

CUADERNOS INTEMAC

**Influencia de la puesta en obra del hormigón en la durabilidad
de las estructuras de hormigón armado y pretensado**

**Influence of the placement of concrete on the durability
of reinforced and prestressed concrete structures**

Manuel Burón Maestro
Dr. Ingeniero de Caminos

Jaime Fernández Gómez
Dr. Ingeniero de Caminos

Pedro López Sánchez
Licenciado en Químicas



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 41

1.º TRIMESTRE '01



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

**INFLUENCIA DE LA PUESTA EN OBRA DEL
HORMIGÓN EN LA DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS
DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO**

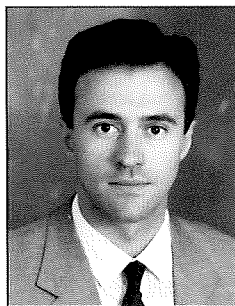
**INFLUENCE OF THE PLACEMENT OF CONCRETE
ON THE DURABILITY OF REINFORCED AND PRESTRESSED
CONCRETE STRUCTURES**



Manuel Burón Maestro

Dr. Ingeniero de Caminos
Director General
de PACADAR

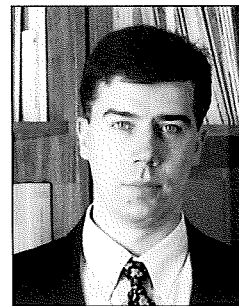
PhD. Civil Engineer
Director of
PACADAR



Jaime Fernández Gómez

Dr. Ingeniero de Caminos
Director del Laboratorio Central
de Intemac

PhD. Civil Engineer
Head of the Intemac
Central Laboratory



Pedro López Sánchez

Licenciado en Ciencias Químicas
Jefe de la Sección de Ensayos Químicos
del Laboratorio Central de Intemac

BSc Chemistry
Head of the Chemical Testing Department,
Intemac Central Laboratory

Copyright © 2001, 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 base de datos o sistema de recuperación, sin el previo permiso escrito del editor.

All rights 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, without the prior written permission of the publisher.

ISSN 1133-9365

Depósito legal: M - 36090 -2001
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

CONTENTS

- 1. RESEARCH SCOPE**
- 2. ACTIVITIES CARRIED OUT**
 - 2.1. EXPLANATION OF DURABILITY PARAMETERS**
 - 2.2. DESCRIPTION OF CONCRETE TYPES**
 - 2.3. EXPERIMENTAL METHOD: SAMPLING, MAKING AND CURING OF SPECIMENS ENCLOSING PLACEMENT DEFECTS**
 - 2.4. TESTS CARRIED OUT**
- 3. RESULTS**
- 4. CONCLUSIONS**
- 5. PRACTICAL RECOMMENDATIONS**
- 6. BIBLIOGRAPHY**

ÍNDICE

- 1. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN**
- 2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**
 - 2.1. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DURABILIDAD**
 - 2.2. VARIABLES EN ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE HORMIGÓN PARA ENSAYO**
 - 2.3. METODOLOGÍA PARA LA FABRICACIÓN DE PROBETAS CON DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA**
 - 2.4. ENSAYOS A REALIZAR**
- 3. RESULTADOS**
- 4. CONCLUSIONES**
- 5. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS**
- 6. BIBLIOGRAFÍA**

ABSTRACT

This Quaterly is based on the doctoral thesis written under an identical title by the first of the authors in the Departamento de Ingeniería Civil: Construcción, of the Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos of the Universidad Politécnica de Madrid, under the supervision of Professor José Calavera Ruiz, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, as holder of the chair of Construction and Prefabrication in said university.

1. RESEARCH SCOPE

The durability of reinforced and/or prestressed concrete structures has been copiously and clearly dealt with in many scientific and technical texts, standards, instructions and recommendations. The knowledge thus built up means that suitable concrete can be specified for the environment surrounding the projected structure under the established durability conditions, either generally as laid down in current standards or on a particular basis. This knowledge is the "starting point" for this research work. We are now in a position to affirm that, applying the corresponding knowledge, the concrete we make in the mixer is as specified in the project and that it complies with the durability parameters required.

This paper establishes experimentally a correlation between the parameters characterising the durability of the concrete when it comes out of the mixer and the value thereof once placed and set.

For the purposes of this work the "placement" of the concrete is defined as the set of processes and circumstances affecting the concrete from the time it is poured into the formwork until, after the striking of the latter, it is transformed into structural concrete. These processes are transport, pouring and vibration, setting, hardening and curing, striking of the formwork. The circumstances are: the characteristics of the formwork and the environment in which the concrete sets, hardens and cures. The placement process that we call "standard" corresponds, for the purposes of this work, to the specifications of the "Standard for the execution and conservation of test specimens" (Standard UNE 83301:1991) (Ref. 54). The real placement process may not coincide in all aspects with the "standard", whereby the concrete actually making up the structure may have defects such as cracks, voids, deterioration, washing out, changes in compactness, alterations in the curing process. This paper involves an experimental study of how these defects alter the parameters characterising the durability of the concrete. A study is made of the influence of cracking and an indirect assessment is also made (evaluating the absence of cracking) of the influence of the initial compression, introduced in the early prestressing stages, on the parameters characterising the concrete's durability. The overall objective of the work is thus to establish experimentally the influence of any defects introduced by the concrete placement process on the durability of reinforced and prestressed concrete structures. This will be done by setting up a comparison between, on the one hand, the parameters characterising concrete durability resulting from the "standard" placement process (test specimens executed and conserved according to standard UNE 83301:1991) and, on the other, the value of these parameters when the same concrete has the above-mentioned defects as a result of the actual placement process.

2. ACTIVITIES CARRIED OUT

In the pursuit of the above objectives the following method was followed:

- Determination of the durability parameters and tests to be conducted for obtaining the value thereof.
- Comparison criteria for relating the durability of concrete with real placement defects to the durability of standard concrete (the same concrete but without placement defects).
- Application of the above criterion to each durability parameter to be able to express the ratio "concrete durability with placement defects – standard concrete durability" in terms of the values of each of said parameters.
- Criterion for consideration of an accumulation of several placement defects.
- Determination of the possible defects produced in the placement process and how to reproduce them in the lab for carrying out the corresponding tests.
- Determination of the types of concrete upon which tests are to be conducted.
- Determination of variations in the water/cement ratio to be studied.

RESUMEN

El texto que ha servido de base para la realización de este Cuaderno es la Tesis Doctoral que con idéntico título ha realizado el primero de los Autores en el Departamento de Ingeniería Civil: Construcción, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, bajo la dirección del profesor D. José Calavera Ruiz, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, en su calidad de Catedrático de Edificación y Prefabricación del mencionado Centro.

1. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

La durabilidad de las estructuras de hormigón armado y/o pretensado es un aspecto del conocimiento científico y técnico suficientemente consolidado y expresado con claridad en múltiples textos, normas, instrucciones y recomendaciones. Este conocimiento permite especificar un hormigón adecuado al ambiente que rodeará a la estructura proyectada bajo las condiciones de durabilidad establecidas, bien del modo intrínseco recogido en la normativa vigente, bien de modo particularizado. Dicho conocimiento es la "Base de partida" de esta investigación. Estamos en condiciones de afirmar que aplicando los conocimientos correspondientes, el hormigón que fabricamos en la amasadora es el especificado en el Proyecto y que cumple con los parámetros de durabilidad exigidos.

La investigación realizada establece, de modo experimental, una correlación entre el valor de los parámetros que caracterizan la durabilidad de un hormigón a la salida de la amasadora y el valor de los mismos después de su puesta en obra.

