

CONTROL DEL HORMIGON FRESCO DURANTE LA CONSTRUCCION DEL HOTEL CORDILLERA

Washington PAVEZ*

RESUMEN

Se propone un método para el control del hormigón en obra, a través de la relación agua/cemento determinada en muestras de hormigón fresco.

El método plantea una modificación al propuesto originalmente por el noruego S. Thaulow oficializado en la Norma DIN 1048.

En este trabajo se entregan los resultados de las aplicaciones experimentales del método en la construcción del Hotel Cordillera, de Santiago, durante un período aproximado de seis meses (diciembre 1979 mayo 1980).

Paralelamente a las determinaciones de agua/cemento se estimaron por medio de curvas de correlación las resistencias probables a 28 días, y se compararon con los resultados reales obtenidos de cubos tomados en obra.

Los resultados permiten afirmar que el método de control propuesto es válido, puesto que predice la resistencia dentro de rangos aceptables para los fines prácticos.

INTRODUCCION

En el control y recepción de obras, se considera que la calidad del hormigón

* Constructor Civil. Universidad de Chile.

está determinada por la resistencia de unas probetas preparadas en la obra y ensayadas a la compresión a los 28 días.

Esta es casi la única medida de la calidad que se utiliza y cuando se adoptan otras, como permeabilidad, durabilidad, resistencia a otras fechas, casi siempre se hace como agregados a la resistencia a 28 días.

Sin embargo, esta edad es poco práctica para efectuar el control del hormigón, ya que si aparecen valores de resistencias anormalmente bajas o altas, cualquier reacción o enmienda que se efectúe en la obra será una medida muy retardada con respecto al avance de la faena.

Por otra parte, está bien que se haya elegido un indicador uniforme y único de un proceso variable con el tiempo. Este criterio de definir un fenómeno cambiante por *uno solo de los instantes de su vida (28 días)*, es un rasgo de gran inteligencia y audacia mental concordante con una buena decisión de ingeniería¹.

Lo malo está en perder de vista las razones que hay detrás de esa decisión, y suponer que la resistencia a los 28 días es la única medida válida de la calidad del hormigón. Ahí está el error y ese error conduce a absurdos como los siguientes: que en innumerables obras su terminación parcial o total ocurre antes de tener los resultados de los ensayos de compresión y en el intertanto las decisiones se mantienen en un compás de espera. Por ejemplo, en nuestro país la Torre de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones ENTEL y los Silos de la Compañía Molinos y Fideos Carozzi se construyeron en 16 y 7 días de faena interrumpida respectivamente; otro ejemplo, comentado en editorial del J. ACI vol. 70 n° 5, es el caso de un edificio de hormigón armado (Hotel Hilton de S. Petersburg) que se construyó en menos de 15 días y no se pudo recibir, ni menos ocupar, por supuesto, hasta que no se conocieron los resultados de resistencia a 28 días de los cilindros de la muestra.

Es indudable entonces, que los actuales conceptos de diseño, el aumento considerable de la velocidad de ejecución de las obras, la fabricación de cementos que producen altas resistencias a edades tempranas, la fabricación industrializada del hormigón en centrales elaboradoras, exigen una información que permita juzgar en forma más rápida la calidad de una determinada producción de hormigón.

Desde hace algún tiempo se está haciendo uso del análisis de la composición del hormigón fresco para controlar su calidad. El método ha tenido bastante desarrollo, principalmente en Alemania, donde la DIN 1045² de enero de 1972, Beton und Stahlbetonbau Bemessung und Ausführung, ya especifica valores límites y frecuencias de muestreo para el control de la razón agua cemento en el hormigón fresco, conforme lo expresa el párrafo siguiente, que se transcribe textualmente de la norma: *En el hormigón BII se debe determinar la razón A/C para cada lugar de hormigonado y luego aproximadamente una vez al día. Ningún valor individual de razón A/C establecida por el ensayo debe sobrepasar más de un 10%, a lo sumo, de la media de tres valores sucesivos.*

Muchas instituciones y autores, han modificado o ideado métodos para analizar el hormigón recién confeccionado. Un análisis general de ellos, se expone claramente en el trabajo de M. Matulic C.³ realizado en IDIEM Universidad de Chile, titulado Análisis del hormigón fresco (Santiago de Chile, 1975).

En esta misma línea, el presente trabajo entrega los resultados de las aplicaciones experimentales en una obra de un método estudiado y desarrollado previamente en laboratorio (IDIEM - Universidad de Chile, 1979)⁴, y que podría en el futuro ser adoptado como método de control interno para las empresas constructoras y/o elaboradoras de hormigón.

DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA

El edificio Cordillera, en que se realizó el control del hormigón fresco, fue construido por la Empresa Villanueva Ltda. De acuerdo con el programa de construcción previsto, deberá entrar en servicio a fines de 1980. Corresponde a un complejo arquitectónico con una gran placa de base y una torre de 23 pisos, que incluye locales, servicios y estacionamientos.

Dicho edificio consiste en una estructura de hormigón armado calculada a base de las normas ACI.

La producción y colocación del hormigón fue confiada a la Constructora Lanalhue Ltda., y el control de los hormigones estuvo a cargo de IDIEM Universidad de Chile.

En la construcción del edificio se ocupó un volumen total aproximado de 14000 m³ de hormigón.

Producción y colocación del hormigón

La constructora Lanalhue Ltda. instaló en obra una planta elaboradora de hormigón accionada eléctricamente con una capacidad de producción de 40 m³ por hora, una vista de la cual se muestra en Fig. 1.

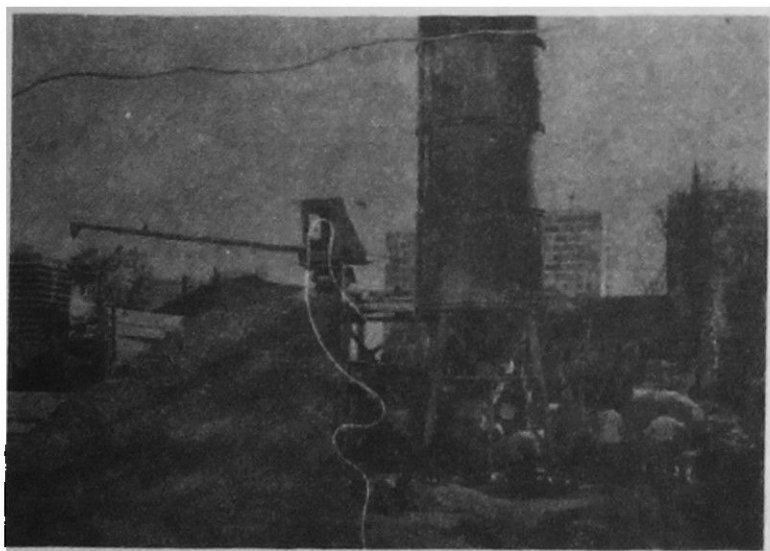


Fig. 1. Vista general de la planta elaboradora.

Los componentes se descargan sobre una cinta transportadora ubicada en la boca de salida del silo (acopio). Esta cinta actúa como brazo de la báscula y pesa un determinado volumen de material.

Los áridos acopiados semicircularmente y separados por tableros son arrastrados hacia arriba por una trailla (o dragalina), situada en el centro de toda la instalación.

Los diversos componentes áridos

se van pesando sucesivamente y el peso total queda registrado en un control accionado por un operador. El pesaje del cemento es registrado en un control separado.

Una vez pesados los áridos y el cemento, éstos se descargan mecánicamente por medio de la cinta a un capacho o cubeta elevadora que los deposita en la betonera o directamente en un camión mezclador. En la Fig. 2 vemos el capacho.

La dosis de agua es controlada por un dosificador automático con manómetro.

