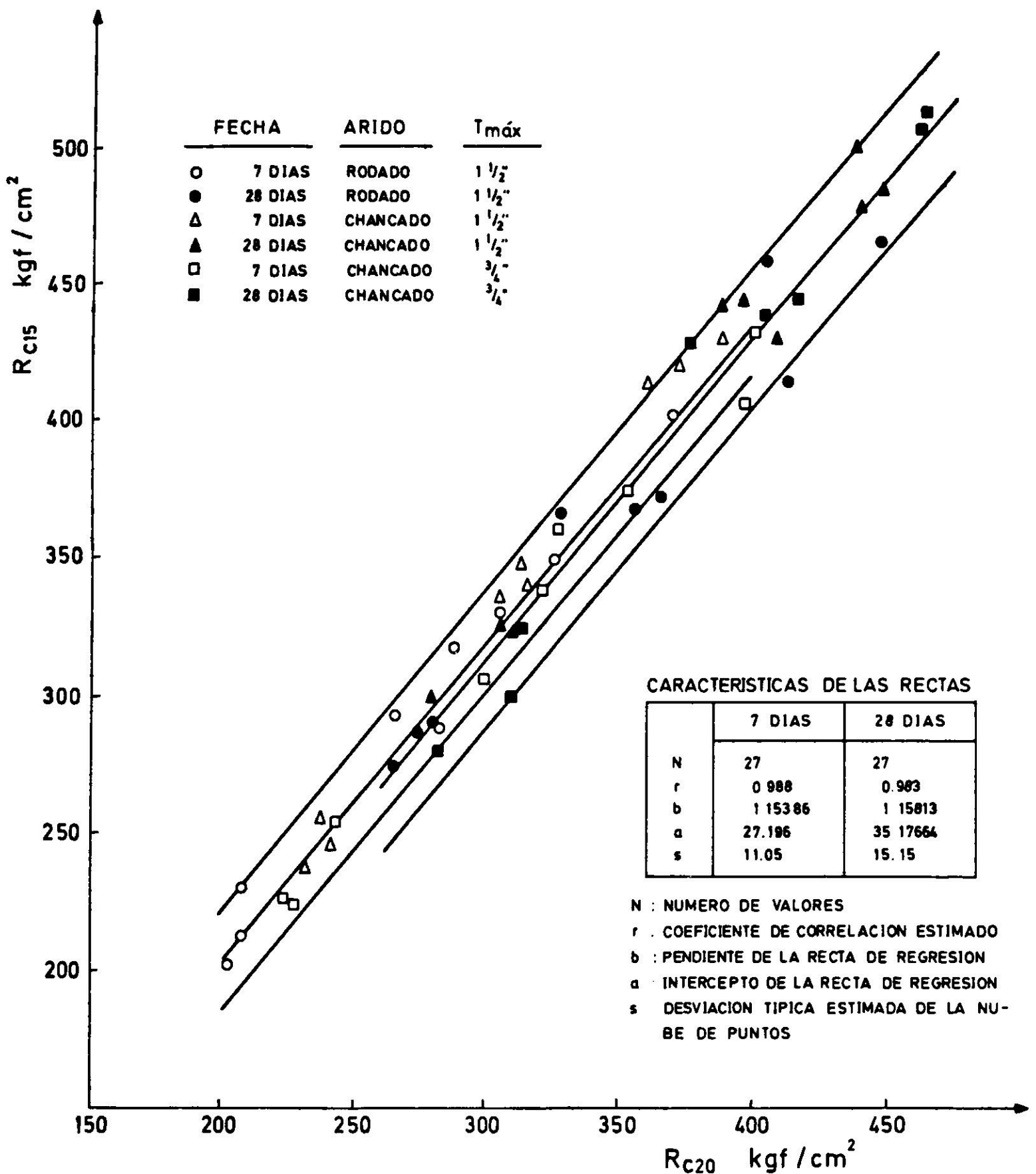


Fig. 7. Rectas de regresión hormigones con cemento portland puzolánico, grado alta resistencia, ensaye a 7 y 28 días.

Los límites de confianza de las rectas han sido calculadas para un coeficiente  $t = 1.645$ , o sea probabilidad de acierto del 90% entre los límites.

Considerando individualmente cada una de las variables en la determinación del factor de conversión, ninguna de ellas influye en forma notoria y significativa de manera que afecte de modo considerable la relación entre las resistencias en cubos de 15 y 20 cm. Esto se debe a que todos los valores se agrupan dentro de la misma tendencia, con dispersiones bajas y similares.