La puesta en obra del hormigón la definimos como el conjunto de procesos y circunstancias que afectan al material hormigón desde que es vertido en el encofrado hasta que, tras la operación de desencofrado, se transforma en hormigón estructural. Los procesos son: Transporte, Vertido y Vibrado. Fraguado, Endurecimiento y Curado, Desencofrado. Las circunstancias son: Características del encofrado y ambiente en que se produce el Fraguado, Endurecimiento y Curado. El proceso de puesta en obra que denominamos "patrón" se corresponde, a efectos de este trabajo, con el especificado en la "Norma para la ejecución y conservación de las probetas" (Norma UNE 83301:1991) (Ref. 54). El proceso de puesta en obra real puede no coincidir en todos los aspectos con el "patrón", pudiendo dar lugar a que el hormigón, que realmente constituye la estructura, presente defectos tales como fisuras, oquedades, deterioros, deslavados, alteraciones de compacidad, alteraciones en las circunstancias del curado. En este trabajo se estudia, de modo experimental, cómo alteran estos defectos los valores de los parámetros que caracterizan la durabilidad del hormigón. Se presta atención a la influencia de la fisuración y establece de modo indirecto (valorando la ausencia de fisuración) la influencia que una tensión de compresión inicial, introducida en las primeras edades del hormigón como consecuencia de la acción del pretensado, tiene en los parámetros que caracterizan la durabilidad del hormigón. Por todo ello el objetivo de los trabajos es establecer experimentalmente la influencia que los posibles defectos que el proceso de puesta en obra pueda introducir en el hormigón tienen en la durabilidad de las estructuras de hormigón armado y pretensado, comparando para ello los valores de los parámetros que caracterizan la durabilidad del hormigón resultante del proceso de puesta en obra "patrón" (probetas ejecutadas y conservadas según la Norma UNE 83301:1991) con el valor de dichos parámetros en el caso de que el mismo hormigón presente los defectos enumerados anteriormente como consecuencia de la puesta en obra real.

2. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Para alcanzar los objetivos propuestos el método a seguir se ha basado en los siguientes aspectos:

- Determinación de los Parámetros de Durabilidad y de los ensayos a realizar para poder obtener el valor de los mismos.
- Estudio de la influencia de los diferentes valores de Durabilidad para relacionar la Durabilidad del hormigón con los defectos de la Puesta en Obra real, con la Durabilidad del hormigón patrón (el mismo hormigón pero sin defectos de Puesta en Obra).
- Aplicación del criterio anterior a cada Parámetro de Durabilidad para poder expresar la relación "Durabilidad hormigón con defectos de Puesta en Obra-Durabilidad de hormigón patrón" en función de los valores de cada uno de dichos Parámetros.
- Definición de criterios para considerar la influencia de varios de los defectos de Puesta en Obra.
- Determinación de los posibles defectos ocasionados en el proceso de Puesta en Obra y cómo reproducirlos en el laboratorio para poder realizar los ensayos correspondientes.
- Determinación del tipo de hormigones sobre los que realizar los ensayos.

- Comparison of concrete with similar compressive strengths and different durabilities; determination of the durability parameters that differentiate these types of concrete from one another and confirmation that the compressive strength is not a durability factor.
- Consideration of the values of the water penetration test under pressure, corresponding to the parameters of "average penetration" durability and "maximum penetration" durability, as indicators of the absolute value of durability referring to the intercommunicating pore structure, with the object of comparing this specific data with the criterion of sufficiently impermeable concrete as laid down in Spanish instructions.
- Determination of type of test specimen.
- Criteria for analysis and interpretation of test results.
- Analysis and interpretation of test results, comparing the diverse results obtained for each placement defect with the results of the same test conducted on the "standard" concrete and comparing the effect of the same placement defect on different types of "standard" concrete.
- Discussion of the hypotheses made in light of test results.
- Formulation of the thesis based on the conclusions drawn from the discussion of results, expressed in the form of summary and conclusions.

2.1. EXPLANATION OF DURABILITY PARAMETERS

Concrete durability parameters will be derived from the intercommunicating porosity value of a test specimen of said concrete, the amount of water absorbed by a test specimen of said concrete and penetration depth, both average and maximum, of the water inside a test specimen of said concrete when subjected to water under pressure (Ref. 102).

The first parameter indicated above, intercommunicating porosity, corresponds to the result of the test "Determination of volume of permeable pore space (voids), %, included in Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete (ASTM: C 642-97) (Ref. 5). The second parameter is a result of the test "Absorption of water by capillarity" in accordance with RILEM Recommendation CPC-11.2 (Ref. 45). The third and fourth parameters are the average and maximum penetration depth of the water, obtained from the result of the test "Determination of the penetration depth of water under pressure" in accordance with UNE 83309:1990 (Ref. 55).

The durability of any given concrete will be defined by the four parameters indicated in the previous section. Said concrete, when attacked by a specific aggressor agent, will be penetrated by the latter in accordance with a law that could be formulated by a complex expression involving all the different variables intervening in the process. These are generally physical-chemical values of advance and deterioration that translate into a given penetration value. Durability is a temporal concept. It is a matter of finding out how long the structure of reinforced and/or prestressed concrete remains serviceable in conditions of constant safety. Durability has therefore to be expressed as a function of time. The penetration depth of the aggressor agent in the given concrete is thus given as a function of time.

In general the complex ratio "penetration-specific aggressor agent-type of concrete-durability", if set up as a function of time, takes a simple form of the type (Ref. 44, 4, 53, 6, 38) "penetration directly proportional to the square root of time and a factor representative of the specific advance-deterioration process". This formula allows a comparison to be made between, on the one hand, each durability parameter (intercommunicating porosity, amount of water absorbed by capillary action, average and maximum penetration of water under pressure) of the concrete considered to be standard and, on the other, the value of the same parameters in the concrete affected by placement defects over time. In other words the penetration of a given aggressor agent in the standard concrete will be governed by the formula:

$$X = K(P_p)\sqrt{t} \quad (F.1)$$

where:

X = Penetration of the aggressor agent in the standard concrete.

$K(P_p)$ = Coefficient or complex function representing the process of "advance-deterioration" of the aggressor agent in the standard concrete.

t = Time.

Similarly, the following can be affirmed for the test specimens with placement defects:

$$X = K(P_d)\sqrt{t} \quad (F.2)$$

- Determinación de las variaciones en la relación Agua/Cemento a estudiar.
- Comparación de hormigones de resistencia a compresión similar y durabilidad diferente, determinación de los parámetros de durabilidad que diferencian un tipo de estos hormigones del otro y comprobación de que la resistencia a compresión no es un criterio de durabilidad.
- Consideración de los valores del ensayo de penetración del agua bajo presión, correspondientes con los parámetros de durabilidad "penetración media" y "penetración máxima", como indicadores del valor absoluto de la durabilidad referida a la estructura de poros abierta, con objeto de poder comparar estos datos concretos con el criterio de hormigón suficientemente impermeable recogido en las Instrucciones españolas.
- Determinación del tipo de probeta sobre la que se realizarán los ensayos.
- Definición de criterios para el análisis e interpretación de los resultados de los ensayos.
- Análisis e interpretación de los resultados de los ensayos, comparando los diversos resultados obtenidos para cada defecto de Puesta en Obra con los resultados de los mismos ensayos realizados sobre el hormigón "patrón" y comparando cómo afecta un mismo defecto de Puesta en Obra a diversos tipos de hormigón "patrón".
- Discusión de las hipótesis realizadas a la luz de los resultados de los ensayos.
- Formulación de la Tesis de acuerdo con las conclusiones de la discusión realizada, expresada en forma de Resumen de Conclusiones.

2.1. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DURABILIDAD

Como Parámetros de Durabilidad del hormigón utilizaremos el valor de la porosidad abierta de una probeta de dicho hormigón, la cantidad de agua succionada por una probeta del mismo hormigón y la profundidad, tanto media como máxima, del agua en el interior de una probeta del citado hormigón cuando sobre ella actúa el agua sometida a presión (Ref. 102).

El primer parámetro indicado, Porosidad Abierta, se corresponde con el resultado de ensayo "Determination of volume of permeable pore space (voids), %, incluido en Standard Test Method for Density, Absorptions, and voids in Hardened Concrete (ASTM: C 642-97) (Ref. 5). El segundo de los parámetros indicados es resultado de los ensayos "Absorption of water by capillarity" de acuerdo con RILEM Recommendation CPC-11.2 (Ref. 45). Como tercer y cuarto parámetros consideramos la profundidad media y la profundidad máxima alcanzada por el agua, obtenidas como resultado del ensayo "Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión" de acuerdo con UNE 83309:1990 (Ref. 55).