El transporte y colocación del hormigón se realizaba por medio de capachos elevadores con salida de material por el fondo, comandados por una grúa de pluma instalada en un costado de la edificación con capacidad de giro de 360°, la cual se observa en la Fig. 3.

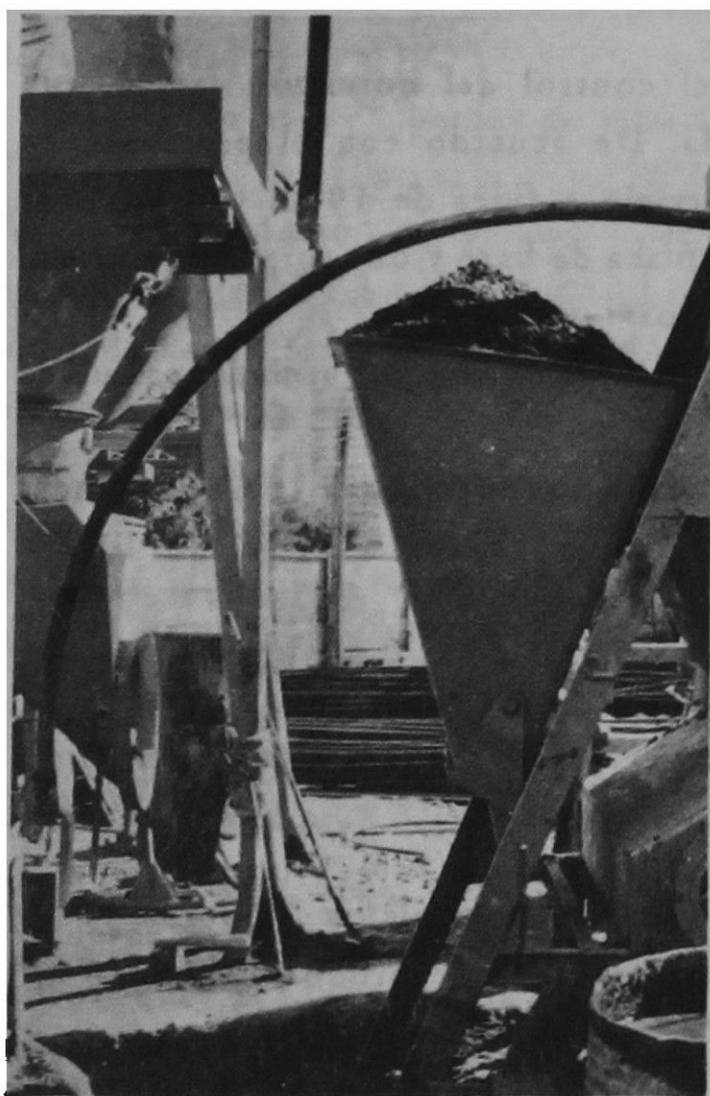


Fig. 2. Capacho de transporte

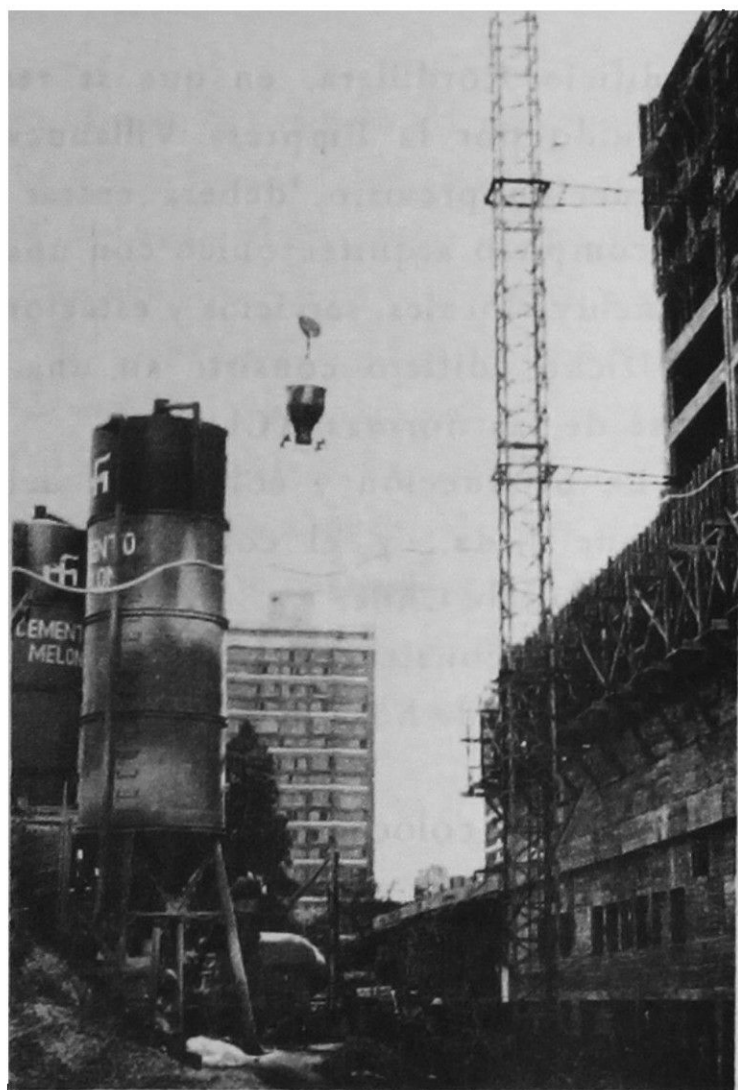


Fig. 3. Grúa elevadora.

DESCRIPCION GENERAL DEL METODO DE ENSAYO

Procedimiento. Resumen del Método

El método se basa en el desplazamiento de agua que produce una muestra de hormigón fresco, a la cual se le ha eliminado el aire.

Método A

El procedimiento consiste en tomar una muestra de hormigón fresco y pesarla

primeramente al aire y enseguida bajo agua en un recipiente adecuado, de manera tal que por agitación de la muestra sumergida se elimina el aire atrapado. El recipiente, lleno hasta el borde con la muestra y agua, se sella con una placa de vidrio.

La relación agua/cemento se obtiene directamente evaluando la expresión:

$$A/C = \frac{B}{B'} (FH_C + K \cdot FH_G) - (1 + K) \quad 1$$

donde:

B = peso al aire de la muestra de hormigón fresco, kg

B' = peso hidrostático de la muestra de hormigón fresco, kg

FH_C = factor hidrostático del cemento*

FH_G = factor hidrostático del árido*

K = relación de mezclado árido/cemento (leído directamente de las balanzas)

Método B

Con nuestra modificación, el valor de K se obtiene de las siguientes ecuaciones:

$$C' = T - T_G - G'_L \frac{FH_f}{FH_G} \cdot \phi_1 \quad 2$$

$$K = \frac{G'_L}{C'} \frac{FH_C}{FH_G} \cdot \phi_2 \quad 3$$

donde:

C' = peso hidrostático del cemento, obtenido por diferencia al lavar la muestra de hormigón fresco sobre tamices N° 4 y N° 100 ASTM.

T = pesada sumergida de la muestra de hormigón fresco

T_G = pesada sumergida del árido total lavado sobre tamices N° 4 y N° 100 ASTM.

G'_L = peso hidrostático del árido total lavado ($G'_L = TG - V$, donde V es el volumen del recipiente de ensayo)

FH_f = factor hidrostático del material fino bajo malla N° 100 ASTM

FH_G = factor hidrostático del árido total ponderado de acuerdo a los porcentajes de arena y ripio de la muestra

FH_C = factor hidrostático del cemento

ϕ_1 y ϕ_2 = factores de corrección que consideran el material más fino que el tamiz N° 100 ASTM**

* Los factores hidrostáticos se calculan, a través de las expresiones $FH_C = 1 - (1/\gamma_C)$ y $FH_G = 1 - (1/\gamma_G)$, o bien, por la relación *peso hidrostático/peso al aire* de una muestra representativa de los materiales empleados γ_C es el peso específico del cemento y γ_G es el peso específico del árido.

