

CUADERNOS INTEMAC

Determinación de la resistencia del hormigón en obras mediante la extracción de microprobetas testigos de hormigón endurecido

In situ determination of hardened concrete strength by drilling microcore specimens

Prof. Francisco HOSTALET ALBA
Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P.

Lluís ARANDA CABEZAS
Ingeniero Técnico en
Construcciones Civiles e Hidrología



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 25

1.º TRIMESTRE '97

INTEMAC



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTIA DE CALIDAD

SONDEOS, ENSAYOS E INFORMES GEOTECNICOS

INFORMES DE PATOLOGIA, REHABILITACION Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PUBLICAS
EDIFICACION
INSTALACIONES



INTEMAC AUDIT

AUDITORIA TECNICO-ECONOMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORIA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACION DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCION
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORIAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACION DE LA OBRA



INTEMAC ECO

AUDITORIA TECNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas
Edificación
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

Aire
Agua
Ruido

AUDITORIA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN OBRA MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE MICROPROBETAS TESTIGO DE HORMIGÓN ENDURECIDO

IN SITU DETERMINATION OF HARDENED CONCRETE STRENGTH BY DRILLING MICROCORE SPECIMENS



Prof. Francisco HOSTALET ALBA

Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P.
Director del Area II de INTEMAC
Profesor de Patología y Refuerzo de
Estructuras en la ETSICCP de la
Univ. Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Dr. Civil Engineer
Regional Director of INTEMAC Area II
Lecturer in Repair and Strengthening Structures in
the Technical College of Civil
Engineering. Univ. Politecnica
de Cataluña, Barcelona.



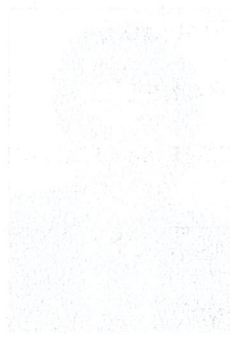
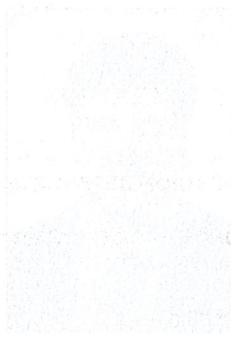
Lluís ARANDA CABEZAS

Ingeniero Técnico en
Construcciones Civiles e Hidrología
Sección de Ensayos de Información del
Hormigón Endurecido. Laboratorio
de INTEMAC en Sant Just Desvern,
Barcelona.

Técnical Engineer in Civil Constructions
Section of In situ Test of Hardened
Concrete. Laboratory of INTEMAC
in Sant Just Desvern, Barcelona.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EN
EN OBRA MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE
MICROPROBETAS TESTADO DE HORMIGÓN ENCUERTE

IN SITU DETERMINATION OF TENSILE STRENGTH OF
CONCRETE BY DRILLING MICROCORE TESTERS



Prof. Francisco José Martínez
C. Ingeniero Técnico de O.M.
Instituto Tecnológico de Valencia
C. de Burjassot s/n. 46100 Burjassot (Valencia)
España

Prof. Francisco José Martínez
C. Ingeniero Técnico de O.M.
Instituto Tecnológico de Valencia
C. de Burjassot s/n. 46100 Burjassot (Valencia)
España

Copyright © 1997, INTEMAC

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o distribuida de ninguna manera ni por ningún medio, ni almacenada en ninguna base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

Allrights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, whitout the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M-9729-1997
Imprime Raíz Técnicas Gráficas, S.L.

SUMMARY

The tables with the greatest impact on the results of compressive tests were the conditions relating to a 28 mm diameter concrete core (see table 1) tested and subjected to tension.

It is not just however, in test diameter cores (20 to 50 mm) or in concrete specimens (20 to 50 mm) with a diameter to length ratio of 1.0 that the results are not known, or not known with any accuracy.

Moreover, there is evidence that in recent years, laboratory test procedures have been developed, from the web of reinforced or prestressed concrete girders, to manufacture with high-strength concrete. Although the effort is made to characterize the concrete on the basis of compressive tests on full specimens, the fact is that not enough is known about the compressive nature.

It is interesting to note that in recent years, micro-test specimens have been compressive tested to characterize the strength properties of the hardened concrete used in floor slab girders manufactured with high-strength concrete.

INDEX

1. INTRODUCTION
2. TEST PLAN
 - 2.1. CONCRETES FROM A PRECAST GIRDER PLANT
 - 2.2. CONCRETES TAKEN FROM COLUMNS IN AN EXISTING STRUCTURE
3. RESULTS OBTAINED
 - 3.1. CONCRETES FROM A PRECAST GIRDER PLANT
 - 3.2. CONCRETES FROM COLUMNS IN AN EXISTING STRUCTURE
4. CONCLUSIONS

INDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. PLAN DE ENSAYOS
 - 2.1. HORMIGONES DE CENTRAL DE PREFABRICACIÓN DE VIGUETAS
 - 2.2. HORMIGONES PROCEDENTES DE PILARES DE UNA ESTRUCTURA REAL
3. RESULTADOS OBTENIDOS
 - 3.1. HORMIGONES DE CENTRAL DE PREFABRICACIÓN DE VIGUETAS
 - 3.2. HORMIGONES PROCEDENTES DE PILARES DE UNA ESTRUCTURA REAL
4. CONCLUSIONES

SUMMARY

The variables with the greatest impact on the results of compressive tests run on conventional diameter ($\varnothing \geq 75$ mm) hardened concrete cores have been well defined and sufficiently researched.

This is not true, however, on small diameter cores ($\varnothing = 40$ to 50 mm) or microcore specimens ($\varnothing = 20$ to 25 mm) whose accuracy in measuring in situ concrete strength is not known, or not known with any precision.

Moreover, there is evidence that in recent years hardened concrete microcores are being drilled from the web of reinforced or prestressed floor slab precast girders manufactured with high alumina cement concrete. Although an attempt is made to characterise the concrete on the basis of compressive tests run on such specimens, the truth of the matter is that not enough is known about their representative nature.

This article shows the results of an extensive experimental research intended to provide useful information on the behaviour and representativeness of microcores taken from concrete used in precast girder plants and concrete from members of an existing structure.

1. INTRODUCTION

Estimates of concrete compressive strength in various kinds of structural members are usually made on hardened concrete core specimens removed from the member in question for subsequent preparation and compressive testing.

The principles contained in international (including Spanish) standards and recommendations on hardened concrete core specimens, stressing that one of the variables that has a significant effect on the test results is the diameter of the specimen, recommending the use of cores with diameters of at least 75 to 100 mm (depending on the Standard).

Nonetheless, the use of core specimens with diameters of under 50 mm, or even as small as 20 to 30 mm, is often necessary, even though to date there is no fully reliable information on the representativeness of such "microcores", nor how the values reached in compressive testing of these microcores are affected by variables such as:

- Relationship between microcore diameter (20 to 30 mm \varnothing) and maximum aggregate size.
- Slenderness correction coefficient to be used in these cases.
- Direction of drilling with respect to that of concreting.
- Microcore moisture condition when test is run.

It is interesting to note that in recent years microcore specimens have been compressive tested to characterise the strength properties of the hardened concrete used in floor slab girders manufactured with high alumina cement concrete.

Microcores are generally taken from the web of such girders (2 to 4 cm thick) in order to avoid massing the reinforcing bars bundled into the lower wing. What has yet to be determined is whether or not the results obtained from this test are sufficiently representative of the quality of the concrete compared to the results that would be obtained with conventional diameter core specimens ($\varnothing \approx 100$ mm) and, in any case, whether or not they fall within safety limits in security analyses of the structure tested.

Scant research has been carried out to date on what we might call "small-diameter" core specimens ($40 \leq \varnothing \leq 50$ mm) and what little has been done has been performed under laboratory conditions. There is an even greater paucity of research on "microcore specimens" ($20 \leq \varnothing \leq 30$ mm).

However, certain researchers with long years of experience in what we could call Concrete Information Testing are presently making "a priori" claims about the advantages to using this kind of cores, such as:

- They call for less powerful machines or sampling probes, which are therefore less costly to purchase and/or amortise.
- They entail a smaller risk of cutting through reinforcement bars during core drilling.
- In structures in service, less damage is caused to the structural member.

RESUMEN

Las variables que más afectan al resultado que se obtiene en el ensayo a compresión de probetas testigo de hormigón endurecido de diámetros convencionales ($\varnothing \geq 75$ mm) son bien conocidas y están suficientemente investigadas.

No es ese el caso, sin embargo, para las probetas testigo de pequeño diámetro ($\varnothing \approx 40$ a 50 mm) o de las microprobetas testigo ($\varnothing \approx 20$ a 25 mm), de las que no se conoce - a ciencia cierta - su nivel de precisión en la estimación in situ de la resistencia del hormigón que se investiga.

Por otra parte, es conocido que en los últimos años se están obteniendo microtestigos de hormigón endurecido del alma de viguetas prefabricadas de forjados armados o pretensados que fueron fabricadas con hormigón conteniendo cemento aluminoso. Tras su ensayo a compresión se hace un intento de caracterizar ese hormigón, pero la realidad es que no se tiene un conocimiento suficiente de su grado de representatividad.

En este artículo se presentan los resultados de una amplia investigación experimental realizada con objeto de aportar información útil sobre el comportamiento y grado de representatividad de los microtestigos procedentes de hormigones de central de prefabricación de viguetas y de hormigones de una estructura real.

1. INTRODUCCION

La estimación de la resistencia a compresión del hormigón colocado en diversos tipos de elementos estructurales es acometida por lo general mediante la extracción -para su posterior preparación y ensayo a compresión- de probetas testigo de hormigón endurecido.

Las prescripciones contenidas en las normas y recomendaciones internacionales (incluyendo las Españolas) sobre probetas testigo de hormigón endurecido insisten en que el diámetro de la probeta testigo es una de las variables que más pueden afectar al resultado obtenido en el ensayo, recomendando la utilización de diámetros iguales o superiores a 75 mm o 100 mm. (dependiendo de la Normativa de que se trate).

Sin embargo, son numerosas las ocasiones en las que se hace necesaria la utilización de probetas testigo de diámetros inferiores a 50 mm, incluso del orden de 20 a 30 mm, sin que se tenga información plenamente válida hasta estos momentos de su representatividad, es decir su correspondencia con los testigos de diámetros convencionales, ni de como quedan afectados los valores obtenidos en el ensayo a compresión de estos "microtestigos" por variables tales como:

- Relación entre el diámetro del microtestigo (\varnothing 20 a 30 mm) y el tamaño máximo del árido.
- Coeficientes de corrección por esbeltez a utilizar en estos casos.
- Dirección de extracción, en relación con la de hormigonado de la pieza.
- Estado de humedad del microtestigo en el momento de ser ensayado.

Es de interés apuntar que en los últimos años se vienen utilizando microprobetas testigo de hormigón endurecido, para, tras su ensayo a compresión, caracterizar las propiedades resistentes del hormigón colocado en viguetas de forjados que fueron fabricadas con cemento aluminoso.

Las microprobetas se extraen habitualmente del alma de dichas viguetas (espesor de 2 a 4 cm) con objeto de evitar la concentración de armaduras del ala inferior. La incógnita que queda por despejar es si los resultados que se obtienen en este ensayo son suficientemente representativos de la calidad del hormigón en términos de su comparación con los que se obtendrían en testigos de diámetros convencionales ($\varnothing \approx 100$ mm) y, en todo caso, si quedan o no del lado de la seguridad ante un análisis de seguridad de la estructura que se está estudiando.