La Durabilidad de un determinado hormigón vendrá definida por el valor de los cuatro parámetros indicados en el apartado anterior. Dicho hormigón al ser atacado por un agente agresor concreto difundirá a través de éste de acuerdo con una ley susceptible de ser formulada mediante una expresión compleja en la que intervendrán las diferentes variables que intervienen en el proceso, generalmente físico-químico, de avance y deterioro que se concreta en un valor determinado de la difusión. La Durabilidad es un concepto temporal. Se trata de conocer cuánto tiempo mantiene la estructura de hormigón armado y/o pretensado, su capacidad de servicio en condiciones de seguridad constantes. En consecuencia la Durabilidad se debe expresar en función del tiempo. Para ello se relaciona la profundidad de penetración del agente agresor concreto en el hormigón determinado, en función del tiempo.

En general la relación compleja "penetración-agente agresor concreto- tipo de hormigón determinado-Durabilidad" si se establece en función del tiempo, se suele simplificar a una forma sencilla del tipo (Ref. 44, 4, 53, 6, 38) "penetración directamente proporcional a la raíz cuadrada del tiempo y a un factor representativo del proceso de avance-deterioro concreto". Dicha expresión permite relacionar cada uno de los valores de los parámetros de Durabilidad (porosidad abierta, cantidad de agua absorbida por succión, penetración media y penetración máxima del agua a presión) del hormigón considerado patrón, con el valor de aquéllos en el hormigón afectado por los defectos del proceso de Puesta en Obra, a través del tiempo. Es decir, se puede establecer que la penetración de un determinado agente agresor en el hormigón patrón se regirá por la expresión:

$$X = K(P_p)\sqrt{t} \quad (F.1)$$

donde:

X = Penetración del agente agresor en el hormigón patrón.

$K(P_p)$ = Coeficiente o función compleja que representa el proceso de "avance-deterioro" del agente agresor en el hormigón patrón.

t = Tiempo.

Análogamente, en las probetas en las que se han reproducido los defectos del proceso de Puesta en Obra, se podrá afirmar que:

$$X = K(P_d)\sqrt{t} \quad (F.2)$$

where:

$X =$ Penetration of the aggressor agent in the concrete (initially equal to the standard concrete) affected by one of the placement defects.

$K(P_d) =$ Coefficient or complex function representing the "advance-deterioration" process of the aggressor agent in the concrete (initially identical to the standard value) affected by one of the placement defects.

$t =$ Time.

In this paper, we are going to establish the durability of the concrete affected by the placement defects as a proportion of the durability of defect-free concrete (standard concrete). It is thus a determination of relative durability as compared with the values that would correspond to standard concrete. This relation is simply and directly obtained from the time variable. The time needed for there to be a given deterioration in the standard concrete, according to the above formulae, is:

$$t_0 = X_0^2 \left[\frac{1}{K(P_p)} \right]^2 \quad (F.3)$$

The time needed for the same deterioration in the concrete with placement defects would be

$$t_1 = X_0^2 \left[\frac{1}{K(P_d)} \right]^2 \quad (F.4)$$

It can therefore be affirmed that the durability of the concrete with placement defects (D_1) is a percentage of the durability of the standard concrete (D_0) determined by:

$$D_1 = D_0 \left[\frac{K(P_p)}{K(P_d)} \right]^2 \quad (F.5)$$

The chosen durability parameters: "intercommunicating porosity, amount of water absorption, average and maximum penetration of water under pressure", measure, in different ways, the concrete's intrinsic porosity. Of the chosen durability parameters "porosity" is a parameter in the strict sense, which is related to time by the above formula forming part of the complex function K (parameters). The other chosen durability parameters "amount of water absorbed", "average penetration" and "maximum penetration" of water under pressure are measures of penetration and as such related to time by the aforementioned formula taking the place of value. Bearing in mind the direct relation that exists between the durability of the concrete and the durability of the concrete covering and considering also the direct relation between the durability of the concrete covering and the durability of the reinforced- or prestressed-concrete structure, it is thus possible to speak of the durability of reinforced- and prestressed concrete structures as a function of the values of the aforementioned durability parameters. We can consequently establish a percentage ratio between the durability of reinforced- and prestressed concrete structures made from the standard concrete and the durability of those structures made from a concrete initially identical to the standard concrete but subsequently subjected to the placement process and hence possibly affected by one of the placement defects.

In light of all the above a relation can be drawn between the result of the chosen durability parameters and the durability of the structure of reinforced- and prestressed concrete, using the formula

$$D_1 = D_0 \left[\frac{P_0}{P_1} \right]^2 \quad (F.6)$$

where:

$D_1 =$ Durability of the structure of reinforced and prestressed concrete made from the concrete (initially identical to the standard) affected by one of the placement defects.

$D_0 =$ Durability of the reinforced and prestressed concrete structure made from the standard concrete.

$P_0 =$ Value of one of the durability parameters in the standard concrete.

donde:

X = Penetración del agente agresor en el hormigón (inicialmente igual al hormigón patrón) afectado por uno de los defectos de Puesta en Obra.

$K(P_d)$ = Coeficiente o función compleja que representa el proceso de "avance-deterioro" del agente agresor en el hormigón (inicialmente igual al patrón) afectado por uno de los defectos de Puesta en Obra.

t = Tiempo.

En este trabajo vamos a establecer la Durabilidad del hormigón afectado por los defectos de Puesta en Obra como una proporción de la que tendría dicho hormigón sin dichos defectos (hormigón patrón). En consecuencia, es una determinación de Durabilidad relativa respecto a la que correspondería al hormigón patrón. Tal relación se obtiene, de un modo directo y sencillo, a través de la variable "tiempo". Para que se produzca un determinado deterioro en el hormigón patrón se necesitará un tiempo que según las expresiones anteriores es:

$$t_0 = X_0^2 \left[\frac{1}{K(P_p)} \right]^2 \quad (F.3)$$

Para que se produzca el mismo deterioro en el hormigón con defectos de Puesta en Obra se necesitará otro tiempo igual a

$$t_1 = X_0^2 \left[\frac{1}{K(P_d)} \right]^2 \quad (F.4)$$

En consecuencia, se puede afirmar que la Durabilidad del hormigón con defectos de Puesta en Obra (D_1) es un porcentaje de la Durabilidad del hormigón patrón (D_0) determinado por;

$$D_1 = D_0 \left[\frac{K(P_p)}{K(P_d)} \right]^2 \quad (F.5)$$

Los parámetros de durabilidad elegidos: "porosidad abierta, cantidad de agua succionada, penetración media y penetración máxima de agua a presión", miden, de diversas maneras, la porosidad esencial del hormigón. De los parámetros de durabilidad elegidos, "la porosidad" es un parámetro propiamente dicho que se relaciona con el tiempo a través de la expresión anterior formando parte de la función compleja K (parámetros). Los demás parámetros de durabilidad elegidos, "cantidad de agua succionada", "penetración media" y "penetración máxima" de agua a presión son medidas de penetración y, por tanto, se relacionan con el tiempo a través de la citada expresión tomando el lugar del valor (X). Teniendo en cuenta que existe una relación directa Durabilidad del hormigón-Durabilidad del recubrimiento del hormigón y considerando que también es directa la relación Durabilidad del recubrimiento de hormigón-Durabilidad de la estructura de hormigón armado y pretensado, se puede hablar de Durabilidad de las estructuras de hormigón armado y pretensado en función de los valores de los Parámetros de Durabilidad expuestos y, consecuentemente, podemos establecer una relación, en términos de tanto por uno, o tanto por ciento, entre la Durabilidad de las estructuras de hormigón armado y pretensado construidas con el hormigón patrón y la Durabilidad de aquellas otras construidas con un hormigón inicialmente igual al patrón pero que ha sufrido un proceso de Puesta en Obra real, y puede estar afectado por alguno de los defectos de Puesta en Obra.