** Si no se considera la fracción de árido menor que 0.149 mm (tamiz N° 100 ASTM), esta cantidad aparece como cemento en los análisis, lo cual introduce un error en los cálculos: $\phi_1 = \bar{f}/(1 - \bar{f})$ y $\phi_2 = 1/(1 - \bar{f})$; don-
 \bar{f} es el contenido total de finos (expresado en tanto por uno) ponderado de acuerdo a los finos aportados por los áridos.

La modificación introducida al método original (Thaulow) consiste entonces en que posteriormente a las pesadas iniciales, la muestra debe descomponerse (por lavado) para obtener los pesos hidrostáticos de sus componentes.

Esto naturalmente alarga el tiempo de ejecución del ensayo, pero proporciona una información más verdadera de los componentes del hormigón analizado.

Equipo empleado

Consiste en un recipiente cilíndrico adecuado de unos 8 l de capacidad (en nuestro caso utilizamos la olla del aerómetro, aparato empleado normalmente para medir el aire atrapado en el hormigón fresco); una placa transparente (de vidrio o plástico) de unos 250 x 250 mm y 3 mm de espesor que se utiliza para enrasar y sellar el picnómetro; una barra revolvedora para eliminar las burbujas de aire; un juego de tamices: uno de 4.75 mm y otro de 0.15 mm de abertura (malla N^o 4 y N^o 100 ASTM) y una balanza portátil de sensibilidad hasta de 10 g (en este caso utilizamos una balanza marca Ohaus con 10 g de sensibilidad).

En la Fig. 4 se muestra un esquema de los pasos a seguir para la ejecución de los ensayos.

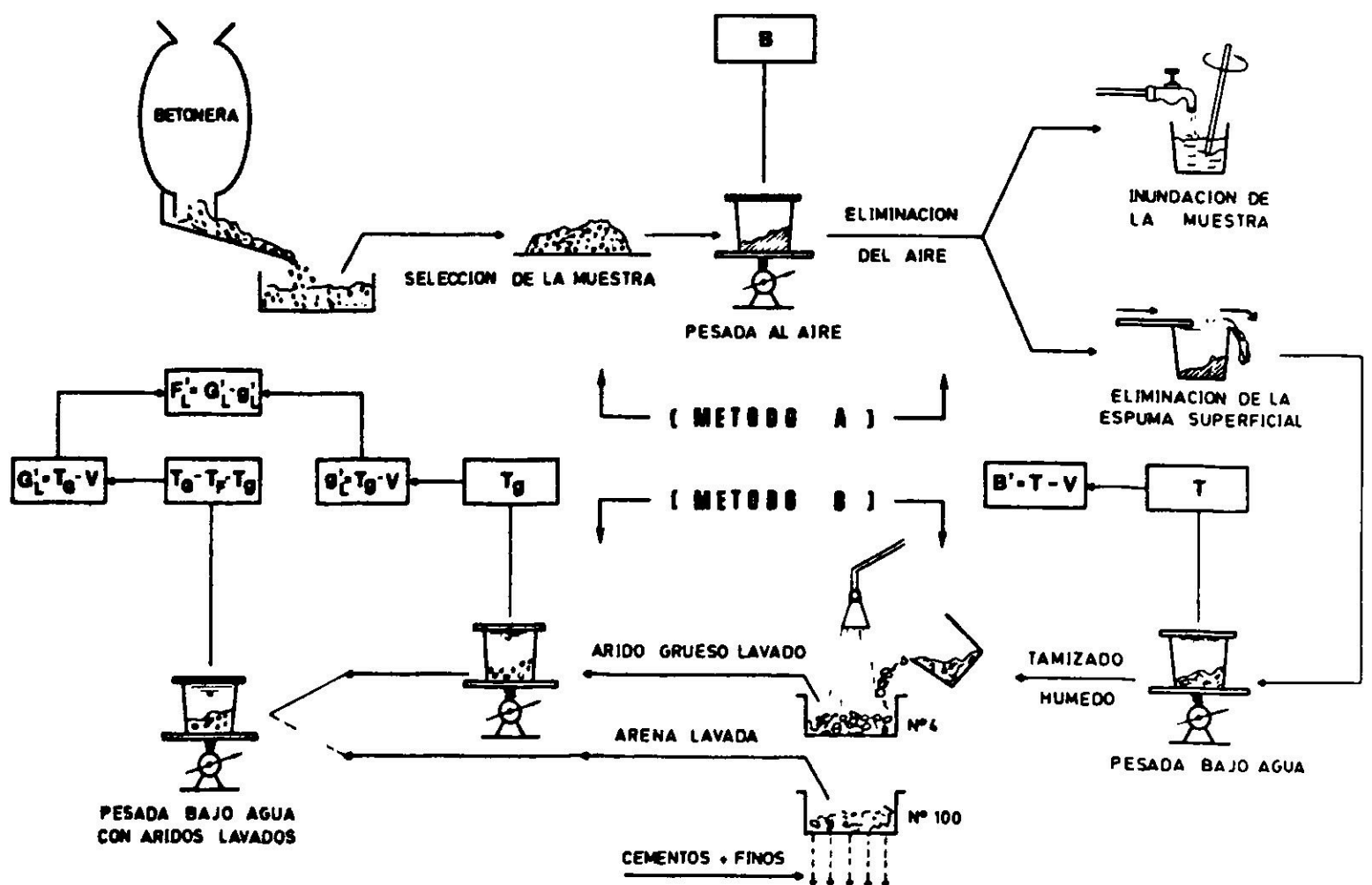


Fig. 4. Esquema explicativo del ensayo.

SISTEMA DE CONTROL EN LA OBRA

Ensayos preliminares

Las constantes hidrostáticas necesarias para la evaluación de los ensayos se determinaron directamente por pesada hidrostática; la fracción de árido menor que 0.149 mm (% de finos), se obtuvo por diferencia de peso, secando la arena lavada hasta peso constante.

Los resultados son:

- factor hidrostático del cemento (Melón Extra): $FH_C = 0.670$
- factor hidrostático de los áridos (Planta Lo Errázuriz)
 - arena : $FH_F = 0.632$
 - ripio : $FH_g = 0.629$
 - finos : $FH_f = 0.637$
- porcentaje de finos en árido grueso (ripio) : $\tilde{f}_g = 0.1\%$
- porcentaje de finos en árido fino (arena) : $\tilde{f}_F = 2.8\%$

Programación de los ensayos

Los análisis se realizaron sobre muestras seleccionadas en la descarga de la betonera y de los capachos transportadores, en la misma obra, Fig. 5.



Fig. 5. Toma de muestra.

Se aplicaron los dos métodos: el procedimiento original de Thaulow método A, es decir, considerando la relación de mezclado *árido/cemento* obtenida directamente de la lectura de las balanzas; y el método modificado propuesto en el presente trabajo (método B), es decir, determinando dicha relación por descomposición de la muestra mediante tamizado húmedo (lavado sobre tamices N° 4 y N° 100 ASTM).

En las Figs. 6 y 7 se muestran las operaciones de pesado y lavado realizadas durante un día de control en la obra.