La investigación realizada hasta estos momentos sobre las probetas testigo que podríamos denominar como de "pequeño diámetro", ($40 \leq \varnothing \leq 50$ mm) puede ser calificada como de muy escasa y realizada íntegramente en condiciones de laboratorio. La realizada sobre las "microprobetas testigo" ($20 \leq \varnothing \leq 30$ mm) es más reducida todavía.

No obstante, se da la circunstancia de que, en la actualidad, algunos investigadores con amplia experiencia en lo que denominamos Ensayos de Información del Hormigón, aducen "a priori" ciertas ventajas en la utilización de este tipo de testigos, como son:

- Pueden utilizarse máquinas o sondas de extracción de menor potencia y, por tanto, de menor coste de adquisición y/o amortización.
- Es más fácil evitar el corte de armaduras en la operación de extracción.

- In practice, it is often nearly impossible to obtain conventional diameter cores (100 to 150 mm Ø), either because of the thinness of the structural member tested (which would condition the minimum test slenderness) or of the amount of reinforcement bars in the core drilling area.

It might, moreover, be thought that the use of a large number of small-diameter cores or microcores would provide a better assessment of the quality of the concrete in a given area of the structure than a smaller number of conventional diameter specimens. In this regard, it is noted that if twice as many 50 mm diameter - as opposed to 100 mm diameter - cores are cut and tested, the total volume of concrete taken from the structure comes (assuming constant slenderness) to only 25% of the volume that would be removed if the 100 mm Ø specimens were used.

The major factors that may lead to substantial differences in results reached with microcores as compared to conventional diameter cores are as follows:

- a) Effects of the size (scale effect) of the microcore specimen in the sense that, in general, the measured compressive strength - for a given slenderness - increases as the diameter of the specimen declines, in addition to the fact that results from small specimens are more scattered.

Moreover, it should be borne in mind that in tests on microcores much of the volume of concrete that is compressive tested is located close to the lateral surface of the specimen. Consequently, the measured strength may be diminished due to the greater impact, in such cases, of wall effect; therefore, the expected increase in strength in tests on small-diameter cores may be clearly neutralised (or measured strength may even be smaller than in tests run on conventional diameter specimens) by the potential "damage level" caused to the microcore during drilling and cutting operations.

According to research being conducted at this time, the "damage level" effect seems to rise with the potential strength level of the concrete tested. Furthermore, there appears to be greater scattering of results obtained with microcores obtained from HAC concrete than from Portland cement concrete; this sheds considerable doubt on the accuracy of the measured concrete strength so obtained.

- b) Microcore cutting effect. The ratio of the cut surface to the volume of the core specimen (for a given slenderness) increases as the core diameter decreases, so the potential influence of damage during drilling and cutting operations is greater in smaller specimens, as mentioned in the preceding comment.

Papers by authors such as Neville (11) and Malhotra (9), as well as the Concrete Society Report (14) indicate that damage level would account for 5 to 7% declines in measured strengths found with normal diameter cores, while in the case of microcores or potential concrete strength levels of over 350 Kp/cm² such damage may cause measured strength to decline by as much as 15-20 %.

- c) Relationship between the diameter of the microcore and the maximum size of the aggregate of the concrete or of this one which has been tested. International standards and recommendations indicate minimum values of 3 for this ratio. For smaller values, scatter may render results unreliable.

It should be borne in mind - in this regard - that working with microcores entails risking that the trial (depending on the position and orientation of larger aggregates) may actually be testing the compressive strength of the aggregate rather than of the concrete itself.

Research conducted to date indicates that - unless a large number of microcores is used - the accuracy of in situ estimates of concrete compressive strength may be as low as one fourth of the accuracy achieved with conventional diameter cores.

- d) Slenderness correction coefficients.

There is no clear evidence about whether the slenderness correction coefficients stipulated in the various standards for conventional diameters are applicable to microcores. Nonetheless, recent research seems to indicate that:

- The correction coefficients adopted by Spanish legislation (7) for conventional diameter cores are too conservative in the lower range ($1,1 \leq \lambda \leq 1,50$), compared to more recent standards (2) based on the latest international research.
- Such coefficients take no account of potential strength level of the concrete tested or the moisture content of the specimen when the test is run, both of which aspects should be considered (in particular the former) in view of the unquestionable impact they have on results.
- For microcores, the research conducted to date indicates that the slenderness correction should be greater (i.e., correction coefficients should be smaller) than published in the various standards.

- e) Drilling orientation, in relation to this one of concreting, does not appear to have any significant influence on the separate analysis of conventional and microcore specimens.

- En estructuras en servicio, el daño causado al elemento estructural al obtener el testigo, es menor.
- En numerosas ocasiones, es prácticamente inabordable obtener probetas testigo de diámetros convencionales (\varnothing 100 a 150 mm), bien motivado por el pequeño espesor del elemento estructural que se investiga, (que condicionaría la esbeltez mínima en el ensayo) bien debido a la fuerte cuantía de armadura presente en la zona de extracción.

Podría pensarse además que la utilización de un número elevado de probetas testigo de pequeño diámetro o de microtestigos, permitiría una mejor evaluación de la calidad del hormigón, en una zona determinada de la estructura, que si se decide abordar la investigación con un número reducido de testigos de diámetros convencionales. A este respecto, se hace notar que si se extraen y ensayan doble número de probetas testigo de 50 mm que de 100 mm, solo se utiliza, en total, un 25 % del volumen de hormigón de la estructura (para esbelteces constantes) del que se utiliza para diámetros \varnothing 100 mm.

Los principales factores que pueden comportar diferencias apreciables de resultados al investigar con microtestigos frente a diámetros convencionales, son los siguientes:

- a) Efectos del tamaño (efecto escala) del microtestigo, en el sentido de que, en general, el valor de la resistencia a compresión -para una determinada esbeltez- aumenta al disminuir el diámetro, pero las dispersiones se incrementan proporcionalmente en mayor medida.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que en los ensayos sobre microtestigos una gran parte del volumen de hormigón que se ensaya a compresión está situada cerca de la superficie lateral del testigo. Consecuentemente, la resistencia a compresión puede quedar reducida debido a la creciente influencia, en estos casos, del efecto pared y por ello el aumento de resistencia esperable al ensayar testigos de pequeños diámetros puede ser claramente neutralizado (o disminuido frente a diámetros convencionales) por el posible "nivel de daño" causado al microtestigo durante las operaciones de extracción y corte.

El efecto del "nivel de daño" parece ser superior, según la investigación desarrollada hasta estos momentos, a medida que es superior el nivel de resistencia del hormigón investigado. Adicionalmente, los microtestigos obtenidos de hormigones fabricados con cemento aluminoso, parecen presentar mayores niveles de dispersión de resultados del ensayo que los cementos Portland, lo que implicará, sin duda, un descenso apreciable de los niveles de precisión en la estimación del parámetro de resistencia del hormigón que se investiga.

- b) Efecto del corte de microprobetas. La relación entre el área que sufre el corte y el volumen de la probeta testigo (para una determinada esbeltez) aumenta a medida que disminuye el diámetro del testigo, por que el posible daño causado al testigo en las operaciones de extracción y corte es mayor, enlazando con lo comentado en el punto anterior.

Autores como Neville (11), Malhotra (9) y el informe de Concrete Society (14) sitúan el nivel de daño entre un 5 % a 7 % de descenso de resistencia para diámetros normales, mientras que para microtestigos o niveles de resistencia del hormigón superiores a 350 Kp/cm², el porcentaje de reducción de resistencia puede verse incrementado hasta un 15 a 20 %.

- c) Relación entre el diámetro del microtestigo y el tamaño máximo del árido del hormigón o del incluido en el microtestigo que se ensaya. Las normas y recomendaciones internacionales apuntan a valores mínimos de 3 para ésta relación. Para valores inferiores, las dispersiones obtenidas pueden invalidar los resultados.

Debe tenerse presente -a este respecto- que para el caso de microtestigos, puede ocurrir que en realidad se esté ensayando a compresión (dependiendo de la posición y orientación de los áridos de mayor tamaño) el árido y no el hormigón en sí mismo.

La investigación realizada apunta a que -salvo que se utilicen en la investigación un elevado número de microtestigos- los niveles de precisión en la estimación in situ de la resistencia a compresión pueden caer hasta la cuarta parte de los que se obtendrían con diámetros convencionales.

- d) Coeficientes de corrección por esbeltez.

No se conoce, a ciencia cierta, si los coeficientes de corrección por esbeltez que se incorporan en las diferentes normativas para diámetros convencionales, son aplicables al caso de microtestigos. Sin embargo, la investigación más reciente apunta a:

- Los coeficientes de corrección adoptados por la normativa española (7), son excesivamente conservadores para los rangos inferiores ($1,1 \leq \lambda \leq 1,50$), en el caso de diámetros convencionales, frente a normativas más avanzadas (2), basadas en la investigación internacional más reciente.
- Estos coeficientes no tienen en cuenta el nivel de resistencia del hormigón que se investiga o el grado de humedad del testigo en el momento del ensayo, aspectos ambos que deberían considerarse (sobre todo el primero) por su decisiva influencia.

2. TEST PLAN

In order to obtain information on the behaviour and representativeness degree of compressive testing on microcores taken from set concrete, the INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES (INTEMAC) ran experimental research on various kinds of concrete used for precasting concrete girders and on concrete used in the columns on an existing structure.

2.1. CONCRETES FROM PRECAST GIRDER PLANTS.

Research was run in the PREFABRICADOS PORQUERAS precasting plant in Castellbisbal, Barcelona, Spain.

The Test Plan implemented intended to obtain information on the effect of potential concrete strength level on the behaviour and representativeness of 25 mm \varnothing microcores compared to the more conventional 100 mm \varnothing specimens and to the results of compressive testing on laboratory-cured 150 \varnothing x 300 mm test standard specimens. Although the above research was also run to study other variables, this paper will discuss only those results indicated above.

Hence, in parallel to the concreting of market items (reinforced and prestressed concrete girders), we sampled enough pieces from fifteen (15) mixes of concrete with a standard strength of 200 Kp/cm² (reinforced concrete girders) and from fifteen with a standard strength of 400 Kp/cm² (prestressed girders).

The kind of cement used in the above concretes is I-45, and a maximum aggregate size was of 6 mm. Concrete is automatically dosed with a vertical pug-mill. Sufficiently large samples were taken from each mix, chosen at random from those made on a normal working day, to cast:

- Two (2) cylindrical moulded specimens, 150 mm \varnothing x 300 mm, to be cured under standard laboratory conditions and compressive testing after 28 days.
- Two (2), cylindrical moulded specimens, 150 mm \varnothing x 300 mm, to be cured under field conditions (exposed to wind and weather on Precasting Plant grounds) and compressive testing after 28 days.
- Two (2) cylindrical moulded specimens, 150 mm \varnothing x 300 mm, cured under standard laboratory conditions and compressive testing after 60 days.
- One (1) 80 x 40 x 40 cm prismatic block for drilling cores. The drilling orientation was perpendicular to the concreting direction in all cases. Photo No. 1 shows the concreting of one of these blocks.



Photo No. 1

Foto nº 1

The concrete was compacted with a pin vibrator. The following cores were taken from each prism after 26 or 27 days:

- One \varnothing 100 mm core
- Two \varnothing 50 mm cores
- Three \varnothing 25 mm cores

and subsequently prepared in the laboratory and compressive-tested after 28 days under dry (natural) conditions.

From each prism piece were obtained, at 56 or 57 days, the samples as follows:

- 1 \varnothing 100 mm cores
- 2 \varnothing 50 mm cores
- 3 \varnothing 25 mm cores

for compressive testing after 60 days, likewise under dry (natural) conditions.