Por todo lo anteriormente expuesto, es relacionable el resultado de los Parámetros de Durabilidad elegidos, con la Durabilidad de la estructura de hormigón armado y pretensado, utilizando la expresión

$$D_1 = D_0 \left[\frac{P_0}{P_1} \right]^2 \quad (F.6)$$

donde:

D_1 = Durabilidad de la estructura de hormigón armado y pretensado construida con el hormigón (inicialmente igual al patrón) afectado por uno de los defectos de Puesta en Obra.

D_0 = Durabilidad de la estructura de hormigón armado y pretensado construida con el hormigón patrón.

P_0 = Valor de uno de los Parámetros de Durabilidad en el hormigón patrón.

P_1 = Value of the same durability parameter in the concrete (initially identical to the standard concrete) affected by one of the placement defects.

It therefore follows that if we know the variation in the value of any durability parameter for each placement defect separately, we can then find out the value of said parameter by addition of the variations. We can then use this value as value P_1 in formula (F.6) to establish the influence of the set of defects. The first consideration to be made here is the recognition that we are dealing with a matter of great heterogeneity, in the sense that the final measurable test result depends on a great number of variables. Although these variables are held steady in terms of dosage and conditions, they come together by a random process to form a different albeit similar concrete in each test specimen. This means that the durability parameters of a given concrete are grouped into a band of results rather than presenting a single result.

The most direct type of penetration, such as water under pressure, is the most representative of the whole intercommunicating pore network and is accurately measured by the values of the parameters "average penetration depth" and "maximum penetration depth" of water under pressure. These parameters therefore measure adequately the total development possibilities of transport mechanisms in terms of penetration paths of aggressor agents in the concrete through the intercommunicating pore network. The value of these tests, especially by comparison of any concrete with another, clearly establishes the scale of the intercommunicating pore network in the concrete for the development of transport mechanisms. Obviously these two parameters are not representative in the case of attack involving only capillary suction and would therefore not give a good idea of the problem if considered in isolation. They are however the best parameters when considering the possibility of an attack that might penetrate through the whole intercommunicating pore structure, and also give a complete picture of the intercommunicating pore structure in terms of its penetrability. In sum, intercommunicating "porosity" measures the structure of intercommunicating pores, the "suction" of water measures how much of the intercommunicating pore structure is penetrable by capillary suction, the "average penetration depth" and "maximum penetration depth" of water under pressure measures the total penetrability offered by the intercommunicating pore structure. We will use the value of these last two parameters as an absolute value of concrete permeability, considering concrete to be sufficiently impermeable when these two parameters give values that, simultaneously, comply with the limitations laid down in the Spanish instructions: average depth ≤ 30 mm and maximum depth ≤ 50 mm.

In undertaking the study of "The influence of the placement of concrete on the durability of structures of reinforced and prestressed concrete" we are referring to a type of construction generally using concrete with a characteristic compressive strength varying from 15 Mpa to 55 Mpa and, generally, with a soft or slightly fluid consistency and a slump of between 6 and 12 cm (according to UNE 83313:1990).

The Spanish instruction EHE lays down the minimum characteristic compressive strength for structural concrete as 25 Mpa. Given the great importance of the cement content in durability, it should be borne in mind that, according to Spanish instructions, the minimum cement content in reinforced-concrete structures is 250 Kg/m³.

2.2. DESCRIPTION OF CONCRETE TYPES

DEFINITION OF CONCRETE				STUDIED PARAMETERS						
Designation	Content / Cement type	Relation W/C	f_{ek} (MPa)	Vibration (%)	Curing	Texture on surface	Cracking		Cavities	
							Anchor (mm)	Depth (mm)	Diameter (mm)	Depth (mm)
TYPE I	450 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,35	> 45	100 66 33	Standard Damp cloth Laboratory conditions	Standard Aggregate on surface	0,1 0,1 0,3 0,3	10 20 10 20	10 20	10 10
TYPE I	450 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,48	-	100 66 33	-	-	-	-	-	-
TYPE II	250 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,64	> 25	100 66 33	Standard Damp cloth Laboratory conditions	Standard Aggregate on surface	0,1 0,1 0,3 0,3	10 20 10 20	10 20	10 10
TYPE II	250 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,50	-	100 66 33	-	-	-	-	-	-
TYPE III-1	210 kg/m ³ CEM II/A-P 42,5	0,82	> 17,5	100 66 33	Standard Damp cloth Laboratory conditions	Standard Aggregate on surface	-	-	-	-
TYPE III-2	180 kg/m ³ CEM II/A-P 42,5	0,88	< 17,5	-	-	-	0,1 0,1 0,3 0,3	10 20 10 20	-	-

P_j = Valor del mismo Parámetro de Durabilidad en el hormigón (inicialmente igual al patrón) afectado por uno de los defectos de Puesta en Obra.

En consecuencia, si se conoce la variación del valor de algún Parámetro de Durabilidad para cada uno de los defectos de Puesta en Obra por separado, se puede, por adición de las variaciones, conocer el valor de dicho Parámetro y con ese valor, como valor P_j , se puede entrar en la expresión (F.6) para establecer la influencia del conjunto de defectos. La primera consideración a realizar es reconocer la gran heterogeneidad del asunto en estudio, en el sentido de que el resultado finalmente medible en el ensayo es el resultado de un gran número de variables, que, aunque se mantengan fijas en términos de dosificación y condiciones, se unen entre sí mediante un proceso aleatorio para formar un hormigón distinto en cada probeta, si bien con un cierto parecido. Esto quiere decir que los parámetros de Durabilidad de un hormigón se agruparán en una banda de resultados más que en un resultado único.

El tipo de penetración más directa, como es la del agua sometida a presión, es el más representativo del conjunto de la red de poros abierta y queda bien valorado con los valores de los parámetros "Profundidad media" y "Profundidad máxima" de penetración del agua bajo presión. En este sentido estos parámetros miden adecuadamente las posibilidades totales de desarrollo de mecanismos de transporte en cuanto a caminos de penetración de los agentes agresores en el hormigón a través de la red abierta de poros. El valor de estos ensayos establece con claridad, sobre todo en las comparaciones de un hormigón con otro, cuanta red de poros abierta existe en el hormigón dispuesta a que, a través de ella, se desarrollen mecanismos de transporte. Evidentemente frente a un ataque en el que únicamente se produzcan fenómenos de tipo succión capilar, estos dos parámetros no son representativos, y, en este caso, su sola consideración tampoco daría una idea exacta del problema. No obstante, son los parámetros más adecuados si se considera la posibilidad de un ataque que pueda penetrar a través de todo el conjunto de la estructura de poros abierta y también son aquellos que aportan una información completa de la estructura de poros abierta en cuanto a su penetrabilidad se refiere. En resumen, la "porosidad" abierta mide la estructura de poros abierta, la "succión" de agua mide la parte de la estructura de poros abierta que es penetrable bajo fenómenos de tipo succión capilar, la "profundidad media" y la "profundidad máxima" de penetración de agua bajo presión miden la penetrabilidad total que ofrece la estructura abierta de poros. Como valor absoluto de impermeabilidad del hormigón utilizaremos el valor de estos dos últimos parámetros, considerando que el hormigón es suficientemente impermeable cuando estos dos parámetros dan valores que, simultáneamente, cumplen las limitaciones indicadas en las Instrucciones españolas EH-91 y EHE: Profundidad media ≤ 30 mm y Profundidad máxima ≤ 50 mm.

Al tratar de estudiar "La influencia de la Puesta en Obra del Hormigón en la Durabilidad de las Estructuras de hormigón armado y Pretensado" nos referimos a un tipo de construcción en la que generalmente se utiliza un hormigón de resistencia característica a compresión variable entre 15 Mpa y 55 Mpa y con una consistencia, generalmente, blanda o ligeramente fluida con asientos medidos con el cono de Abrams comprendidos entre 6 y 12 cm (según UNE 83313:1990).

De acuerdo con la Instrucción española EHE, la resistencia característica a compresión mínima para el hormigón estructural es de 25 Mpa. Dada la gran importancia que el contenido de cemento tiene en la Durabilidad, conviene tener presente que, según la Instrucción EHE, la cantidad mínima de cemento en estructuras de hormigón armado es de 250 Kg/m³.