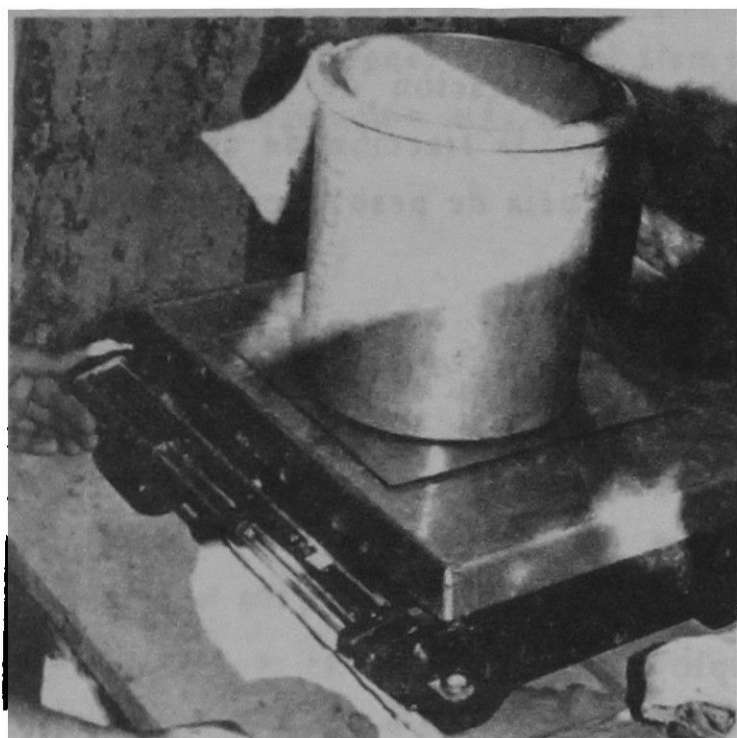


Fig. 6. Pesada hidrostática de la muestra.



Fig. 7. Lavado de la muestra sobre tamices N° 4 y N° 100 ASTM.

Procedimiento de muestreo

El muestreo fue realizado por un operador previamente entrenado, supervisado por un profesional, quien tomó las muestras e hizo los ensayos en obra. Al comienzo, durante el primer mes, se tomaron muestras diarias, de acuerdo al programa de hormigonado: se analizaron 5 muestras como mínimo por día con el método A y 2 como mínimo por el método B. Después se tomaron 3 muestras compañeras de una misma colada: 2 se analizaban por el método A y 1 por el B. En resumen cada ensayo correspondió a aproximadamente 50m^3 de hormigón confeccionado.

RESULTADOS

En la Tabla I se anotan los valores medios de la razón agua cemento y los parámetros de dispersión correspondientes al proceso completo de control.

TABLA I
VALORES MEDIOS DE LA RAZON A/C

Parámetro A/C	Método A (Thaulow)	Método B (Modificado)
Valor medio	0.538	0.469
Desviación standard	0.055	0.042
Coef de variación %	10.2	9.0
Total de valores	136	83

Los valores de A/C obtenidos en el análisis se presentan en los gráficos de control de las Figs. 8 y 9.

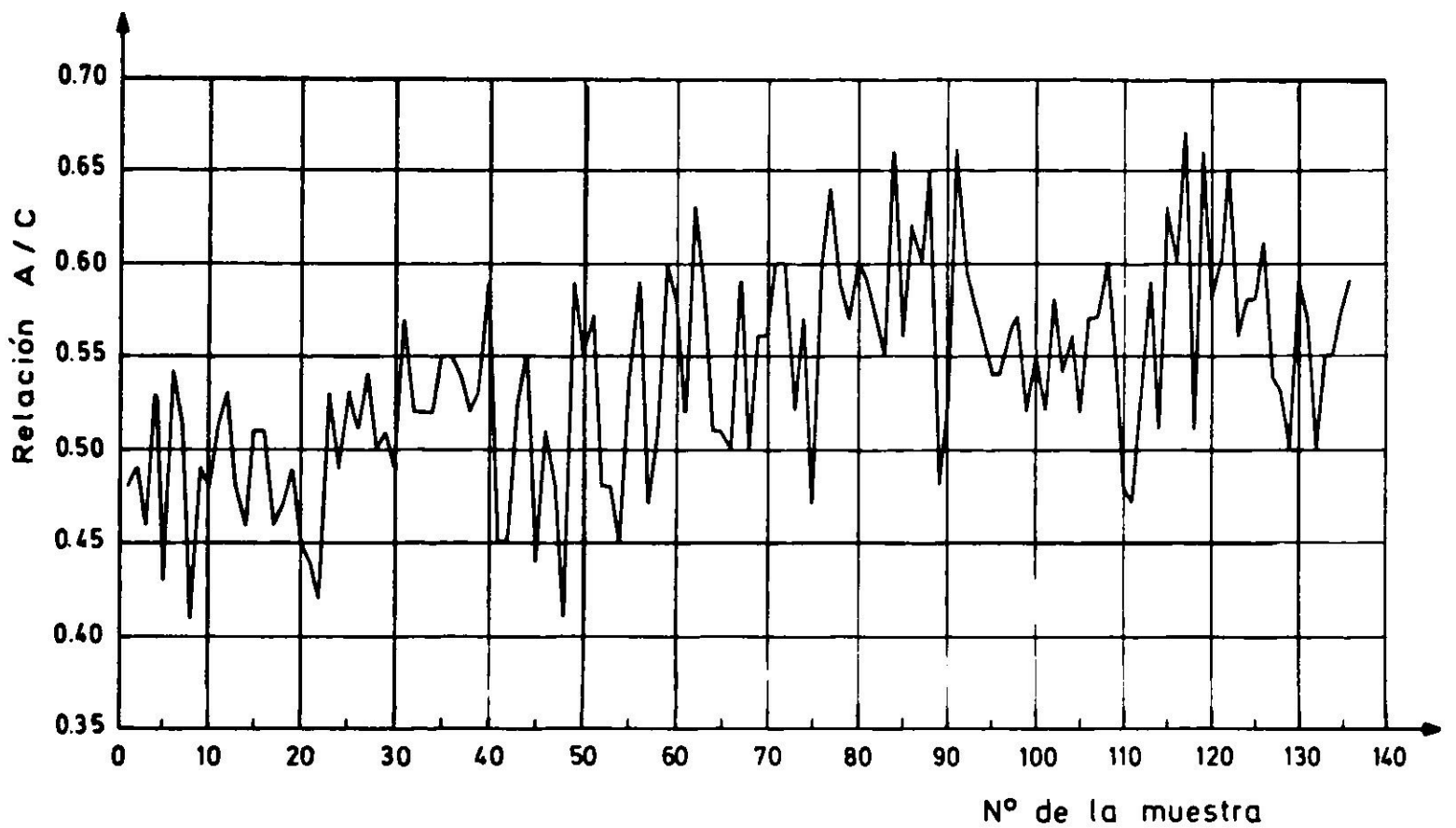


Fig. 8. Resultados de las determinaciones por medio del método original de Thaulow.