- Para el caso de microtestigos, la investigación realizada hasta este momento, indica que la corrección por esbeltez debería ser superior (coeficientes de corrección menores) que la publicada en las diferentes normativas.
- e) La dirección de extracción, en relación con la de hormigonado, no parece influir de forma importante en el tratamiento separado de testigos convencionales o microtestigos.

2. PLAN DE ENSAYOS

Con objeto de obtener información sobre el comportamiento y grado de representatividad del ensayo a compresión de microprobetas testigo de hormigón endurecido, el INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES (INTEMAC), ha llevado a cabo una investigación experimental sobre hormigones que se colocan en viguetas prefabricadas de hormigón y sobre el hormigón colocado en pilares de una estructura real.

2.1. HORMIGONES DE CENTRAL DE PREFABRICACIÓN DE VIGUETAS.

La investigación ha sido llevada a cabo en la central de prefabricación de PREFABRICADOS PORQUERAS, ubicada en Castellbisbal (Barcelona).

El Plan de Ensayos desarrollado ha pretendido obtener información sobre la influencia del nivel resistente del hormigón en el comportamiento y representatividad de microtestigos de \varnothing 25 mm frente a los más convencionales de \varnothing 100 mm y frente a los resultados del ensayo a compresión de probetas moldeadas \varnothing 150 x 300 mm con curado normalizado. Aunque también se ha aprovechado la investigación para estudiar otras variables, para esta comunicación se han seleccionado los resultados mencionados más arriba.

Así pues, en paralelo con el hormigonado de las piezas de mercado (viguetas de hormigón armado y de hormigón pretensado), se tomaron muestras suficientes de quince (15) amasadas de hormigón de 200 Kp/cm² de resistencia característica (viguetas de hormigón armado) y quince amasadas de hormigón de 400 Kp/cm² de resistencia característica (viguetas pretensadas).

El tipo de cemento con que se fabrican estos hormigones es el I-45, con tamaño máximo del árido de 6 mm. La dosificación del hormigón es automática utilizándose una amasadora del eje vertical. De cada amasada seleccionada al azar de entre las diversas que se fabricaban en un día laborable cualquiera, se tomaba nuestra suficiente para fabricar:

- Dos (2) probetas cilíndricas \varnothing 150 x 300 mm para curado en condiciones normalizadas y ensayo a compresión a 28 días.
- Dos (2) probetas cilíndricas \varnothing 150 x 300 mm para curado en condiciones de obra (a la intemperie en la Central de Prefabricación) y ensayo a compresión a 28 días.
- Dos (2) probetas cilíndricas \varnothing 150 x 300 mm para curado en condiciones normalizadas y ensayo a compresión a 60 días.
- Un (1) bloque prismático de dimensiones 80 x 40 x 40 cm, para extraer del mismo probetas testigo. La dirección de extracción fué en todos los casos perpendicular a la de hormigonado. En la Foto nº1 puede observarse el proceso de hormigonado de uno de los bloques.

La compactación del hormigón se realizó mediante un vibrador de aguja. De cada bloque se obtuvieron, a los 26 ó 27 días los siguientes testigos:

- Uno de \varnothing 100 mm
- Dos de \varnothing 50 mm
- Tres de \varnothing 25 mm

que se ensayaron a compresión, tras su preparación en laboratorio, a la edad de 28 días, ensayándose en estado seco (natural).

Del mismo bloque, a la edad de 56 a 57 días, se obtuvieron también:

- 1 de \varnothing 100 mm
- 2 de \varnothing 50 mm
- 3 de \varnothing 25 mm

para su ensayo a compresión a 60 días de edad, ensayándose, asimismo, en estado seco (natural).

En todos los casos, la extracción del testigo se realizó de modo que la zona del mismo que se ensayaba a compresión perteneciera al núcleo central de la pieza, con objeto de evitar el hormigón más superficial.

In all cases, drilling was done in a way that ensured that the part of the core which has been compressive tested was taken from the central area of the prism, thereby avoiding the surface concrete.

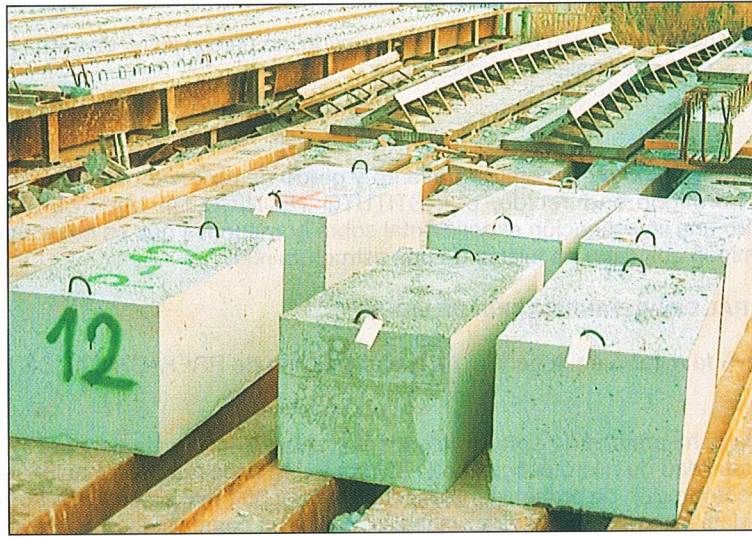


Photo No. 2

Foto nº 2

Photos Nos 2 and 3 show the prismatic blocks concreted and indexed (Blocks H1 to H15 and P1 to P15) and others from which the 28-day cores had already been taken.

After cutting, the core specimens were taken to the INTEMAC laboratory in Sant Just Desvern, Barcelona for preparation and testing as specified in UNE Standards 83302-84, 83303-84 and 83304-84. In the case of 25 mm Ø microcores, special measures were taken for cutting, parallelism and perpendicularity tolerances checking and sulphur mortar facing, including devising a special facing chuck for these type of cores (see Photo No. 4).



Photo No. 3

Foto nº 3

Microcores surfaces were checked, likewise after cutting, for broken aggregates or spalling that would invalidate test results, and for the minimum slenderness specified in the corresponding UNE Standard. Although it is known that microcore specimens may need different slenderness correction coefficients than those specified in our UNE Standards, as there is no Spanish research in the literature in this regard, it was decided to use the coefficients published in the UNE Standards. Photograph No. 5 shows a 25 mm Ø microcore after compressive testing between the platens of the 20-tonne press machine.

2.2. CONCRETES TAKEN FROM COLUMNS IN AN EXISTING STRUCTURE.

In this case, research was conducted on certain columns of the structure No. 80 of the "La Pau" Development in Barcelona, which was going to be demolished subsequent to this study.



Photo No. 4

Foto nº 4

En las fotos nº 2 y 3 pueden observarse los bloques ya hormigonados y referenciados (Bloques H1 a H15 y P1 a P15) y otros bloques en los que ya habían sido obtenidos los testigos para ensayo a 28 días.

Una vez extraídas las probetas testigo eran trasladadas al laboratorio de INTEMAC, en Sant Just Desvern (Barcelona), para proceder a su preparación y ensayo, de acuerdo con la normativa UNE 83302-84, UNE 83303-84 y UNE 83304-84. Al respecto del tallado, comprobación de las tolerancias de paralelismo y perpendicularidad y refrentado con mortero de azufre, se tomaron medidas especiales para los microtestigos de \varnothing 25 mm, fabricándose un plato refrentador especial para este tipo de probetas (ver Foto nº 4)

Por otra parte, tras las operaciones de tallado, se comprobó que las microprobetas se encontraban con las caras sin roturas de áridos o descantillados que las invalidaran para el ensayo, con la esbeltez mínima prevista en la normativa UNE correspondiente. Aunque es conocido que las microprobetas testigo pueden necesitar correcciones por esbeltez diferentes a las previstas en nuestra norma UNE, al no disponer de investigación española al respecto, se ha optado por aplicar las publicadas en la norma UNE. La Fotografía nº5 muestra un microtestigo de \varnothing 25 mm, ya ensayado a compresión entre los platos de la prensa de 20 Tn utilizada para su ensayo.

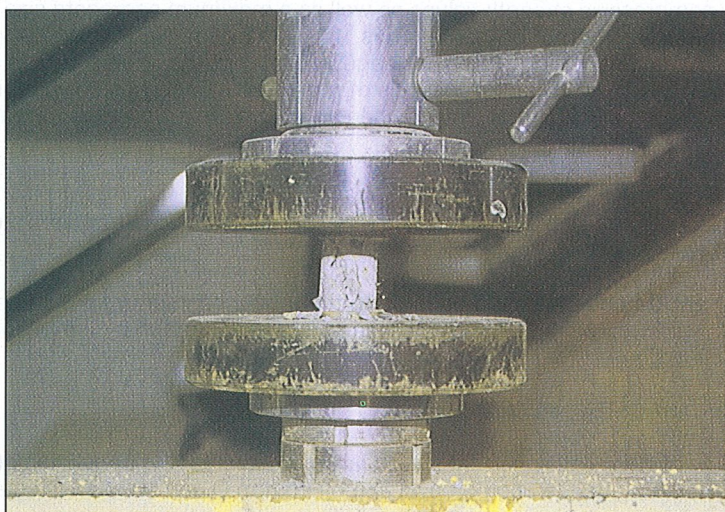


Photo No. 5

Foto nº 5

2.2. HORMIGONES PROCEDENTES DE PILARES DE UNA ESTRUCTURA REAL.

En este caso, se investigó sobre pilares de la estructura del bloque nº 80 del Polígono de "La Pau" de Barcelona, que iba a ser demolido con posterioridad a esta investigación.

Four (4) columns were chosen on each storey examined, so information was obtained for lower, middle and higher floors (storeys 1, 2, 5, 8, 9, 14 and 15). Each selected column was sampled by cutting a 100 mm Ø core out of the middle zone of the trunk and, at a distance of 35 cm from the vertical axis of the 100 mm Ø core, obtaining two (2) 25 mm Ø microcores (See Photograph No. 6).

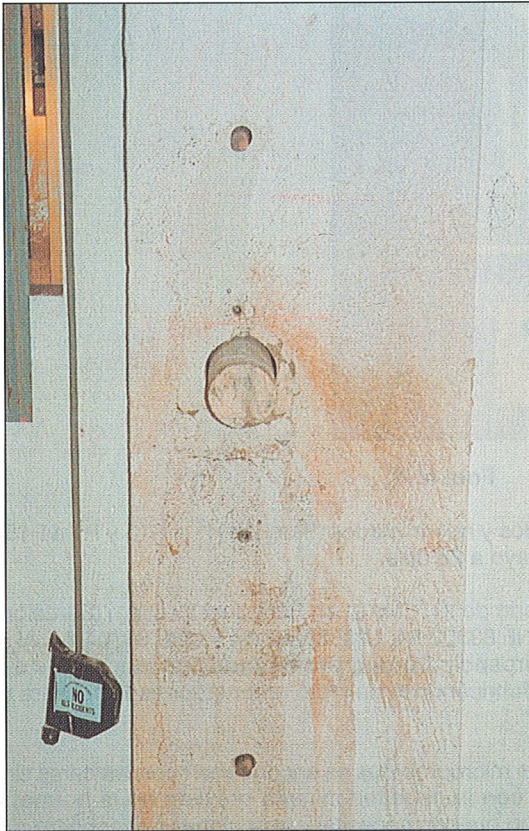


Photo No. 6

Foto nº 6



Photo No. 7

Foto nº 7

In this case, involving an old structure, the composition of the concrete studied was not known, although laboratory tests showed a large scatter on its compressive strength values as well as a maximum aggregate size of around 12 mm. Moreover, of a total of 56 microcores cut out of the columns, 14 were not apt for compressive testing, since they were damaged during removal or subsequent cutting of sides or edges. In most cases, the aggregate became loosened from the concrete matrix, invalidating these microcores for reasons of minimum slenderness or integrity of their cross-section. Photograph No. 7 shows one of the typical defects, found when attempting to proceed to laboratory cutting.