2.2. VARIABLES EN ESTUDIO Y DEFINICIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE HORMIGÓN PARA ENSAYO

CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN				VARIABLES EN ESTUDIO						
Designación	Contenido / Tipo de cemento	Relación a/c	f_{ck} (MPa)	Compactación (%)	Curado	Textura superficial	Fisuración		Oquedades	
							Anchura (mm)	Profundidad (mm)	Diámetro (mm)	Profundidad (mm)
TIPO I	450 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,35	> 45	100 66 33	Estándar Arpillera húmeda Ambiente de laboratorio	Estándar Árido visto	0,1 0,1 0,3 0,3	10 20 10 20	10 10 20 10	
TIPO I	450 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,48	-	100 66 33	-	-	-	-	-	-
TIPO II	250 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,64	> 25	100 66 33	Estándar Arpillera húmeda Ambiente de laboratorio	Estándar Árido visto	0,1 0,1 0,3 0,3	10 20 10 20	10 20 10 10	
TIPO II	250 kg/m ³ CEM I 52,5 R	0,50	-	100 66 33	-	-	-	-	-	-
TIPO III-1	210 kg/m ³ CEM II/A-P 42,5	0,82	> 17,5	100 66 33	Estándar Arpillera húmeda Ambiente de laboratorio	Estándar Árido visto	-	-	-	-
TIPO III-2	180 kg/m ³ CEM II/A-P 42,5	0,88	< 17,5	-	-	-	0,1 0,1 0,3 0,3	10 20 10 20	-	-

2.3. EXPERIMENTAL METHOD: SAMPLING, MAKING AND CURING OF SPECIMENS ENCLOSING PLACEMENT DEFECTS

All the tests can be conducted on the test specimen normally used for determining the compressive strength of concrete. A cylindrical test specimen with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm is used.

The placement defects are reproduced on said test specimens as indicated below.

- Vibration defects occur when the concrete is compacted by the rod vibration system, reducing the number of blows, for each of the 3 mould beds of test specimen, to 16, and to 8 when the aim is to reproduce insufficient vibration equivalent to 66% and 33%, respectively, of the vibration corresponding to the standard concrete. When compaction is effected with an electric needle vibrator, the vibration time of each of the 3 mould beds is 10 seconds or 5 seconds, to reproduce, respectively, an incomplete vibration of 66% or 33%.
- Cases of insufficient curing are reproduced, for situation I which we call intermediate, by keeping the test specimens covered by humid sacking for the first 5 days, and keeping them for the first 28 days at a temperature of between 17° C and 23° C in the laboratory at a relative humidity of between 60% and 70%. To reproduce situation II, which we have called "natural", the test specimens were kept for 28 days inside the lab at temperatures of between 17° C and 23° C and a relative humidity of between 60% and 70%.
- To reproduce the loss of grout effect, the face of the test specimen to be subjected to water absorption and penetration tests (circular face with a diameter of 150 mm) is mechanically treated to produce a planing of the test-specimen surface before the concrete is completely set, to eliminate the grout and leave the fine aggregate exposed (see photographs at the end of the chapter). The thickness thus removed is about 2 mm.
- Voids are reproduced by means of metal tapered cone moulds, placed at the bottom of the test-specimen mould to reproduce the desired voids (see photographs at the end of the chapter).
- Cracks are reproduced on the same test-specimen face as in the case of the voids, by fixing to be bottom of the mould a metal gauge of an equal thickness to the crack aperture, a length equal to the crack length and a height equal to the depth of the crack we wished to reproduce (see photographs at the central pages of the quarterly).

2.4. TESTS CARRIED OUT

Tests carried out are the following:

- Compression breaking test of 2 standard test specimens (without defects) to obtain the compressive strength of the concrete to be tested, with a minimum age of 28 days.
- Capillary suction test on the unmoulded face, on 2 standard test specimens, and on 2 test specimens for each of the defects under study.
- Permeability test (penetration of water under pressure) conducted on the moulded face, on 2 standard test specimens, and on 2 test specimens for each of the defects under study (see photographs at the end of the chapter).

The capillary suction tests are begun when the concrete is 28 days old and the permeability tests at an age of 35 days.

Brazilian test of all test specimens subjected to the permeability test, to establish the penetration face.

The permeability test is carried out on the same test specimens as used for the capillary suction test, except in the case of the "grout-free" test specimens, which involve different test specimens.

Each mixing batch, therefore, consists of the following number of test specimens:

- 2 test specimens for determining the concrete's compressive strength
- 2 test specimens for determining the parameters of durability (intercommunicating porosity, amount of water absorbed, average and maximum penetration depth of water under pressure).
- 2 test specimens for each of the defects under study to determine the value of the parameters of durability in the concrete with said defect. The maximum number of defects to be studied per batch is 5, adding up to a total of 12 test specimens to be tested simultaneously, under homogenous conditions, for penetration of water under pressure.

3. RESULTS

Test results have been resumed in the photographs and figures showed below.

2.3. METODOLOGÍA PARA LA FABRICACIÓN DE PROBETAS CON DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA

Todos los ensayos se han realizado sobre la probeta habitualmente utilizada para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón (de geometría cilíndrica de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura).

Los defectos de Puesta en Obra se reproducen sobre dichas probetas como se indica a continuación.

- Los defectos de vibrado se reproducen durante la compactación del hormigón, modificando el sistema de picado con barra, reduciendo el número golpes por cada una de las 3 tongadas en que se llena el molde de la probeta, a 16 golpes y a 8 golpes según se pretenda reproducir un vibrado insuficiente equivalente al 66% y el 33%, respectivamente, del vibrado correspondiente al hormigón patrón. Cuando se compacta con vibrador eléctrico de aguja el tiempo de vibración en cada una de las 3 tongadas ha sido de 10 segundos o de 5 segundos según se trate de reproducir un vibrado incompleto al 66% o al 33% respectivamente.
- Los curados insuficientes a estudiar se reproducen, para la situación I, que denominamos intermedia, manteniendo las probetas protegidas por arpilleras húmedas durante los primeros 5 días, y conservándolas hasta la edad de 28 días en cámara húmeda a una temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$ y humedad relativa superior al 95%. Para reproducir la situación II, que denominamos "natural", se mantuvieron las probetas durante 28 días a partir de su desmoldeo en el ambiente interior del laboratorio en el que la temperatura está comprendida entre 17°C y 23°C y la humedad relativa entre el 60% y el 70%.
- Para reproducir el efecto de la pérdida de lechada se efectuó un tratamiento en la superficie de la probeta sobre la que se realizan los ensayos de succión y penetración de agua (cara circular de diámetro 150 mm) mediante medios mecánicos que producen un cepillado de la superficie de la probeta, antes del total endurecimiento del hormigón, hasta eliminar la lechada y dejar descubierto el árido fino (véase documentación fotográfica al final del apartado). El espesor eliminado ha sido del orden de 2 mm.
- Para la reproducción de oquedades se fijaron unos moldes metálicos troncocónicos a la base del molde de la probeta que generaron las oquedades deseadas (véase documentación fotográfica al final del apartado).
- La existencia de fisuras se reproduce sobre la misma cara de la probeta que en el caso de las oquedades, mediante la fijación al fondo del molde de una galga metálica de espesor igual a la abertura de la fisura, de longitud igual a la longitud de fisura y de altura igual a la profundidad de fisura que queremos reproducir (véase documentación fotográfica en las páginas centrales del Cuaderno).

2.4. ENSAYOS A REALIZAR

- Ensayo de rotura a compresión de 2 probetas patrón (sin defectos) para obtener la resistencia a compresión del hormigón que se ensaya, como mínimo a la edad de 28 días.
- Ensayo de succión capilar realizado en la cara no enmoldada, sobre 2 probetas patrón, y sobre 2 probetas por cada uno de los defectos en estudio.
- Ensayo de permeabilidad (penetración de agua a presión) realizado en la cara enmoldada, sobre 2 probetas patrón, y sobre 2 probetas por cada uno de los defectos en estudio (véase documentación fotográfica al final del apartado).