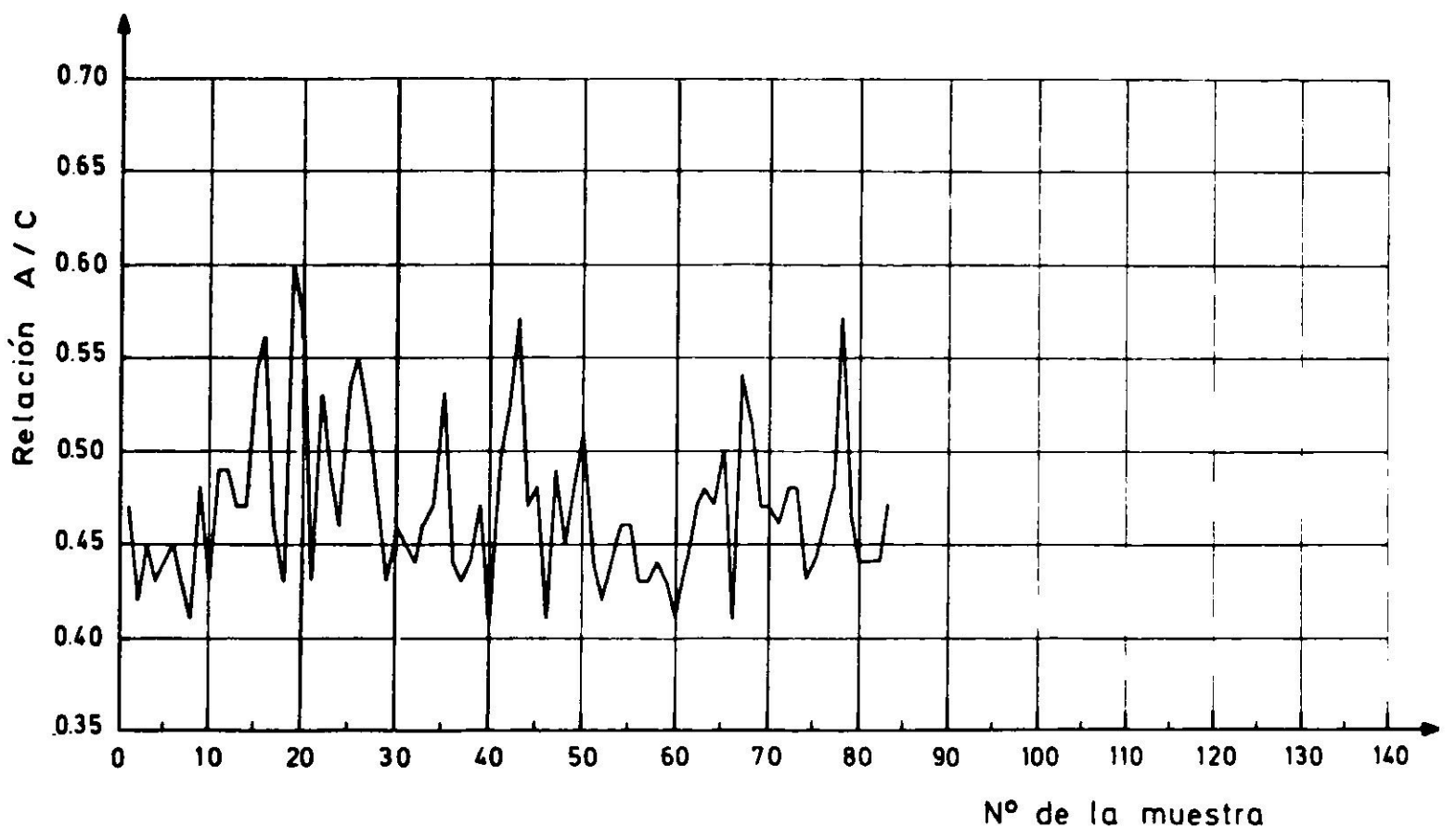


Fig. 9. Resultados de las determinaciones por medio del método modificado.

Paralelamente a las determinaciones de A/C se estimaron las resistencias probables a 28 días y se compararon con las reales obtenidas de cubos tomados en obra.

Para la estimación de las resistencias se utilizaron curvas de correlación confeccionadas anteriormente⁴ y que se presentan en la Fig. 10. Estas curvas están basadas en los resultados de experiencias realizadas con dos cementos y con tres razones agua cemento diferentes, a los cuales se les ajustó curvas de la forma de Abrams: $R = k_1/k_2 A/C$.

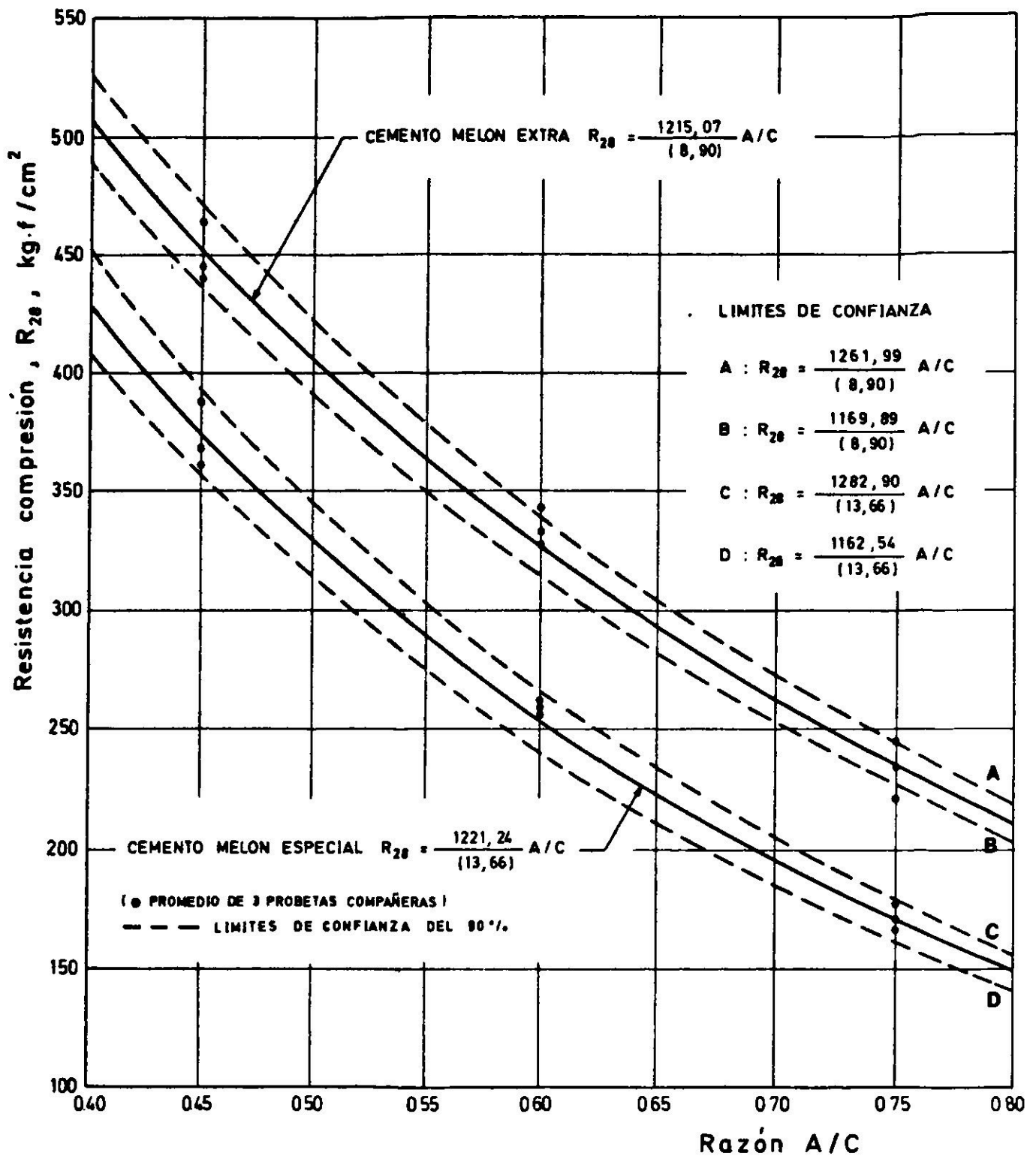


Fig. 10. Relación entre resistencia a compresión a 28 días y razón A/C.