La Tabla VII resume los valores del factor de conversión para las diferentes variables.

TABLA VII  
 FACTOR DE CONVERSION  $R_{C15}/R_{C20}$  PARA DIFERENTES VARIABLES

Variable	Número de puntos	Factor de conversión $R_{C15}/R_{C20}$	
		Valor	Coefficiente variación %
Cemento: Portland puzolánico - grado corriente	54	1.0489	2.9
Portland puzolánico - grado alta resist.	54	1.0596	2.9
Aridos: Rodado - $T_{m\acute{a}x}$ 1 1/2"	36	1.0541	2.5
Chancado - $T_{m\acute{a}x}$ 1 1/2"	36	1.0654	0.1
Chancado - $T_{m\acute{a}x}$ 3/4"	36	1.0433	0.1
Edad de ensaye: 7 días	54	1.0517	3.1
28 días	54	1.0569	2.8

Con todos los resultados de resistencias a compresión, sin distinguir las variables estudiadas, se obtuvieron cuatro rectas en función de la resistencia en el cubo de 20 cm. con el fin de conocer la variación del factor de conversión según el grado de la resistencia. Los 108 valores experimentales se subdividieron en cuatro grupos de 27 puntos cada uno, y los intervalos de resistencia - en cubo de 20 cm - son los siguientes:

Recta N° 1 entre 101 y 220 kgf/cm<sup>2</sup>

Recta N° 2 entre 221 y 280 kgf/cm<sup>2</sup>

Recta N° 3 entre 281 y 360 kgf/cm<sup>2</sup>

Recta N° 4 entre 361 y 500 kgf/cm<sup>2</sup>

La Tabla VIII y Fig. 8 indican respectivamente los valores del factor de conversión y la representación gráfica de las rectas de regresión con sus límites para cada recta al nivel de confianza del 90%.

TABLA VIII  
 FACTOR DE CONVERSION MEDIO  $R_{C15}/R_{C20}$  PARA CUATRO GRADOS DE RESISTENCIA

Grado de resistencia	Número de puntos	Factor de conversión medio	Coefficiente de variación del intervalo %
Recta N° 1	27	1.0489	4.3
Recta N° 2	27	1.0377	4.1
Recta N° 3	27	1.0554	3.7
Recta N° 4	27	1.0748	3.4

Finalmente en la Fig. 9 se muestra la recta de regresión con sus límites de confianza para el total de resultados de la experiencia agrupados en un solo

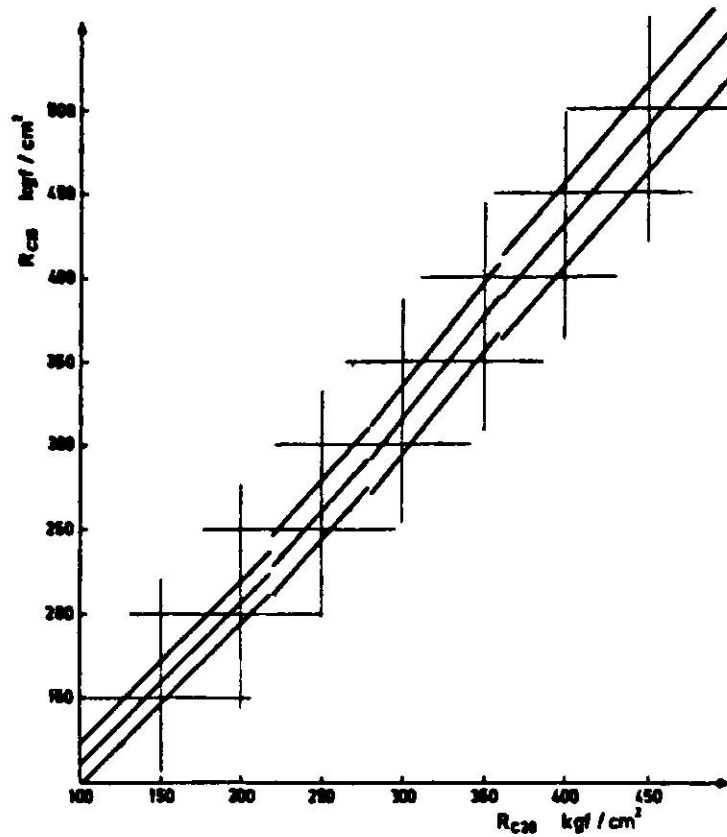


Fig. 8. Rectas de regresión para cuatro grados de resistencia, total de hormigones.