3. RESULTS OBTAINED

For reasons of brevity and reader convenience, the results obtained for the various parameters studied have been tabulated, differentiating the two lines of research.

In those cases where it was considered relevant, in addition to the tabulated information, some of the statistical tests run to analyse results are shown by way of example, i.e., histograms, correlation graphs, distribution of populations of relative errors, etc.

3.1. CONCRETES FROM A PRECAST GIRDER PLANT

Tables 1 and 2 show a summary of the most significant statistical parameters for the population of the results of compressive testing on laboratory-cured test bars (after 28 and 60 days) and on 25 mm Ø and 100 mm Ø cores (after 28 and 60 days).

The abbreviations used are defined below:

PMCC = Laboratory -cured test bar
 Ø 100 = 100 mm diameter cores
 Ø 25 = 25 mm diameter microcores
 n = No. individual valid results considered in the statistical analysis

s = Standard deviation (Kp/cm²)
 \bar{x} = Mean value (kp/cm²)
 δ = Coefficient of variation

Se seleccionaron cuatro (4) pilares de cada planta que se investigó, de tal modo que se obtuviera información en plantas inferiores, medias y superiores (Plantas 1ª, 2ª, 5ª, 8ª, 9ª, 14ª y 15ª). De cada pilar seleccionado se procedió a la extracción -en la zona media del fuste- de un testigo de Ø 100 mm y separados 35 cm del eje vertical del testigo de Ø 100 mm, se obtuvieron dos (2) microtestigos de Ø 25 mm (Ver Fotografía n° 6).

Se desconoce la composición del hormigón investigado en este caso al tratarse de una estructura antigua, aunque tras los consiguientes ensayos en laboratorio ha podido constatarse que se trata de un hormigón con elevados valores de dispersión en cuanto a sus características de resistencia a compresión hace referencia. Asimismo, ha podido determinarse que su tamaño máximo de árido está sobre 12 mm.

Por otra parte, del total de 56 microprobetas testigo extraídas de pilares, han resultado no aptas para su ensayo a compresión 14 de ellas, ya que resultaron dañadas en el proceso de extracción o de posterior tallado en sus caras o en su canto. En la gran mayoría de los casos, el árido quedaba desvinculado de la masa de hormigón lo que ha invalidado la utilización de estas microprobetas por condicionantes de esbeltez mínima o por mantenimiento de su sección transversal. La Fotografía n° 7 representa uno de los defectos típicos, encontrados tras el intento del tallado en laboratorio.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Para mayor brevedad de exposición y facilidad de lectura, los resultados obtenidos para los diferentes parámetros investigados se han agrupado a modo de tablas, diferenciándose las dos líneas de investigación.

Como complemento de la información tabulada se presentan también -a modo de ejemplo- algunos de los tratamientos estadísticos llevados a cabo para analizar los resultados, en los casos que se han considerado más importantes. Nos estamos refiriendo a histogramas, gráficos de correlación, distribución de poblaciones de errores relativos...etc.

3.1. HORMIGONES DE CENTRAL DE PREFABRICACIÓN DE VIGUETAS

En las tablas 1 y 2 se presentan los resúmenes de los parámetros estadísticos más significativos de la población de resultados obtenidos en el ensayo a compresión de probetas moldeadas con curado normalizado (a 28 y 60 días) y de probetas testigo Ø 25 mm y Ø 100 mm (a 28 y 60 días).

ANALYSIS OF INDIVIDUAL VALUES

ANALISIS DE VALORES INDIVIDUALES

AGE (Days)	EDAD (días)	PMCC				Ø 25 mm				Ø 100 mm			
		n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ
28		15	283	31	0,11	45	211	36	0,17	15	256	33	0,13
60		15	319	30	0,09	45	246	42	0,17	15	297	36	0,12

Table No. 1. Concrete, f_{ck} 200 Kp/cm²

Tabla n° 1. Hormigón f_{ck} = 200 Kp/cm²

ANALYSIS OF INDIVIDUAL VALUES

ANALISIS DE VALORES INDIVIDUALES

AGE (Days)	EDAD (días)	PMCC				Ø 25 mm				Ø 100 mm			
		n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ
28		15	448	66	0,15	45	284	56	0,20	15	403	43	0,11
60		15	483	60	0,12	45	339	65	0,19	15	457	49	0,11

Table No. 2. Concrete, f_{ck} 400 Kp/cm²

Tabla n° 2. Hormigón f_{ck} = 400 Kp/cm²

El significado de las abreviaturas utilizadas es el siguiente:

PMCC = Probetas moldeadas con curado en cámara
 Ø 100 = Testigos 100 mm de diámetro
 Ø 25 = Microtestigos de 25 mm de diámetro
 n = n° de resultados individuales válidos considerados en el análisis estadístico.

s = Desviación típica o estándar (Kp/cm²)
 \bar{x} = Valor medio (kp/cm²)
 δ = Coeficiente de variación

ANALYSIS OF MEASURED COMPRESSIVE STRENGTH RATIOS

ANALISIS DE VALORES DE LAS RATIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

AGE (Days)	EDAD (días)	Ø 25/PMCC				Ø 25/Ø 100				Ø 100/PMCC			
		n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ
28		44	0,75	0,13	0,17	44	0,83	0,13	0,16	15	0,90	0,07	0,08
60		45	0,77	0,11	0,14	45	0,83	0,12	0,14	15	0,93	0,05	0,05

Table No. 3. Concrete, f_{ck} 200 Kp/cm²

Tabla nº 3. Hormigón f_{ck} = 200 Kp/cm²

Tables 3 and 4 show the most significant statistical parameters found for the ratios of measured concrete compressive strengths - for 28 and 60-day-old cores -and moulded specimens with standardized curing, conveniently tabulated. For this purpose, the microcores were compared to:

- Laboratory-moulded specimens with a standardized curing to see to what extent the microcores might constitute a valid estimator of the potential concrete strength in a structure. (for aggregates with a 6 mm maximum size).
- The 100 mm Ø cores, to see the degree of deviation - for the type of concrete used in precast girders - with respect to the results obtained with the conventional drill cores specified in Spanish and International standards.

The mean values of the ratios given in tables 3 and 4 were obtained by testing specimens under dry conditions. Had saturated drill cores been compared to moulded specimens with a standardized curing, the mean values of the Ø 25/PMCC and Ø 100/PMCC ratios could be expected to be about 10% smaller, according to recent literature.

The individual values of these ratios after 28 days are shown graphically in figures Nos 1 and 2.

RATIO TESTIGO / MOLDEADA - DIAMETRO. HORMIGÓN PARA ARMADO. EDAD 28 DÍAS
CORE / MOULDED SPECIMEN RATIO. CONCRETE TO BE REINFORCED. AGE 28 DAYS

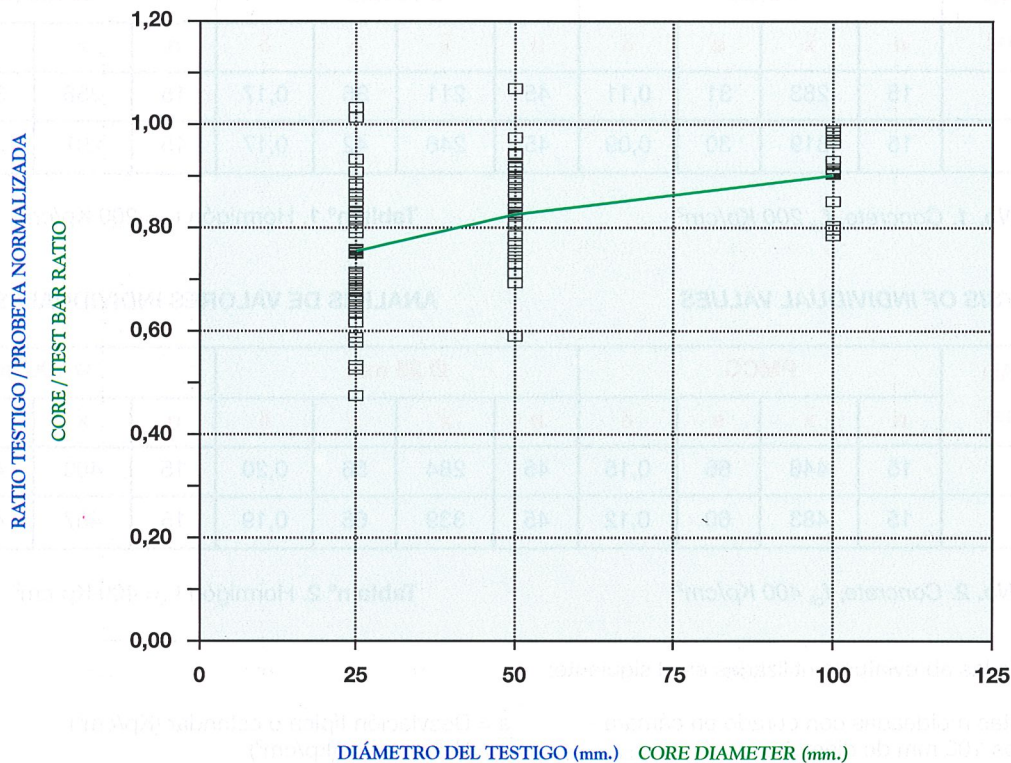


FIG.1

En las tablas nº 3 y 4 se presentan, convenientemente tabulados los parámetros estadísticos más significativos encontrados para las ratios entre las resistencias a compresión para 28 y 60 días de edad en probeta testigo y moldeadas con curado normalizado. A dicho efecto, los microtestigos se han relacionado con:

- Las probetas moldeadas con curado normalizado con objeto de comprobar en que medida podrían suponer un estimador válido de la resistencia potencial del hormigón de la estructura (Para tamaños máximos de árido de 6 mm).
- Las probetas testigo de Ø 100 mm, -para observar el grado de desviación para este tipo de hormigones colocados en viguetas prefabricadas- respecto a los resultados que se obtienen en los testigos convencionalmente adoptados en la normativa española e internacional.

Los valores medios de las ratio que se presentan en las tablas nº 3 y 4 se han obtenido al ensayar los testigos en estado seco. Si se tuvieran que comparar testigos saturados con probetas moldeadas con curado normalizado, los valores medios de las ratio para Ø 25/PMCC y Ø 100/PMCC podrían verse disminuidos -de acuerdo con la bibliografía existente- en valores cercanos a un 10%.

ANALYSIS OF MEASURED COMPRESSIVE STRENGTH RATIOS

ANALISIS DE VALORES DE LAS RATIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

AGE (Days)	EDAD (días)	Ø 25/PMCC				Ø 25/Ø 100				Ø 100/PMCC			
		n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ	n	\bar{x}	s	δ
28		45	0,64	0,12	0,18	45	0,71	0,13	0,18	15	0,91	0,07	0,07
60		45	0,71	0,14	0,19	45	0,75	0,14	0,19	15	0,95	0,06	0,07

Table No. 4. Concrete, f_{ck} 400 Kp/cm²

Tabla nº 4. Hormigón f_{ck} = 400 Kp/cm²

La representación gráfica de los valores individuales de esas ratios, a 28 días de edad, queda reflejada en las figuras nº 1 y 2.