En la Tabla II se anotan las razones agua cemento determinadas por análisis

TABLA II
ESTIMACION DE RESISTENCIAS A LOS 28 DIAS

A/CT	R_{est} kg/cm ²	R_{real} kg/cm ²	Δ %	A/CM	R_{est} kg/cm ²	R_{real} kg/cm ²	Δ %
0.48	426	394	8.1	0.47	435	466	- 6.6
0.49	416	447	- 6.9	0.42	485	411	18.0
0.53	381	455	-16.3	0.43	475	439	8.2
0.53	381	380	0.3	0.45	454	469	- 3.2
0.51	399	438	- 8.9	0.49	416	381	9.2
0.49	416	409	1.7	0.47	435	453	- 4.0
0.53	381	469	-18.7	0.46	445	472	- 5.7
0.54	373	383	- 2.6	0.43	475	414	14.7
0.57	350	402	-12.9	0.46	445	402	10.7
0.52	390	381	2.4	0.55	365	422	-13.5
0.55	365	453	-19.4	0.47	435	373	16.6
0.57	350	472	-25.8	0.45	454	391	16.1
0.51	399	428	- 6.8	0.46	445	421	5.7
0.63	307	356	-13.8	0.53	381	349	9.2
0.61	399	414	- 3.6	0.44	464	421	10.2

Δ = Variación porcentual de la estimación.

de hormigón fresco junto con la resistencia estimada, R_{est} , a partir de la curva de correlación correspondiente y con la resistencia real, R_{real} , obtenida por ensayo de compresión de cubos tomados en obra. En la Tabla aparecen separadamente algunos valores obtenidos por el método original de Thaulow, A/C_T , y otros por el procedimiento modificado, A/C_M .

Por otra parte en las Figs. 11 y 12 se llevan todos los valores obtenidos a dos gráficos donde están a la vez las razones agua cemento, la resistencia estimada y la resistencia real.

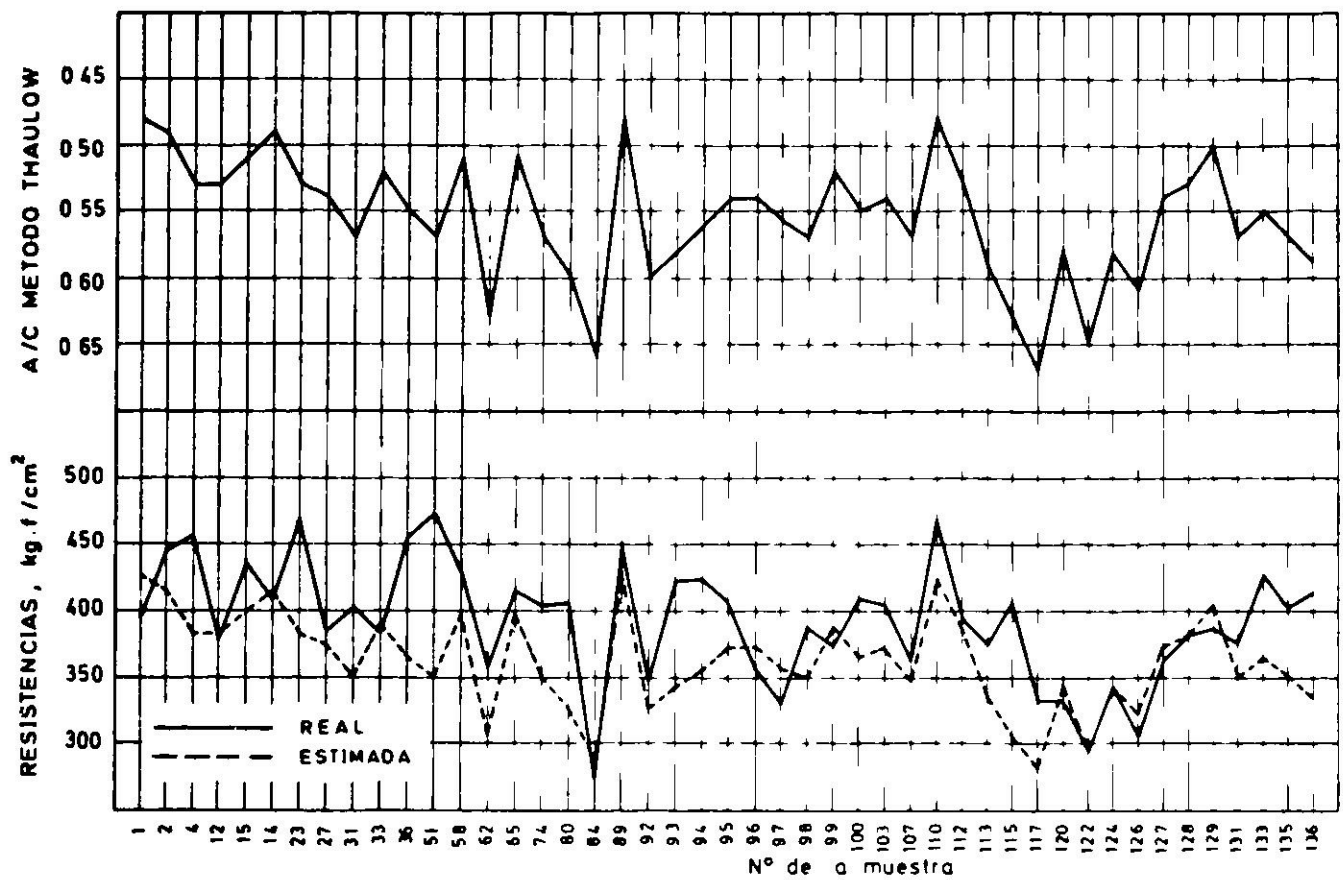


Fig. 11. Comparación de las resistencias estimadas con las resistencias reales (A/C determinada por método A).