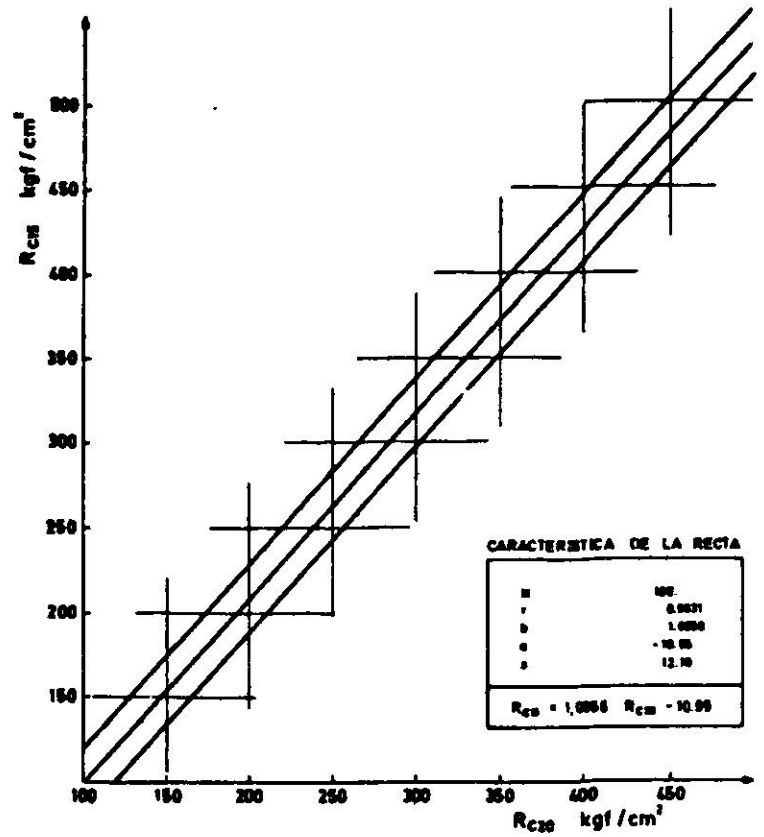


Fig. 9. Recta de regresión final y factor de conversión medio  $R_{C15}/R_{C20}$ , total de hormigones.

conjunto. Del mismo gráfico se desprende la Tabla IX que indica el factor de conversión según el grado de resistencia a compresión del hormigón.

TABLA IX

FACTOR DE CONVERSION MEDIO  $R_{C15}/R_{C20}$  SEGUN EL GRADO DE RESISTENCIA A COMPRESION DEL HORMIGON

Grado de resistencia del hormigón — cubo 20 cm — $\text{kgf/cm}^2$	Factor de conversión medio $R_{C15}/R_{C20}$
100	0.986
150	1.023
200	1.049
250	1.052
300	1.059
350	1.064
400	1.068
450	1.071
500	1.074

### VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PROBETA CUBICA DE 15 cm DE ARISTA

#### Ventajas

Menor peso y volumen, aproximadamente 60% menor que la probeta cúbica de 20 cm de arista y 35% inferior al cilindro de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.



Menor capacidad de carga en las prensas de ensaye. Menor altura libre entre los platos de la prensa de ensaye. Menor roce entre probetas y platos de la prensa. Menor necesidad de espacio para almacenamiento de probetas. Mejor manejabilidad de las probetas. Mayor rigidez de los moldes y mantención más fácil. Menor costo de moldes. Mejor rendimiento del volumen de la muestra. Las probetas, al tener menor volumen, con una sola colada es posible a lo menos duplicar la cantidad de probetas, lo que es importante en laboratorios de investigación y docencia.

### Desventajas

Mayores restricciones de las deformaciones producidas por el equipo de ensaye, lo que conduce a tensiones poliaxiales tangenciales y normales adicionales. Mayor dispersión entre compañeras que con probetas cúbicas de 20 cm de arista.

### CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos en este estudio experimental permiten concluir y/o confirmar las siguientes consideraciones:

En cuanto al objetivo principal de este trabajo, se puede observar que ninguna de las variables consideradas –tipo de cemento, edad de ensayo, tipo y tamaño máximo del árido– afecta en forma notoria y considerable la regresión y el valor del factor de conversión entre las resistencias medidas en probetas cúbicas de 15 y 20 cm de arista. Tan sólo se presentan las observaciones siguientes:

Con el total de datos se ha obtenido un factor de conversión medio de 1.0543, por lo tanto cuando se emplee la probeta cúbica de 15 cm de arista se relacionará con la resistencia a compresión en la probeta cúbica de 20 cm de arista por la siguiente ecuación:

$$R_{C15} = 1.0543 \cdot R_{C20}$$

Para valores de resistencias relativamente altas la recta de regresión parece tener mayor pendiente, y en valores de resistencias bajas la pendiente de la recta es algo más suave. Por lo cual en la recta de regresión total se obtienen valores del factor de conversión que fluctúan entre 0.986 y 1.074.

Los rangos de dispersión de las regresiones son menores en las rectas obtenidas con valores de resistencias a 7 días que a 28 días.

La resistencia a compresión en probetas cúbicas del mismo hormigón aumenta a medida que disminuye el tamaño de la probeta.

La resistencia a compresión del hormigón es influenciada por la forma y tamaño máximo del árido. Se obtienen resistencias relativas mayores a medida que se tenga mayor trabazón mecánica –árido chancado– y mayor superficie específica –menor tamaño máximo.

La densidad aparente del mismo hormigón es ligeramente menor en las probetas de 15 cm de arista que en las de 20 cm, debido probablemente a su mayor relación superficie/volumen.

La dispersión entre probetas compañeras es ligeramente mayor en las probetas de 15 cm que en las de 20 cm, pero trabajando en condiciones cuidadosas se obtienen valores de dispersión aceptables. Con respecto al tamaño máximo del árido, hasta 40 mm, no se observa influencia en la dispersión; para tamaños máximos superiores podría haber alguna influencia pero es necesario verificarlo experimentalmente.

#### BIBLIOGRAFIA

- BONZEL, H. Influencia de la forma de la probeta en la resistencia a compresión. *Beton und Stahlbetonbau*, n°s 9 y 10, septiembre y octubre de 1959.
- DONAUER, H. LEWANDOWSKY, R. Comprobación de la resistencia a compresión del hormigón mediante cubos de 15 cm de arista. *Beton*, n° 6, 1975.
- DRATVA, T. *Normas y recomendaciones sobre hormigón, I curso*. IDIEM, noviembre 1978.
- HALD, A. *Statistical theory with engineering applications*. John Wiley, Londres, 1952.
- HARIG, S. ¿Qué influencia tiene el empleo de cubos de 15 cm de arista en la resistencia a compresión? *Betonwerk + Fertigteil - Technik*, n° 3, marzo 1977.
- KAPLAN, M.F. Flexural and compressive strength of concrete as affected by the properties of coarse aggregates. *Journal ACI*, vol. 30, 1959.
- NEVILLE, A.M. *Properties of concrete*. Pitman Publishing, Londres, 1975.
- PRICE, W. Factors influencing concrete strength. *Journal ACI*, vol. 22, n° 6, 1951.
- RILEM. Boletín n° 2, 1970.
- VENAUT, M. *Elementos de estadística*, IDIEM, Informe Técnico n° 6, 1963, traducción por M. Piñeiro.
- ACI Standard Committee 214-74 y 214-77. Recommended practice for evaluation of compression test results of field concrete.
- DIN 1048. Métodos de ensayo para hormigón, *Taschenbuch* 37.
- ISO International Standard 1920. Concrete test. Dimensions, tolerances and applicability of test specimens, 1976-04-15.
- ISO TC - 71 - 69. Factores de conversión para probetas de diferentes formas y dimensiones.
- NCh 163 of. 79. Aridos para morteros y hormigones. Requisitos generales.
- NCh 170 of. 52. Hormigones. Requisitos generales (en revisión).
- NCh 1498 a 77. Agua de amasado. Requisitos.

#### EXPERIMENTAL STUDY ON THE CORRELATION BETWEEN THE CONCRETE STRENGTH ON TEST CUBES OF 15 AND 20 cm EDGE

##### SUMMARY

*The results of an experimental study to find out the conversion factor for concrete compression strengths from 15 cm to 20 cm edge test cubes are presented. In addition the influence of some factors on concrete strength has been ascertained or confirmed.*