RATIO TESTIGO / MOLDEADA - DIAMETRO. HORMIGÓN PARA PRETENSADO. EDAD 28 DÍAS
CORE / MOULDED SPECIMEN RATIO. CONCRETE TO BE REINFORCED. AGE 28 DAYS

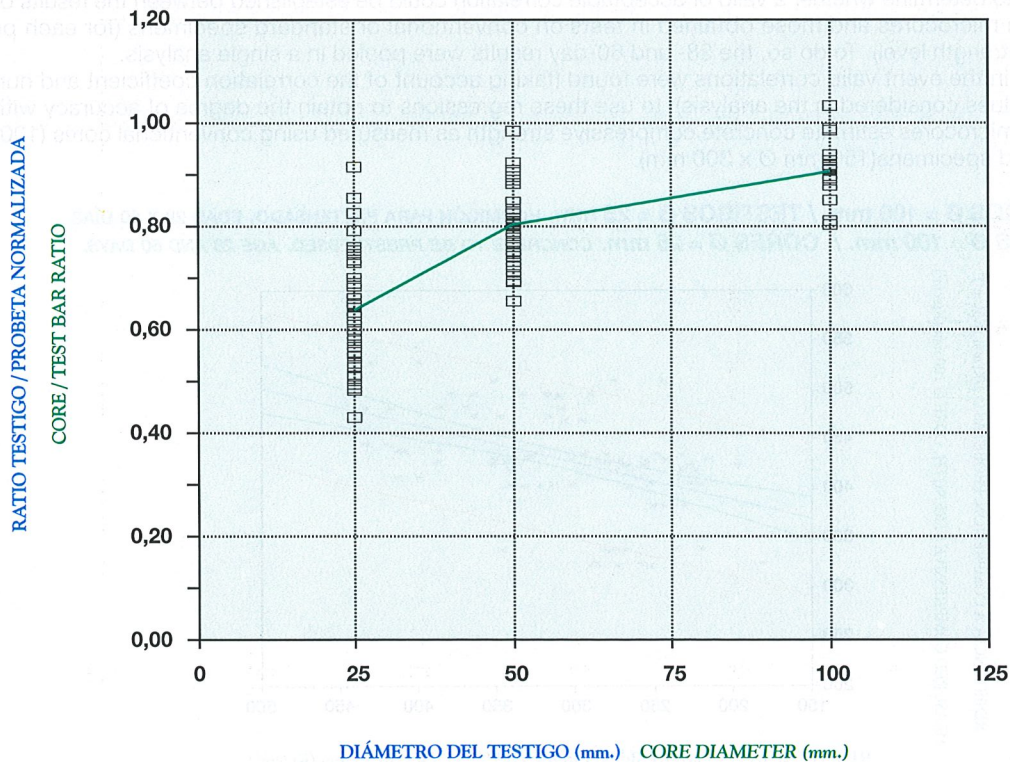


FIG. 2

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS. HORMIGÓN PARA PRETENSADO. EDAD 60 DÍAS.

FREQUENCY HISTOGRAM. CONCRETE TO BE PRESTRESSED. AGE 60 DAYS.

Ratio entre probetas testigo de diám. 25 mm y probetas testigo de 100 mm de diám.
Ratio of 25-mm diam core to 100-mm core specimen.

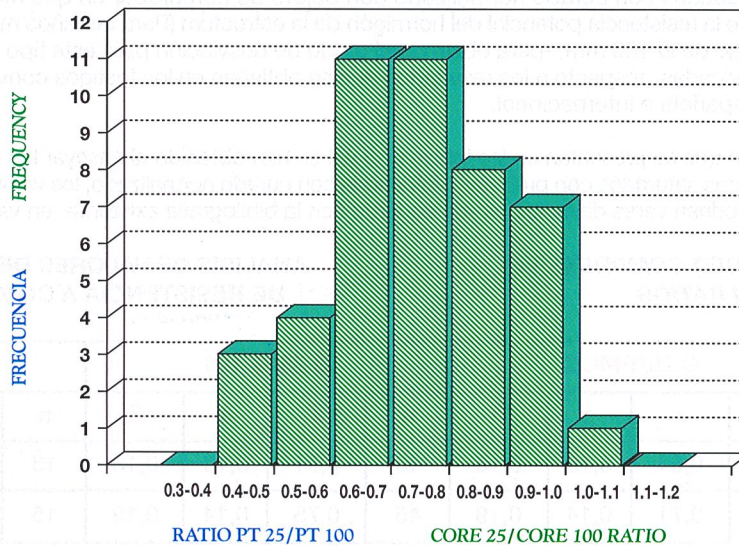


FIG. 3

Figure No. 3 also represents, by way of illustration, the frequency distribution histogram of the $\varnothing 25 / \varnothing 100$ ratios found after 60 days for concrete with $f_{ck} = 400 \text{ Kp/cm}^2$.

Furthermore, a least squares regression was run on two (2) variables for the populations of results obtained in the compression tests on the various kinds of cores.

This was done for a dual purpose:

- First of all to determine whether a valid or acceptable correlation could be established between the results obtained in tests on microcores and those obtained in tests on conventional or standard specimens (for each potential concrete strength level). To do so, the 28- and 60-day results were pooled in a single analysis.
- Secondly, in the event valid correlations were found (taking account of the correlation coefficient and number of pairs of values considered in the analysis), to use these regressions to obtain the degree of accuracy with which 25 mm \varnothing microcores estimate concrete compressive strength as measured using conventional cores (100 mm \varnothing) or moulded specimens (150 mm $\varnothing \times 300$ mm).

TESTIGOS $\varnothing = 100 \text{ mm.} / \text{TESTIGOS } \varnothing = 25 \text{ mm. HORMIGÓN PARA PRETENSADO. EDAD 28 Y 60 DÍAS}$

CORES $\varnothing = 100 \text{ mm.} / \text{CORES } \varnothing = 25 \text{ mm. CONCRETE TO BE PRESTRESSED. AGE 28 AND 60 DAYS.}$

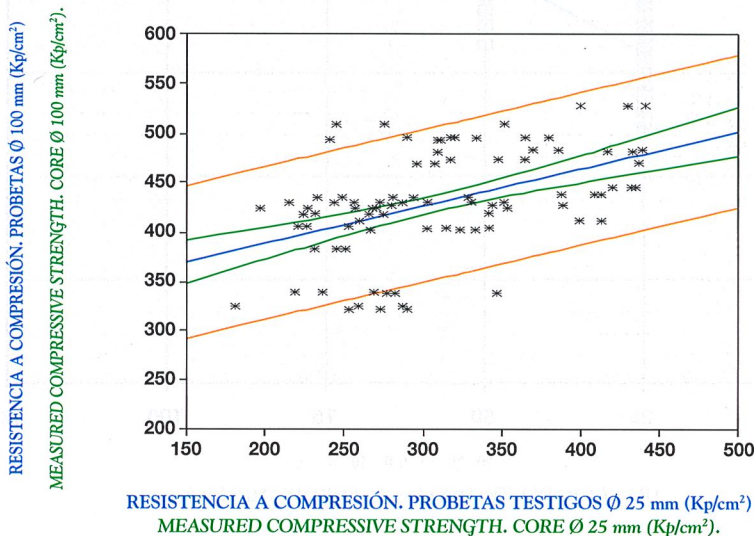


FIG. 4

Asimismo, en la Figura nº 3 se representa, a modo de ejemplo ilustrativo, el histograma de distribución de frecuencias de los valores encontrados, a 60 días, para hormigones de $f_{ck} = 400 \text{ Kp/cm}^2$, de la ratio $\varnothing 25 / \varnothing 100$.

De forma complementaria, para las poblaciones de resultados obtenidos en el ensayo a compresión de los diversos tipos de probetas investigadas, se ha realizado un estudio de regresión entre dos (2) variables, aplicando el método de los mínimos cuadrados.

Se ha pretendido con ello un doble objetivo:

- En primer lugar comprobar si podía ser establecida una correlación válida o aceptable entre los resultados obtenidos en el ensayo con microtestigos y testigos convencionales o probetas normalizadas (para cada nivel de resistencia del hormigón). Para ello, se han agrupado en un mismo análisis los resultados obtenidos a 28 y 60 días.
- En segundo lugar, caso de obtener correlaciones válidas (teniendo en cuenta el coeficiente de correlación y el número de parejas de valores que se introduce en el análisis), aprovechar esas regresiones para obtener el nivel de precisión con que las microprobetas testigo de $\varnothing 25 \text{ mm}$ estiman la resistencia a compresión del hormigón obtenida en base a testigos convencionales ($\varnothing 100 \text{ mm}$) o a las probetas moldeadas ($\varnothing 150 \times 300 \text{ mm}$) con curado normalizado.

En todos los casos analizados para los dos niveles resistentes del hormigón investigado, se han obtenido regresiones aceptables, de tipo lineal. En la Figura nº 4 se representa, a título de ejemplo, la regresión obtenida para hormigones colocados en viguetas pretensadas (a 28 + 60 días) para los resultados en microtestigos $\varnothing 25 \text{ mm}$ y testigos de $\varnothing 100 \text{ mm}$.

Aprovechando las regresiones calculadas (válidas todas ellas para este tipo de hormigones con tamaño máximo del árido 6 mm), se han calculado los niveles de precisión con que el ensayo a compresión a través de microtestigos estima la resistencia de ese mismo hormigón en probeta testigo convencional o en probeta moldeada con curado normalizado.

Como nivel de precisión se ha tomado, en cada caso diferenciado, el intervalo que contiene el 90 % de la población de errores relativos cometidos en la estimación del valor resistente del hormigón a través del ensayo de microtestigos. En la Tabla nº 5 se incorpora el resumen de resultados obtenidos, y en la Figura nº 5 se representa gráficamente, a modo de ejemplo, la distribución de la población de errores relativos cometidos en la estimación de la resistencia a compresión del hormigón en probeta testigo de $\varnothing 100 \text{ mm}$, a través de microtestigos $\varnothing 25 \text{ mm}$ para hormigones colocados en viguetas pretensadas ($f_{ck} = 400 \text{ Kp/cm}^2$).

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS. NIVEL DE PRECISIÓN DE LA ESTIMACIÓN PT 25 / PT 100.
FREQUENCY HISTOGRAM. ACCURACY LEVEL IN THE CORE 25 / CORE 100 ESTIMATE
 Hormigón para pretensado. Edad 28 y 60 días.
 Concrete to be prestressed. Age 28 & 60 days.

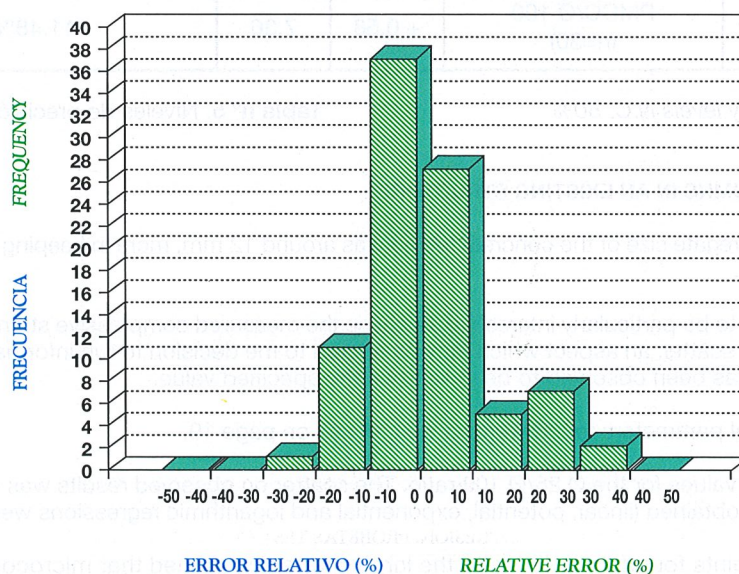


FIG. 5

Acceptable linear regressions were obtained in all the analyses of the two sets of test results for concrete strength. Figure No. 4 shows, by way of example for concrete used in prestressed girders (28 + 60 days), the regression of the results obtained with 25 mm Ø microcores on those found with 100 mm Ø cores.