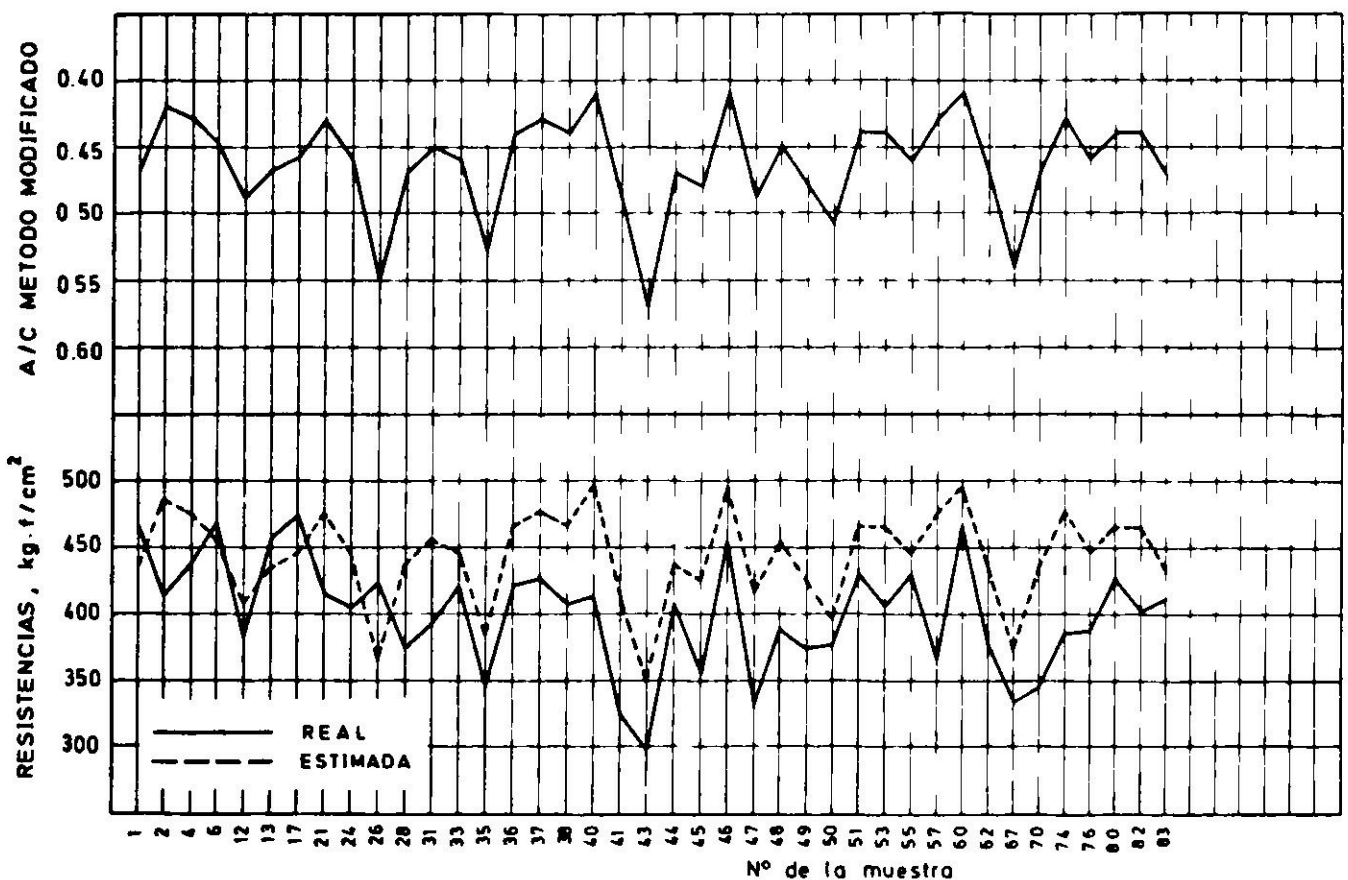


Fig. 12. Comparación de las resistencias estimadas con las resistencias reales (A/C determinada por método B).

Es de interés comparar los valores de la razón A/C obtenidos mediante ambos procedimientos de ensayo, lo cual se puede hacer sólo para aquéllos casos en que la razón A/C se determinó por los dos procedimientos en una misma mezcla. En la Fig. 13 se presenta esta comparación de manera gráfica⁶: en ordenadas se lleva A/C_T obtenida por el método original de Thaulow, y en abscisas A/C_M obtenida por nuestro procedimiento (método modificado).

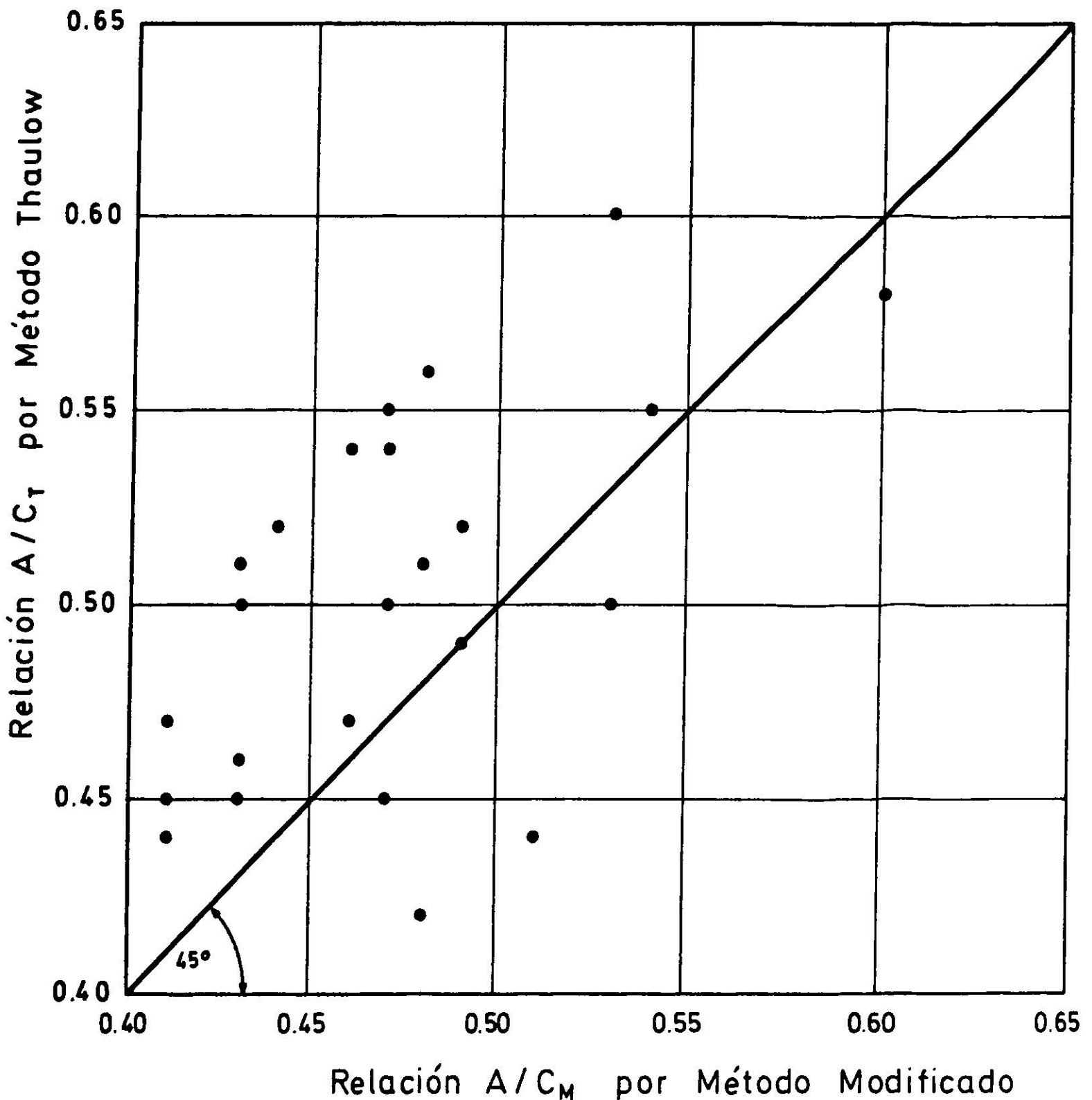


Fig. 13. Comparación de las razones A/C determinadas por ambos métodos.

Cuando los puntos representativos se encuentran situados sobre la recta de igualación entonces naturalmente las razones A/C resultan iguales; y cuando por el contrario las razones A/C obtenidas por los dos métodos son diferentes, los puntos se encuentran por encima de la bisectriz si A/C_T es mayor que A/C_M y por debajo en los casos inversos.

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

La determinación de la composición del hormigón fresco se puede hacer en obra sin dificultades mayores. Se necesita un operador supervisado por un profesional; el equipo utilizado es simple y de fácil manejo; el tiempo que toma la ejecución de cada ensayo es de aproximadamente 30 minutos, por uno de los métodos y de 15 minutos, por el otro; las operaciones de ensayo no interfieren con el normal desarrollo y avance de la obra, y sólo hay que reservar un espacio adecuado y un suministro de agua suficiente para hacer los ensayos.

La información inmediata que se obtiene es la razón agua-cemento y también, pero sólo por el método modificado, la razón cemento árido. Esta información es suficiente, por sí sola, para seguir paso a paso las variaciones de la composición del hormigón, con una frecuencia que se puede adaptar al avance de la obra: muy tupida al comienzo y cada vez más espaciada a medida que haya datos que comprueben que la composición se mantiene entre límites razonables. En los casos que las variaciones de composición salgan de los rangos normales, se puede decidir en el instante mismo las modificaciones oportunas para mantenerlas dentro, sin tener que esperar los resultados de ensayos a la compresión, que siempre son a plazo largo.

La primera decisión que hay que tomar, entonces, es fijar el rango normal o tolerable de variación de la razón agua cemento en cada obra. Un criterio de partida es el de la norma DIN 1045, de aceptar un 10% de variación con respecto al valor nominal de esa razón, esto equivale a dar por buenas variaciones del orden de 15 litros de agua por metro cúbico de hormigón. Este límite no parece difícil de cumplir, ya que las causas importantes de variación son el cambio de la humedad propia de los áridos, eventuales descalibraciones del medidor automático de agua en la planta y descuidos en el lavado de los equipos mezcladores y todos estos factores pueden mantenerse bajo control dentro de límites estrechos.