Los ensayos de succión capilar se inician a los 28 días de edad y los ensayos de permeabilidad a los 35 días.

Ensayo brasileño de todas las probetas en las que ha sido efectuado el ensayo de permeabilidad, con objeto de establecer el frente de penetración.

El ensayo de permeabilidad se realiza sobre las mismas probetas sobre las que se ha realizado el ensayo de succión capilar, salvo en el caso de probetas "sin lechada", que se realiza en probetas diferentes.

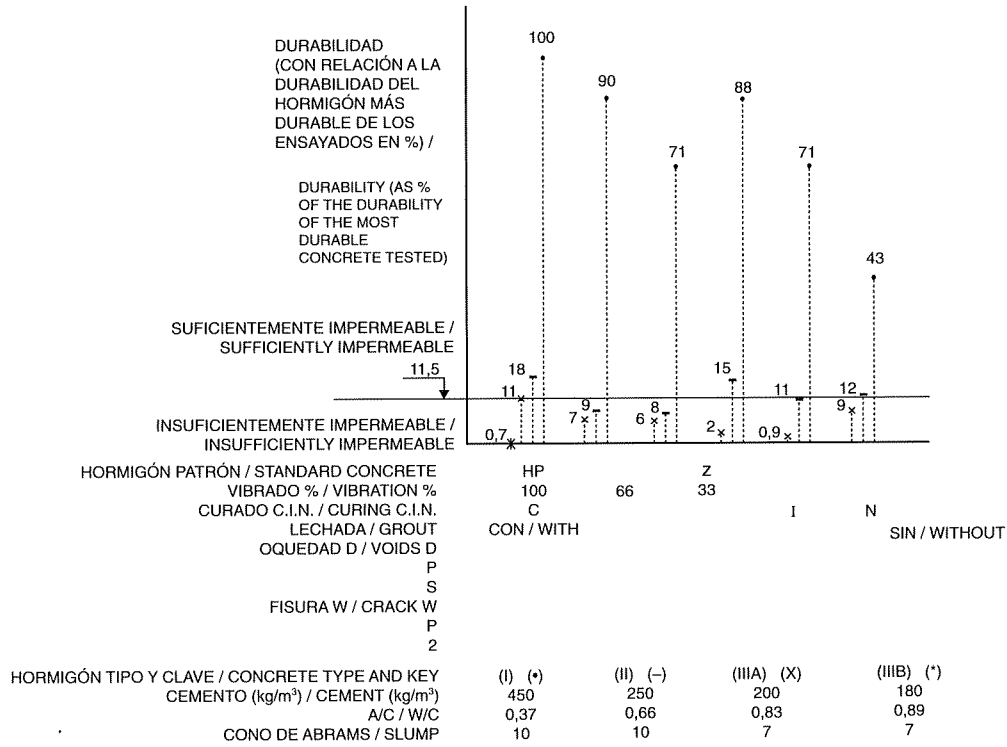
Por tanto, cada amasada consta del siguiente número de probetas:

- 2 probetas para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón
- 2 probetas para la determinación de los Parámetros de Durabilidad (Porosidad abierta, Cantidad de agua succionada, Profundidad media y Profundidad máxima de penetración de agua bajo presión.
- 2 probetas para cada uno de los defectos que se quiera ensayar para determinar el valor de los Parámetros de Durabilidad en el hormigón con dicho defecto. El número máximo de defecto a ensayar por amasada será de 5, para totalizar el número de 12 probetas a ensayar simultáneamente, en condiciones homogéneas, a penetración de agua bajo presión.

3. RESULTADOS

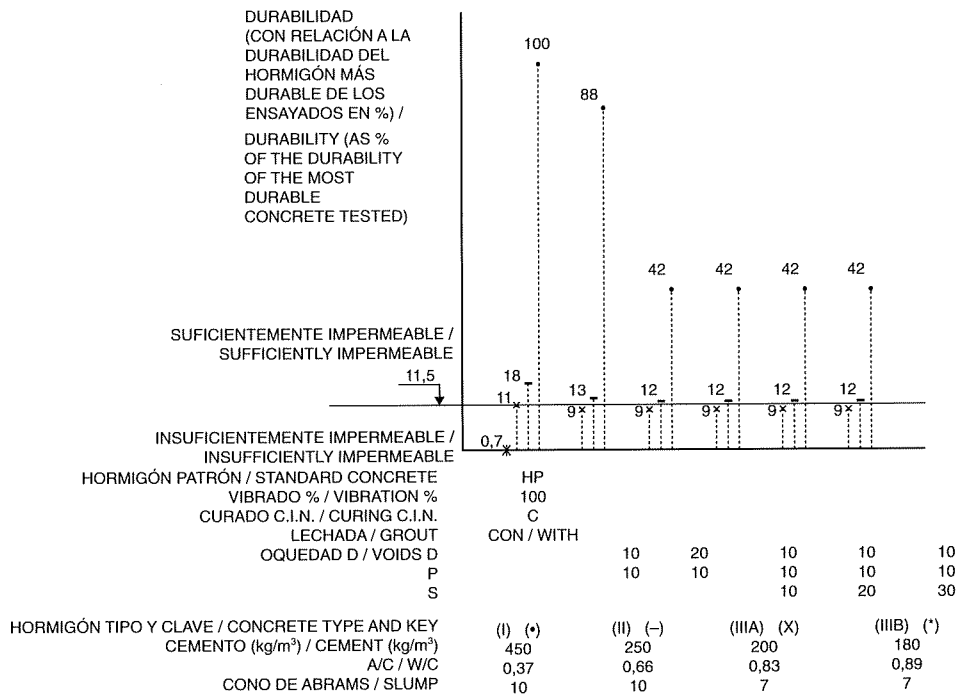
Los resultados obtenidos se presentan de forma resumida en las fotografías y figuras expuestas a continuación:

**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**



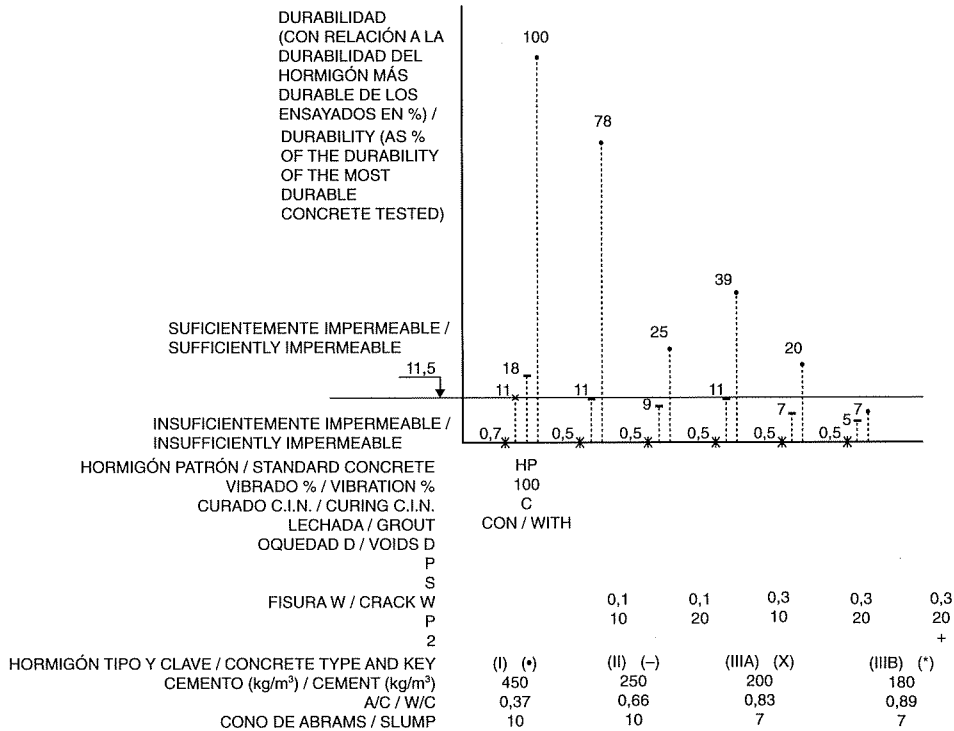
**Figura Resumen 1.
Summary Figure 1.**

**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**



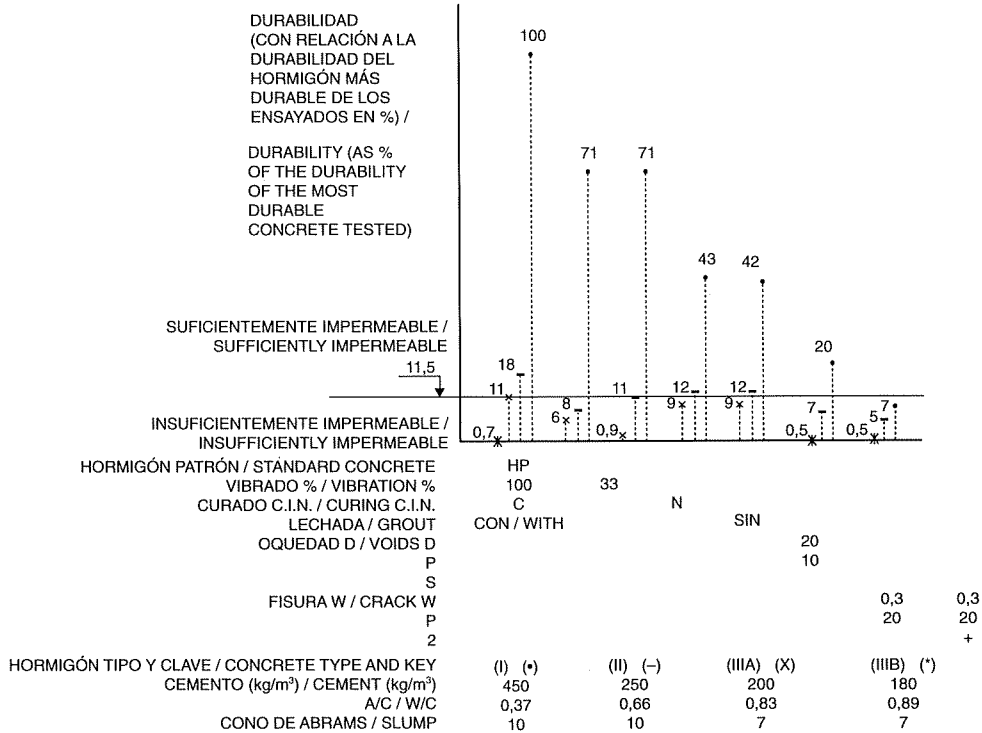
**Figura Resumen 2.
Summary Figure 2.**

**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**

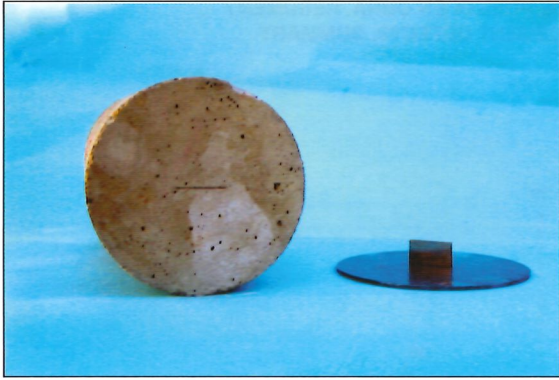


**Figura Resumen 3.
Summary Figure 3.**

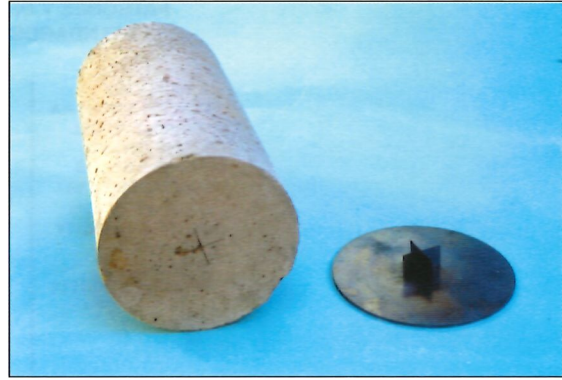
**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**



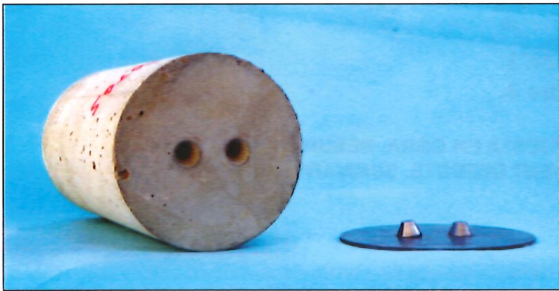
**Figura Resumen 4.
Summary Figure 4.**



Enmoldado de probetas con fisuras.
Moulding for cracking specimens.



Enmoldado de probetas con fisuras cruzadas.
Moulding for double cracking specimens.



Enmoldado de probetas con oquedades.
Moulding for specimens with double cavities.



Ensayo de permeabilidad.
Permeability test measurements.



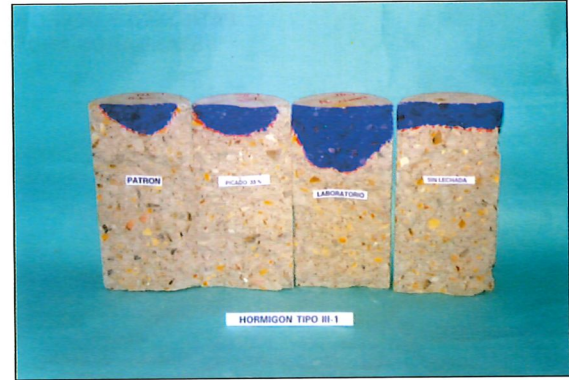
Superficie de acabado estándar.
Standard finishing surface.



Superficie de acabado sin lechada.
Finishing surface without cement paste layer.



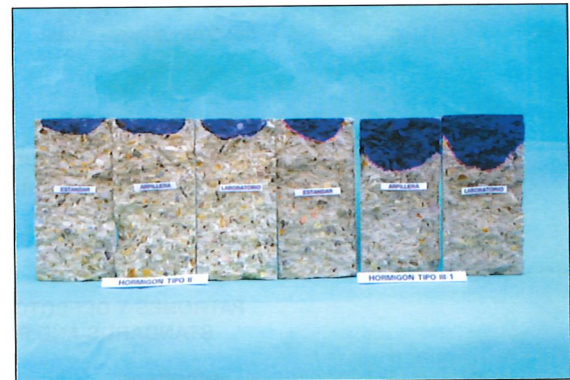
**Permeabilidad en hormigones patrón
(sin defectos).**
Permeability test on standard concrete
(without defects).



**Permeabilidad en hormigón tipo III
con defectos de puesta en obra.**
Permeability test on type III concrete
with placements defects.



Permeabilidad en hormigones con fisuras.
Permeability test on cracked concrete.



**Permeabilidad en hormigones tipo II y III-1
con defectos de curado.**
Permeability test on type I and type III concrete
involving curing defects.