Using the regressions so computed (all of which were valid for this kind of concrete, i.e., 6 mm maximum aggregate size), the accuracy levels of measured compressive strengths from tests run on microcores were calculated by comparison to estimates obtained for the same concrete using a conventional core or moulded specimen with a standardized curing.

The accuracy level was taken, in each case, to be the interval containing 90% of the population of relative errors committed when estimating the value of concrete strength with the microcore test. Table No. 5 shows a summary of the results obtained, and Figure No. 5 is a graphic representation, by way of example, of the distribution of the population of relative errors committed in estimating the compressive strength of concrete in a 100 mm Ø core from 25 mm Ø microcores; the concrete tested was the kind used in prestressed girders ($f_{ck} = 400 \text{ Kp/cm}^2$).

The accuracy levels given in Table 5 correspond to a 50 % confidence level (N.C. 50 %).

NIVEL DE RESISTENCIA (f_{ck}) POTENTIAL STRENGTH (f_{ck})	VARIABLES CORRELACIONADAS (28 + 60 días) VARIABLES CORRELATED (28 + 60 days)	ϵ_r (%)	S_{ϵ_r} (%)	LÍMITES DEL INTERVALO QUE CONTIENE EL 90% DE LA POBLACIÓN DE ERRORES RELATIVOS LIMITS OF INTERVAL CONTAINING 90% OF THE POPULATION OF RELATIVE ERRORS
REINFORCED C. H. ARMADO (200 Kp/cm²)	PMCC/Ø 25 (n=89)	+ 1,04	10,50	- 16,18% a + 18,26%
	Ø 100/Ø 25 (n=89)	+ 1,48	12,55	- 19,10% a + 22,06%
	PMCC/Ø 100 (n=30)	+ 0,33	5,38	- 8,5% a + 9,2%
PRESTRESSED C. H. PRETENSADO (400 Kp/cm²)	PMCC/Ø 25 (n=90)	+ 1,70	13,97	- 21,21% a + 24,61%
	Ø 100/Ø 25 (n=90)	+ 1,26	11,78	- 18,05% a + 20,57%
	PMCC/Ø 100 (n=30)	+ 0,58	7,36	- 11,48% a + 12,65%

Table No. 5. Accuracy levels N.C. 50%

Tabla nº 5. Niveles de precisión N.C. 50%

3.2.- CONCRETE FROM COLUMNS IN AN EXISTING STRUCTURE

In this case the maximum aggregate size of the concrete tested was around 12 mm, more in keeping with the kind of concrete most often used in structures.

This research was considered to be particularly interesting, because the measured compressive strength values of these kinds of concrete show a very large scatter, an aspect which may be related to the decision to run information tests on concrete in structures where the quality has been observed to be lower than the specified value.

The most significant statistical parameters found were as we can see on page 19.

Figure 6 shows the individual values for the Ø 25/Ø 100 ratio. The scatter on observed results was so great, however, that a valid correlation could not be obtained (linear, potential, exponential and logarithmic regressions were all studied to no avail).

In any case, the swarm of points found, in addition to the large scatter, confirmed that microcore (25 mm Ø) testing for compressive strength tended to overestimate (in some cases grossly, and therefore beyond the safety limit) concrete compressive strength values in conventional specimens (100 mm Ø).

Los niveles de precisión que se presentan en la Tabla 5 están asociados a un nivel de confianza del 50 % (N.C. 50 %)

3.2. HORMIGONES PROCEDENTES DE PILARES DE UNA ESTRUCTURA REAL

En este caso se trataba de hormigones con tamaño máximo del árido alrededor de 12 mm, que se corresponden en mayor medida con los habitualmente colocados en estructuras de edificación.

Esta investigación se consideró especialmente interesante, ya que se trata de hormigones con fuertes dispersiones en los valores de su resistencia a compresión, aspecto que puede ser paralelo a la decisión de realizar ensayos de información del hormigón en estructuras en las que se ha detectado una baja de calidad del hormigón frente al valor especificado.

Los parámetros estadísticos más significativos encontrados han sido los siguientes:

PARÁMETRO ESTADÍSTICO STATISCAL PARAMETER	PROBETAS TESTIGO / DRILL CORES		RATIO Ø 25/Ø 100
	Ø 100 mm	Ø 25 mm	
n	25	40	39
\bar{x} (Kp/cm ²)	208	220	1,08
s (Kp/cm ²)	62	53	0,34
δ	0,30	0,24	0,31

En la Figura nº6 se han representado los valores individuales de la ratio Ø 25/Ø 100 mm. Por otra parte, no ha sido posible obtener una correlación válida para las variables Ø 25 y Ø 100 mm, debido a la gran dispersión de resultados obtenida (se han estudiado regresiones de tipo lineal, potencial, exponencial y logarítmica, sin éxito).

En cualquier caso, al examinar la nube de puntos obtenida, queda confirmada una tendencia -aparte de los altos valores de dispersión obtenidos- a la sobrevaloración (en algunos casos muy elevada y por tanto del lado contrario de la seguridad) de valores de resistencia a compresión del hormigón en testigos convencionales (Ø 100 mm) a través del ensayo de microtestigos (Ø 25 mm).

RATIO TESTIGOS Ø = 25 mm. / TESTIGOS Ø = 100 MM. BLOQUE "LA PAU, 80".
CORES Ø = 25 mm. / CORES Ø = 100 mm. RATIO. "LA PAU, 80" BUILDING.

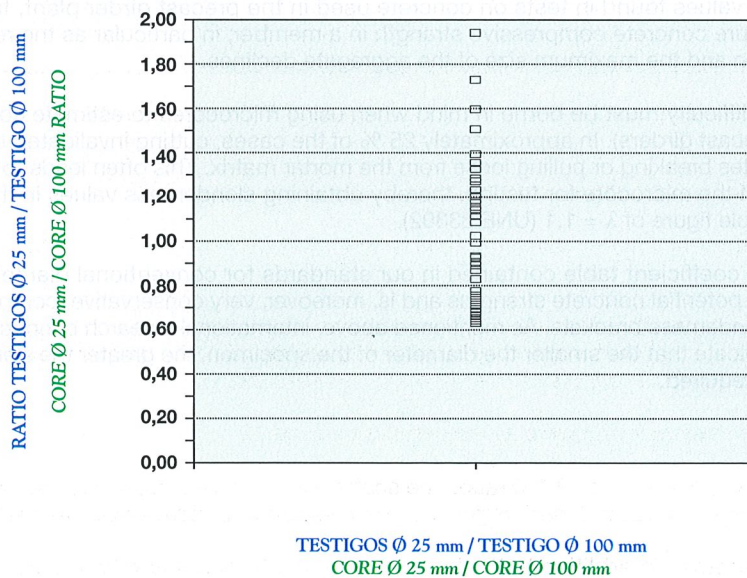


FIG. 6

4. CONCLUSIONS

Given the range of the research undertaken, the following conclusions can be drawn from the results obtained:

1. The range of the research conducted may be considered to be sufficiently broad, since concrete with different potential strengths and maximum aggregate sizes was covered.
2. For the kinds of concrete (for subsequent reinforcing or prestressing) normally used in the precast girder plants, with maximum aggregate size of around 6 mm, the mean values of the ratio of measured compressive strengths from 25 mm \varnothing microcores to strengths derived from moulded specimens with a standardized curing or specimens with a conventional diameter (100 mm \varnothing) are always less than one for the ages tested, i.e., 28 and 60 days. The mean values of these ratios decrease as the potential strength of the concrete increases, thereby confirming that, the higher the potential concrete strength level, the higher the "damage level" inflicted on the microcore during the cutting and notching operations.
3. A review of the ratio values of the concrete strength obtained with conventional cores (100 \varnothing) to that found with moulded specimens with a standardized curing confirmed the importance of the "damage level" caused to the microcore. For the two potential strengths tested in the precast girder plant, mean values of less than one (very close to 0,90 on dry-tested specimens) were observed, and were found to even increase slightly at higher strengths; the scatter on values found was, moreover, very similar and acceptable in both cases.
4. It was confirmed that - even with 6 mm maximum aggregate size - the scatter on results obtained in the microcore test was from 2 to 3 times greater than on those found with moulded specimens with a standardized curing or conventional diameter (100 mm) cores.

Consequently, the accuracy levels with which the microcore compressive tests estimate the value of concrete strength in standardized specimens are fifty per cent lower than those obtained for concrete strength measured with conventional diameter core specimens.

In any case, these findings indicate that - for the kinds of concrete used in precast girders, with the usual maximum aggregate size - the concrete strength values found with microcores taken from the webs of girders may be reasonably assumed to be within safety limits.

5. For concrete where the maximum aggregate size is over 10-12 mm, however, which is the size normally used in concrete supplied on building sites, the estimates of concrete compressive strengths using microcores may fall outside safety limits, an effect which is observed to worsen (larger mean values for the \varnothing 25/ \varnothing 100 ratio) where the scatter on measured concrete strengths is larger, a finding that confirms the results of prior research.

Indeed, in the research conducted on columns of an existing structure with strength values that exhibit a great variability in tests on conventional 100 mm \varnothing cores, the values found for the \varnothing 25/ \varnothing 100 ratio were not less than, but rather, in 54 % of the cases, greater than one; indeed, values of over 1,25 were found in 36 % of the cases.

Moreover, the coefficients of variation for concrete compressive strength findings in tests on microcores were on the order of twice (2 times) the values found in tests on concrete used in the precast girder plant, further proof of how "venturesome" it is to measure concrete compressive strength in a member, in particular as the relationship between the diameter of the specimen and the maximum size of the aggregate declines.

6. Furthermore, an additional difficulty must be borne in mind when using microcores to estimate concrete strength in a structure (as opposed to precast girders). In approximately 25 % of the cases, cutting invalidated these specimens for testing due to large aggregates breaking or pulling loose from the mortar matrix. This often leads to attempts to use the (visually) undamaged part of the microcore for testing, thereby obtaining slenderness values in the test that are very near to the minimum allowable figure of $\lambda = 1,1$ (UNE 83302).

The slenderness correction coefficient table contained in our standards for conventional diameter cores makes no distinction between different potential concrete strengths and is, moreover, very conservative (compared to more recent standards) for the smaller slenderness brackets. As mentioned above, international research conducted to date on small diameter cores seems to indicate that the smaller the diameter of the specimen, the greater the slenderness correction (the smaller the coefficient) required.

4. CONCLUSIONES

El alcance de la investigación realizada, así como los resultados obtenidos, permiten concluir con lo siguiente:

- 1°. La investigación desarrollada puede ser calificada como de suficientemente extensa, habiéndose hecho intervenir hormigones de diferentes niveles resistentes y con diferentes tamaños máximos de árido.
- 2°. Para los hormigones (para armar o pretensar) que se colocan habitualmente en central de prefabricación de viguetas con tamaños máximos de árido alrededor de 6 mm, los valores medios de las ratios de resistencia a compresión entre microtestigos \varnothing 25 mm y probetas moldeadas con -curado normalizado o testigos de diámetros convencionales (\varnothing 100 mm) son siempre inferiores a la unidad para las dos edades investigadas de 28 y 60 días. Los valores medios de esas ratios se hacen menores a medida que se incrementa el nivel de resistencia del hormigón investigado, confirmando que, a mayores niveles resistentes del hormigón, mayor "nivel de daño" se infringe al microtestigo en las operaciones de extracción y tallado.
- 3°. La importancia del aspecto relativo al "nivel de daño" que se causa al microtestigo, queda confirmada al examinar los valores de la ratio entre las resistencias del hormigón obtenidas en probetas testigo convencionales (\varnothing 100) y probetas moldeadas con curado normalizado. Para los dos niveles de resistencia investigados en central de prefabricación de viguetas, se obtienen valores medios inferiores a la unidad (muy cercanos a 0,90 con testigos ensayados en seco) que incluso se incrementan ligeramente con el nivel de resistencia investigado, presentándose, además, dispersiones muy similares y aceptables.
- 4°. Ha quedado confirmado que -incluso con tamaños máximos de árido de 6 mm -la dispersión de resultados obtenidos en el ensayo de microtestigos se sitúa entre 2 y 3 veces la obtenida en ensayos con probetas moldeadas normalizadas o con testigos convencionales (\varnothing 100 mm).