Si en el caso presente se hubiera aplicado el método de control del hormigón fresco en todo su alcance, basándose en el criterio mencionado, se hubieran detectado varios períodos en que se excede el límite de variación tolerado de la razón agua - cemento y se hubiera podido corregir la composición del hormigón prácticamente en el instante mismo en que se tuvo conocimiento de ello, es decir, el método da información oportuna para tomar las decisiones adecuadas sobre la marcha.

Pero el método rinde todas sus ventajas cuando se le utiliza para estimar las resistencias probables a la compresión valiéndose de las curvas de correlación entre éstas y los valores de la razón agua-cemento.

En tal caso la eficacia de la estimación depende del patrón de conversión empleado y surge de inmediato la recomendación de que cada empresa constructora lleve un registro de resistencias que proporcione a sus futuras obras una

curva de comportamiento real, propia de sus hormigones.

En el presente trabajo se usaron curvas obtenidas en laboratorio y procesadas estadísticamente⁴, las cuales tienen un grado de confiabilidad aceptable. Pudo usarse otras, como, por ejemplo, la que se propone en un trabajo⁷ realizado en IDIEM, derivada de la recopilación de datos de controles realizados en distintas obras dentro de un determinado período. En la actualidad está por finalizar un trabajo que procesará los datos acumulados en muchos años a través de los controles rutinarios de IDIEM y que proporcionará, entre otras cosas, curvas de correlación $R_{28}-A/C$; dichos datos se han introducido en un programa de computación, el cual hace posible identificar la calidad de los hormigones de un determinado contratista (registro histórico).

En el caso presente se ve que los valores de la razón agua cemento obtenidos y las resistencias reales medidas se corresponden bien, los primeros marcan casi exactamente las alzas y bajas de las resistencias y en este sentido tienen que aceptarse como un muy buen indicador. Cuantitativamente hay un desplazamiento sistemático de las estimaciones: por el método original de Thaulow se obtienen estimaciones bajas y por el método modificado, estimaciones altas de las resistencias reales. Hubiera sido posible ajustar las estimaciones a partir de los primeros resultados o bien basándose en resultados previos que se hubieran acumulado según lo expresado anteriormente.

En definitiva, es muy cierto que el éxito de la estimación depende de la bondad de la curva de correlación, pero también es cierto que esa curva se puede afinar a lo largo del tiempo hasta llegar a un grado de correspondencia suficiente para todos los efectos prácticos.

Observación final

Conviene repetir que el análisis de la composición del hormigón fresco permite obtener, ya dentro del plazo de una hora, una estimación confiable de la resistencia a la compresión del hormigón a 28 días y, como natural consecuencia de ello, da lugar a hacer las correcciones y ajustes que fueran necesarios para mantenerse dentro de los niveles de calidad requeridos.

Por último, cabe pensar que la aplicación del método en forma habitual y el familiarizarse con la correspondencia razón agua cemento - resistencia podría conducir a que el análisis del hormigón fresco se aceptara, por sí mismo, como indicador de la calidad del hormigón.

AGRADECIMIENTOS

Extiendo mis agradecimientos al Sr. Ernesto Gómez por el constante interés durante el desarrollo de este trabajo, por la revisión final del mismo y por la redacción del capítulo de comentarios y conclusiones.

Deseo destacar, además, mi reconocimiento al Sr. Federico Delfín a quien se debe la formulación teórica del problema y por su interés que al final de los estudios en laboratorio, éstos fueran proyectados en la aplicación real del método en la obra.

Deseo agradecer sinceramente a la Empresa Constructora Lanalhue Ltda. en la persona del Sr. Marcial Barbosa por habernos autorizado a realizar los ensayos en la obra, por las facilidades otorgadas y la acogida siempre amable que en todo momento nos brindó el personal laborante en la planta de hormigones de esa empresa.

REFERENCIAS

1. GOMEZ, E. Necesidad de criterios más flexibles para juzgar la calidad del hormigón. *2º Seminario Cemento - Hormigón - Vivienda*, IDIEM, Universidad de Chile. septiembre - octubre 1978.
2. DIN 1045. *Beton - und Stahlbetonbau*, Enero 1972.
3. MATULIC, M. *Análisis del hormigón fresco*. Memoria de título, Escuela de Ingeniería Universidad de Chile, 1975.
4. PAVEZ, W. *Estudio experimental del hormigón fresco. Control de la calidad del hormigón por medio del valor A/C*. Memoria de título, Escuela de Ingeniería, Universidad de Chile, 1979.
5. THAULOW, S. Prövning av fersk betong (Testing of fresh concrete) *Nordisk Beton*, vol. 5, n° 2, 1961, pp. 147-162.
6. DORNER, CHRISTLMEIER y WITTMANN. Die Bestimmung des Wasser/Zementwertes von Frischbeton. *Cement and Concrete Research*, vol. 9, pp. 613-622, 1979.
7. GONZALEZ, R. *Control de calidad del hormigón. Estimación de la resistencia a corto plazo*. Memoria de título, Escuela de Ingeniería, Universidad de Chile, 1976.
8. BLAUT, H. Erfahrungen bei der Messung des Wasser-Zement-Wertes nach dem Thaulow-Verfahren. *Beton Fertigteil Technik*, agosto 1972.
9. BLISCHKE, V.W. Fehlermöglichkeiten beim Thaulow-Verfahren. *Beton*, N° 6, junio 1979, pp. 215-216.
10. WALZ, K. Prüfung der Zusammensetzung des Frischbetons. *Beton*, vol. 27, N° 7, julio 1977, pp. 282-287.
11. WALZ, K. *Herstellung von Beton nach DIN 1045*. Düsseldorf, 1971.
12. MOMBER, K. Zur Frischbetonüberwachung durch praxisnahe W/Z-Wert Kontrolle nach Thaulow. *Beton*, vol. 19, N° 7, julio 1969, pp. 301-302.
13. WERSE HANS, PETER. Vergleich verschiedener Verfahren zur Bestimmung des Wasserzementwertes. *Beton-und Stahlbetonbau*, vol. 65, n° 9, septiembre 1970, pp. 222-226.
14. KLIEGER, PAUL. Recommended practice for selecting proportions for no-slump concrete. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings*, vol. 62, enero 1965, pp. 21-22.
15. DUNUGAN, W.M. A study of the analysis of fresh concrete. *Journal of the American Concrete Institute, Proceedings*, vol. 31, junio 1931, pp. 362-385.
16. MOMMENS, A. Estimation rapide de la resistance du béton. *Centre National de Recherches Scientifiques et Techniques pour L'Industrie Cimentière*, RR.C RIC 40-f.1974.
17. BRITISH STANDARD 1881. *Methods of testing fresh concrete*, 1952, pp. 7-8 y 54.

18. PIÑEIRO, M. Resistencias mecánicas del hormigón: relaciones entre resistencias obtenidas en el control de una obra. *Revista del IDIEM*, vol. 10, n° 1, mayo 1971.
19. ZABALETA, H. Control del hormigón en la Central Rapel. *Revista del IDIEM*, vol. 6, n° 1, mayo 1967.

CONTROL OF FRESH CONCRETE FOR CORDILLERA HOTEL

SUMMARY

A method for on the job concrete quality control by means of water cement ratio determination in fresh concrete samples is used. It implies a modification from well known Thaulow's method.

It was applied during construction of the reinforced concrete building for the Córdillera Hotel in Santiago. Water cement ratios were used to estimate 28 days compressive strength of concrete and the results obtained were within less than 15% from actual ones.