En consecuencia, los niveles de precisión con que el ensayo a compresión de microtestigos estima el valor resistente del hormigón en probeta normalizada son la mitad más bajos que los que se obtienen al realizar esa estimación a través de probetas testigo de diámetros convencionales.

En cualquier caso, de lo que aquí se ha obtenido se desprende que para el caso de hormigones colocados en viguetas prefabricadas- con los tamaños máximos de árido habituales- en estos casos, la estimación de valores resistentes del hormigón a través de microtestigos obtenidos del alma de las viguetas, puede quedar suficientemente del lado de la seguridad.

- 5°. Sin embargo, para los hormigones con tamaños máximos de árido superiores a 10-12 mm, que son los que habitualmente se utilizan para los hormigones suministrados a obras, la estimación de resistencias a compresión a través de microtestigos puede quedar del lado de la inseguridad, agravándose este efecto (por obtenerse valores medios de la ratio \varnothing 25/ \varnothing 100 superiores) a medida que investigamos hormigones con mayores niveles de dispersión, confirmando lo obtenido en investigaciones anteriores.

En efecto, en la investigación practicada sobre pilares de una estructura real con elevada dispersión en los valores resistentes del hormigón al ensayar testigos \varnothing 100 mm convencionales, los valores obtenidos para la ratio \varnothing 25/ \varnothing 100 mm no son inferiores a la unidad, sino que, en un 54 % de los casos se obtuvieron valores superiores a la unidad, y en un 36 % superiores al valor 1,25.

Por otra parte, los valores encontrados para el coeficiente de variación de resultados del ensayo a compresión del hormigón en microtestigos fueron del orden de dos (2) veces los obtenidos al ensayar hormigones de central de prefabricación de viguetas, aspecto que confirma plenamente la "aventura" que supone estimar la resistencia a compresión del hormigón de una estructura a través de microtestigos, a medida que se hace menor la relación entre el diámetro del testigo y el tamaño máximo del árido.

- 6°. Deberá contarse además con una dificultad añadida al examinar la resistencia del hormigón de una estructura (no en viguetas prefabricadas) a través del ensayo en microtestigos. En un 25 % de los casos -aproximadamente- las operaciones de extracción y tallado invalidaron a los mismos para el ensayo al romper áridos gruesos o desvincularlos de la matriz de mortero. Esta circunstancia conlleva que, en muchas ocasiones, se intente aprovechar la parte no dañada (visualmente) del microtestigo para el ensayo, consiguiéndose finalmente esbelteces en el ensayo muy cercanas a la mínima admisible de $\lambda = 1,1$ (UNE 83302).

La tabla de correcciones por esbeltez que se incluye en nuestra normativa está aplicada para testigos de diámetro convencional, no distingue niveles de resistencia del hormigón y por otra parte, es muy conservadora (al compararla con normas más avanzadas) para los tramos de esbelteces más pequeñas. Como ya se mencionó anteriormente, la investigación internacional realizada hasta este momento sobre probetas testigo de pequeño diámetro, apunta a que serían necesarias mayores correcciones por esbeltez (coeficientes menores) a medida que se disminuye el diámetro del testigo.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to gratefully acknowledge the firm support and impetus received from the outset from ADIGSA and PREFABRICADOS PORQUERAS, rendering the assistance and ancillary resources required for this research fully effective.

They also thank the Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) for its constant encouragement for this kind of research, as well as for its unconditional provision of the technical and human resources that are always needed in such cases.

BIBLIOGRAPHY

1. BOWMAN, S.A.W. ; Discussion of paper "Determining Concrete Strength by Using Small-diameter Cores" Magazine of Concrete Research, vol. 32, No. 111 (1980).
2. BS 1881, part 120 ; "Testing Concrete. Method for Determination of the Compressive Strength of Concrete Cores". London (1983).
3. BUNGEY, J.H. ; "Determining Concrete Strength by Using Small-diameter Cores". Magazine of Concrete Research, 31, vol. 107 (1979).
4. DE LA FUENTE, A. ; "Determinación de la resistencia del hormigón en viguetas fabricadas con cemento aluminoso". Materiales de Construcción, vol. 43, No. 229 (1993).
5. HENZEL, H. y FREITAG, W. ; "The determination of the Compressive Strength of Concrete in a Structure with the Aid of Test Cores of Small Diameter". Beton, 19 No. 4 (Abril 1969)
6. INDELICATO, F. ; Indagine sperimentale sull'applicazione del microcarotaggio a calcestruzzi di buona qualità. Instituto Politécnico di Torino (1987).
7. IRANOR. NORMAS UNE 83302-84 y UNE 83304-84.
8. KEILLER, A.P. ; "An investigation of the Effects of Test Procedure and Curing History of the Measured Strength of Concrete". ACI. In situ NDT of Concrete. Ottawa (1984).
9. MALHOTRA, V.M. ; "Contract Strength Requirements. Cores Versus In Situ Evaluation". ACI Journal Proceedings, vol. 74, No.4 (Abril 1977).
10. MUNDAY, J.G.L. y DHIR, R.K. ; "Assessment of in situ concrete quality by core testing". ACI. In Situ NDT of Concrete, Ottawa (1984).
11. NEVILLE, A.M. ; Properties of Concrete. Third Edition (1981)
12. PETERSONS, N. ; Strength of Concrete in Finished Structures. Swedish Cement and Concrete Research Institute (1964).
13. SWAMY, R.N. y AL HAMED, A.H. ; "Evaluation of Small Diameter Core Test to Determine In Situ Strength of Concrete". ACI. In Situ NDT of Concrete. Ottawa (1984).
14. THE CONCRETE SOCIETY ; "Concrete core testing for strength". Technical Report, 11. London (1976).

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo desean mostrar su agradecimiento a ADIGSA y a PREFABRICADOS PORQUERAS por su decidido apoyo e impulso -desde el primer momento- para que las ayudas y medios auxiliares que pudieran necesitarse para esta investigación fueran plenamente efectivas.

También, al Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) por contribuir a fomentar constantemente la ilusión por el desarrollo de este tipo de investigaciones, así como por poner a nuestra disposición, sin ningún tipo de cortapisas, los medios técnicos y humanos que son siempre necesarios en estos casos.

BIBLIOGRAFIA

1. BOWMAN, S.A.W. ; Discussion of paper "Determining Concrete Strength by Using Small-diameter Cores" Magazine of Concrete Research, vol. 32, nº 111 (1980).
2. BS 1881, part 120 ; "Testing Concrete. Method for Determination of the Compressive Strength of Concrete Cores". London (1983).
3. BUNGEY, J.H. ; "Determining Concrete Strength by Using Small-diameter Cores". Magazine of Concrete Research, 31, vol. 107 (1979).
4. DE LA FUENTE, A. ; "Determinación de la resistencia del hormigón en viguetas fabricadas con cemento aluminoso". Materiales de Construcción, vol. 43, nº 229 (1993).
5. HENZEL, H. y FREITAG, W.; "The determination of the Compressive Strength of Concrete in a Structure with the Aid of Test Cores of Small Diameter". Beton, 19 nº 4 (Abril 1969)
6. INDELICATO, F. ; Indagine sperimentale sull'applicazione del microcarotaggio a calcestruzzi di buona qualità. Instituto Politécnico di Torino (1987).
7. IRANOR. NORMAS UNE 83302-84 y UNE 83304-84.
8. KEILLER, A.P. ; "An investigation of the Effects of Test Procedure and Curing History of the Measured Strength of Concrete". ACI. In situ NDT of Concrete. Ottawa (1984).
9. MALHOTRA, V.M. ; "Contract Strength Requirements. Cores Versus In Situ Evaluation". ACI Journal Proceedings, vol. 74, nº 4 (Abril 1977).
10. MUNDAY, J.G.L. y DHIR, R.K. ; "Assessment of in situ concrete quality by core testing". ACI. In Situ NDT of Concrete, Ottawa (1984).
11. NEVILLE, A.M. ; Properties of Concrete. Third Edition (1981)
12. PETERSONS, N. ; Strength of Concrete in Finished Structures. Swedish Cement and Concrete Research Institute (1964).
13. SWAMY, R.N. y AL HAMED, A.H. ; "Evaluation of Small Diameter Core Test to Determine In Situ Strength of Concrete". ACI. In Situ NDT of Concrete. Ottawa (1984).
14. THE CONCRETE SOCIETY ; "Concrete core testing for strength". Technical Report, nº 11. London (1976).

Relación de Personal Titulado

Arquitectos

Jalvo García, Jaime
Luzón Cánovas, José M^a

Ingenieros de Caminos

Acón Robleda, Miguel Angel
Calavera Ruiz, José
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Cuesta Martín, José Ignacio
Díaz Lozano, Justo
Fernández Gómez, Jaime Antonio
González González, Juan José
González Valle, Enrique
Hostalet Alba, Francisco
Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jordán de Urríes de la Riva, Jorge
Ley Urzaiz, Jorge
Penón Molins, Eduardo
Rodríguez Escribano, Raul Rubén
Rodríguez Moragón, Julio
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen
Verges Coll, David

Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo

Ingenieros Industriales

Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bueno Bueno, Jorge
Durán Boldova, José Miguel
Santos Olalla, Francisco
Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Telecomunicación

San José Arribas, José

Licenciados en Ciencias Geológicas

Blanco Zorroza, Alberto
Massana Milá, Joan
Rodríguez Duque, Josu

Licenciados en Ciencias Químicas

Grandes Velasco, Sylvia María
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciada en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Arquitectos Técnicos

Cervera García, Eduardo
Custodio Sánchez, José M^a
Díez García, Francisco Javier
Fuente Rivera, Jesús de la
Miranda Valdés, Javier
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel

Diplomado en Informática

Escudero Leiva, Juan Manuel

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Moraño, Antonio
Sánchez Orgaz, Miguel Angel

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Aranda Cabezas, Lluís
Blanco García, Fernando
Carrero Crespo, Rafael
Esteban García, Juan José
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Mesto, Angel
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Carreras Ruiz, Francisco
García Martín, M^a Mercedes
Molero Vicente, M^a Isabel

Profesores Mercantiles

González Alvarez, Vicente
Sampedro Portas, Arturo

Técnico en Administración de Empresas

González del Olmo, M^a de la Peña de F.

Técnico en Informática

García Rodríguez, Juan Tomás

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

CUADERNOS INTEMAC



CUADERNOS INTEMAC es una publicación trimestral, bilingüe en español e inglés, en forma de monografías que recogen trabajos realizados por los técnicos del Instituto o presentados en los Cursos y Conferencias organizados por el mismo.

Los temas tratados cubren tanto el campo de las Obras Públicas como el de la Edificación y sus Instalaciones.

• Tarifa de suscripción anual 2.800 ptas.

ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno N° 24

“Modelo numérico de simulación dinámica para puentes de ferrocarril sometidos a tráfico de alta velocidad”.

Autores: **Prof. Ramón ALVAREZ.**

Dr. Ing. Industrial.

J. DÍAZ LOZANO.

Ing. de Caminos.

Prof. J. FERNÁNDEZ GÓMEZ.

Dr. Ing. de Caminos.

Julián SANTOS MESA.

Ing. de Caminos.

Francisco SANTOS OLALLA.

Ing. Industrial.

Cuaderno N° 25

“Determinación de la resistencia del hormigón en obra mediante la extracción de microprobetas testigo de hormigón endurecido”.

Autores: **Prof. F. HOSTALET**

ALBA.

Dr. Ingeniero de Caminos.

Lluís ARANDA CABEZAS.

Ing. Técnico en Construcciones Civiles e Hidrología.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno N° 26

“Evaluación de la aplicación del método de los pórticos virtuales al cálculo de la flecha instantánea y diferida en forjados sin vigas”.

Autores: **Prof. J. CALAVERA RUIZ**

Dr. Ing. de Caminos.

Luis GARCÍA DUTARI.

Dr. Ing. de Caminos.

Cuaderno N° 27

“Comprobaciones finales de funcionamiento de instalaciones en la edificación”.

Autores: **Gonzalo MARIN ESTEVEZ.**

Ingeniero I.C.A.I.

Federico VALENCIANO

CARLES.

Ingeniero Industrial

VIDEOS TECNICOS



INTEMAC, dentro de sus actividades en el campo de la formación, ha iniciado la edición de una serie de VIDEOS TECNICOS, analizando distintos campos de la construcción.

SERIE OBRAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

REFERENCIA	TITULO	CONTENIDO	DURACION	PRECIO
N° 8801 (1)	FABRICACION Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGON	Contempla, de forma completa y detallada, el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, medida de consistencia con el cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión.	27 min.	80.000 ptas* IVA INCLUIDO

EN PREPARACION

REFERENCIA	TITULO	REFERENCIA	TITULO
N° 8802 (2)	MUESTREO Y ENSAYO DE ARMADURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO	N° 9002 (6)	EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (II)
N° 8901 (3)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE...	N° 9101 (7)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A ESFUERZO CORTANTE
N° 8902 (4)	PIEZAS DE HORMIGON ARMADO SOMETIDAS A COMPRESION	N° 9102 (8)	PIEZAS DE HORMIGON PRETENSADO SOMETIDAS A FLEXION SIMPLE
N° 9001 (5)	EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON (I)		

* PRECIO para entregas dentro del territorio español

BOLETIN BIBLIOGRAFICO



INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

El BOLETIN BIBLIOGRAFICO incluye:

- Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo.
- Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.
- Secciones de Bibliografía y Cursos.
- Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.
- Tarifa de suscripción anual (6 números) 18.000 ptas.

CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS



EL INSTITUTO tiene un SERVICIO DE DOCUMENTACION, que pone a su disposición y que le puede informar sobre cualquier tema relacionado con la Edificación, Instalaciones, Obra Civil y Urbanismo. Se efectúan CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS sobre cualquiera de los temas indicados anteriormente, de acuerdo con las siguientes tarifas:

Apertura de expediente	2000 ptas.
Cantidad a abonar por referencia	60 ptas.
Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento	25 ptas

Además de la Consulta Bibliográfica correspondiente, el INFORME BIBLIOGRAFICO contiene un breve documento redactado por un especialista en el tema, miembro de INTEMAC, con una serie de recomendaciones sobre la Bibliografía básica, así como los comentarios correspondientes.

Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 15.000 ptas. más la tarifa de la consulta.

ARTICULOS TECNICOS

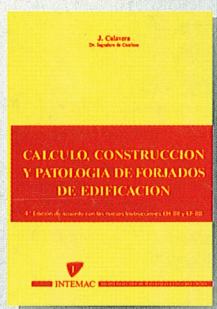


INTEMAC dispone de una amplia serie de trabajos publicados por nuestros técnicos en diferentes revistas. A continuación incluimos la lista de los últimos. Si está Vd. interesado, solicite relación completa de títulos.

- INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD Y LA CUANTÍA DE COSIDO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PIEZAS COMPUESTAS SOLICITADAS A FLEXIÓN
Enrique González Valle; Jaime Gálvez Ruiz; Luis García Dutari; Ramón Álvarez Caval.
- EL HORMIGON DE ALTA RESISTENCIA (HSC): LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN EL CALCULO ESTRUCTURAL. Enrique González Valle.
- LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE INFORMACIÓN EN LAS OBRAS. Adolfo Delibes Liniere.
- INVESTIGACIÓN SOBRE REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DAÑADAS POR CORROSIÓN DE ARMADURAS. Adolfo Delibes Liniere; Jaime Fernández Gómez.
- HORMIGONADO EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS: ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL HORMIGONADO DE UN TABLERO POSTENSADO.
Adolfo Delibes Liniere; Jaime Fernández Gómez; Miguel Ángel Acón Robleña.
- LA INFLUENCIA DEL DIAGRAMA TENSIÓN DEFORMACIÓN EN EL CÁLCULO A FLEXIÓN DE SECCIONES REALIZADAS CON HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA.
Enrique González Valle; José M° Izquierdo; Bernaldo de Quirós.
- EFFECTOS DINÁMICOS EN PUENTES. VARIACION DEL COEFICIENTE DE IMPACTO.
Enrique López del Hierro Fernández; Juan José Benito Muñoz; Javier Gallego Valarde; Ramón Álvarez Cabal.
- CUBIERTAS METÁLICAS DE GRAN LUZ. Mercedes Gómez Álvarez; Justo Díaz Lozano; Ramón Álvarez Cabal.
- LA INSPECCIÓN Y ENSAYO. ORGANIZACIONES DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIOS.
José Calavera Ruiz.

P.V.P. 400 ptas./ ejemplar.

AGOTADO



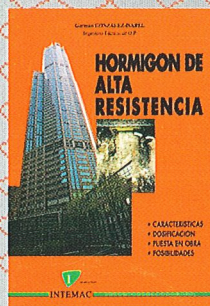
CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PATOLOGÍA DE FORJADOS DE EDIFICACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

4ª Edición (1988)

- 678 páginas
- Encuadernación en guaflex

Precio: 7.900 Pta.

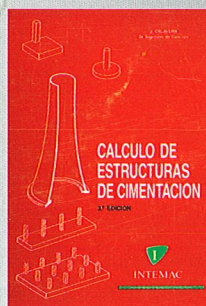


HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA

G. GONZÁLEZ-ISABEL (Ingeniero Técnico de O. P.)

- 316 páginas
- Encuadernación en guaflex

Precio: 6.500 Pta.



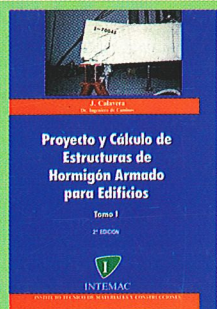
CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

3ª Edición (1991)

- 418 páginas

Precio: 8.000 Pta.

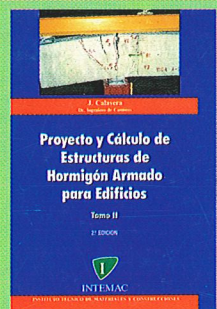


PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO I)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo I - Cálculo de esfuerzos
- 568 páginas
- Encuadernación en guaflex



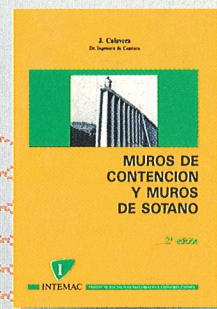
PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIOS (TOMO II)

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1991)

- Tomo II - Dimensionamiento y detalles constructivos
- 871 páginas
- Encuadernación en guaflex

Precio obra completa: 17.500 Pta.



MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1989)

- 307 páginas
- Encuadernación en guaflex

Precio: 7.000 Pta.



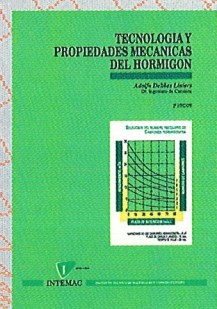
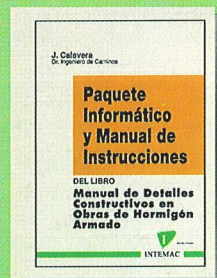
MANUAL DE DETALLES CONSTRUCTIVOS EN OBRAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 506 páginas, tamaño UNE A-4 • 210 detalles constructivos • 210 páginas de comentarios y recomendaciones • Encuadernación en guaflex

Precio: - Libro: 16.000 Pta. - Paquete informático: 30.000 Pta. (Manual de Instrucciones y Disquetes)

El libro y el programa se venden por separado



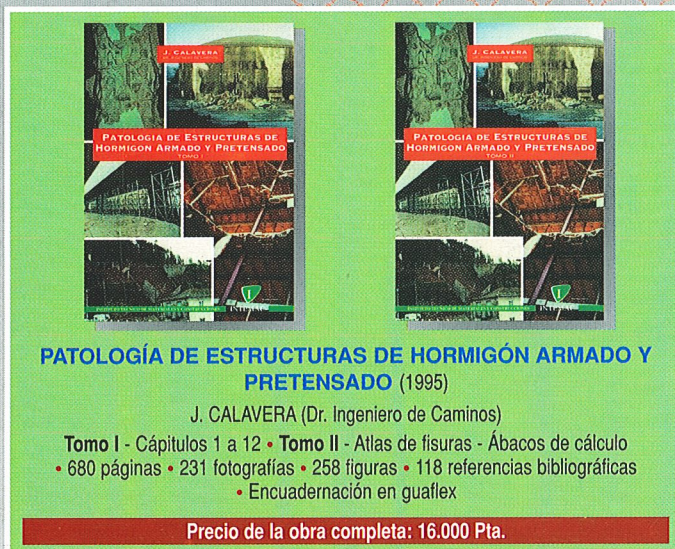
TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

A. DELIBES (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición (1993)

- 396 páginas
- Encuadernación en guaflex

Precio: 7.500 Pta.

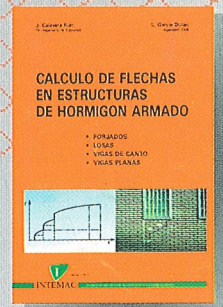


PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Tomo I - Capítulos 1 a 12 • Tomo II - Atlas de fisuras - Ábacos de cálculo
- 680 páginas • 231 fotografías • 258 figuras • 118 referencias bibliográficas
- Encuadernación en guaflex

Precio de la obra completa: 16.000 Pta.



CÁLCULO DE FLECHAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

L. GARCÍA DUTARI (Ingeniero Civil)

• 336 páginas

- 312 tablas de comprobación de Forjados, Losas, Vigas de Canto y Vigas Planas

- Un disquete conteniendo tres programas informáticos de Cálculo de Flechas, para secciones de forma cualquiera

- Encuadernación en guaflex

Precio: 7.400 Pta. (Libro más paquete Informático)



INTEMAC

BARCELONA: Antón Fortuny 14-16. Esc. C. 4º 2º - Tel. (93) 473 85 00 • Fax: (93) 473 79 32 - 08950 Esplugues de Llobregat

MADRID: Monte Esquinza, 30, 4º D - Tel. (91) 310 51 58 • Fax: (91) 308 58 65 - 28010 MADRID

SEVILLA: Héroes de Toledo - Tel. (95) 465 64 11 • Fax: (95) 465 65 04 - 41006 SEVILLA

VALLADOLID: Pirla, Parcela 221, Nave A-6 Polg. de San Cristóbal - Tel. (983) 29 22 44 • Fax: (983) 29 23 78 - 47012 VALLADOLID