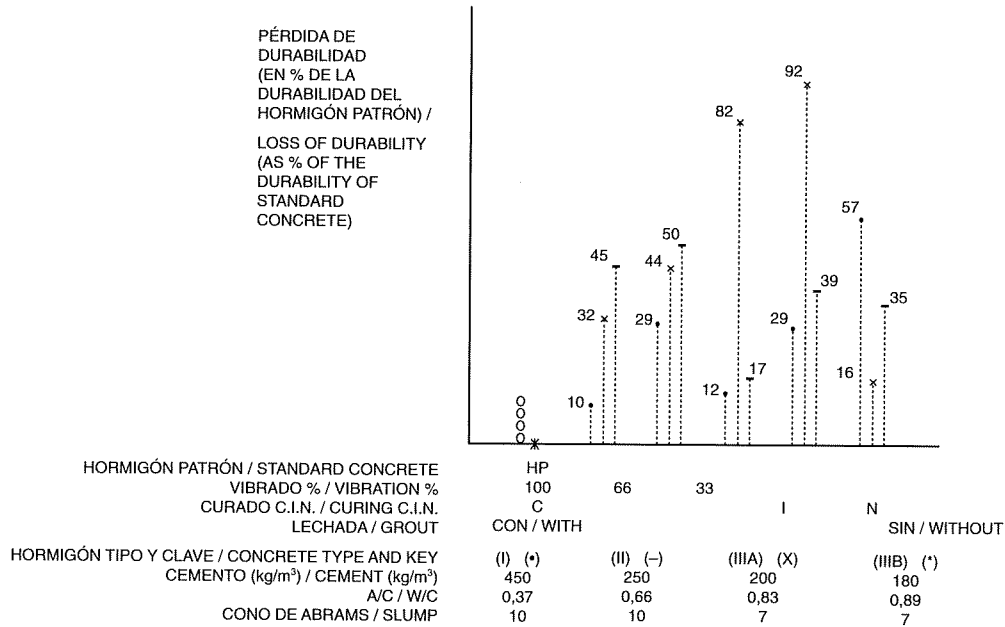


Permeabilidad en hormigón tipo I con fisuras.
Permeability test on type I cracked concrete.



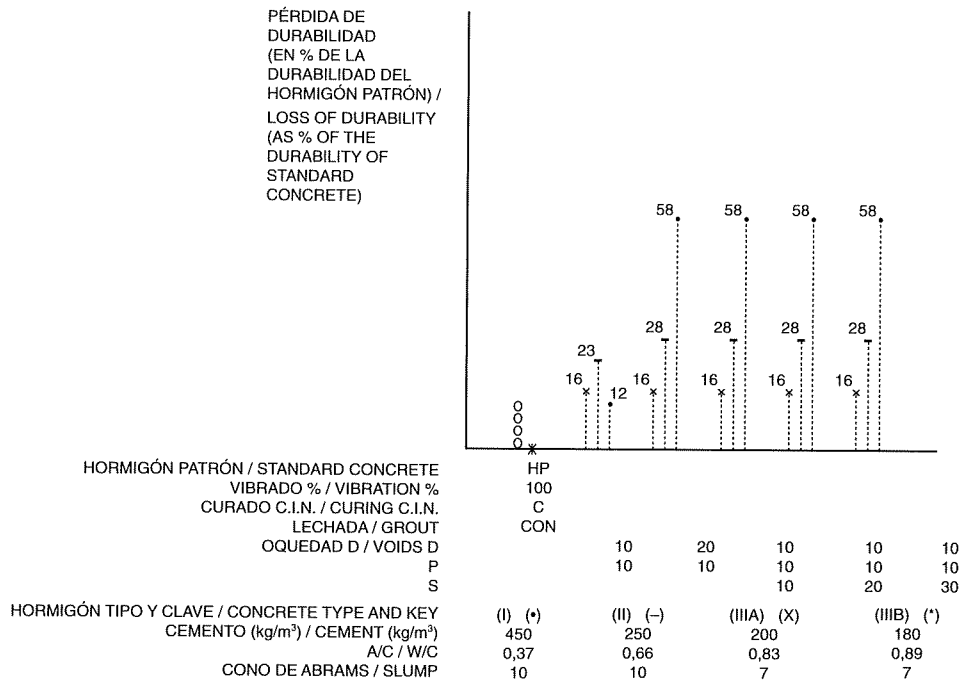
**Permeabilidad en hormigones sin lechada
(respecto al patrón).**
Permeability test on concrete without cement paste
layer (related to standard concretes).

**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**



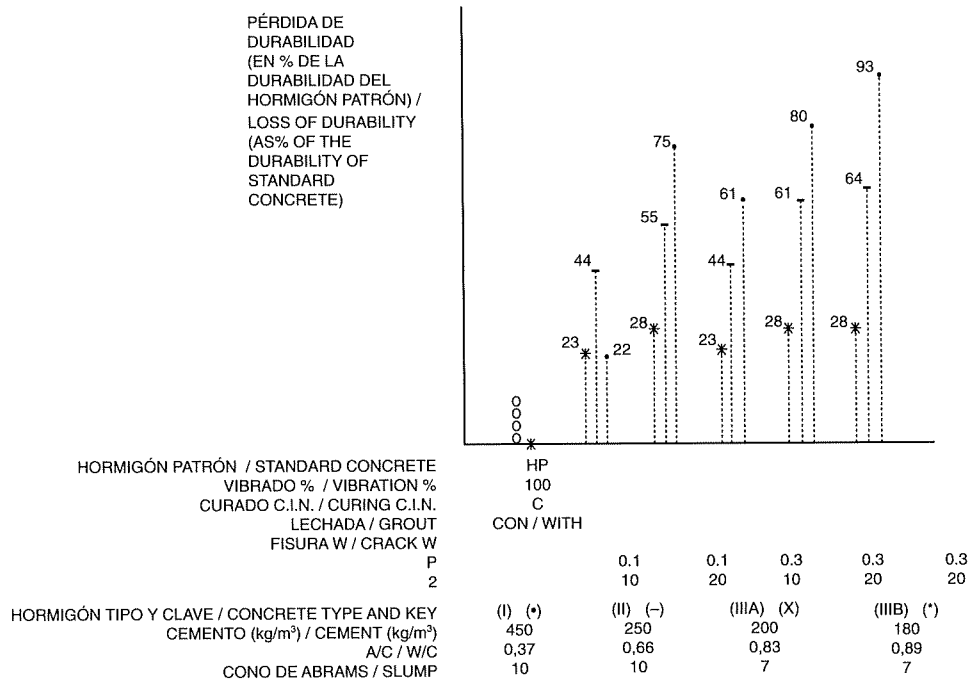
**Figura Resumen 5.
Summary Figure 5.**

**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**



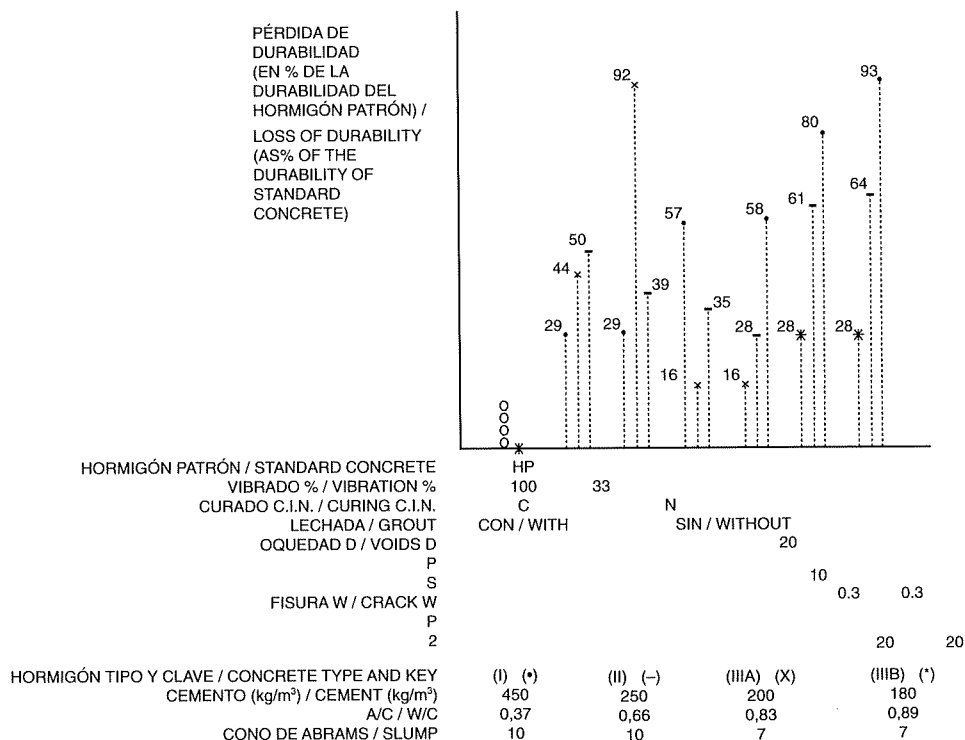
**Figura Resumen 6.
Summary Figure 6.**

**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**



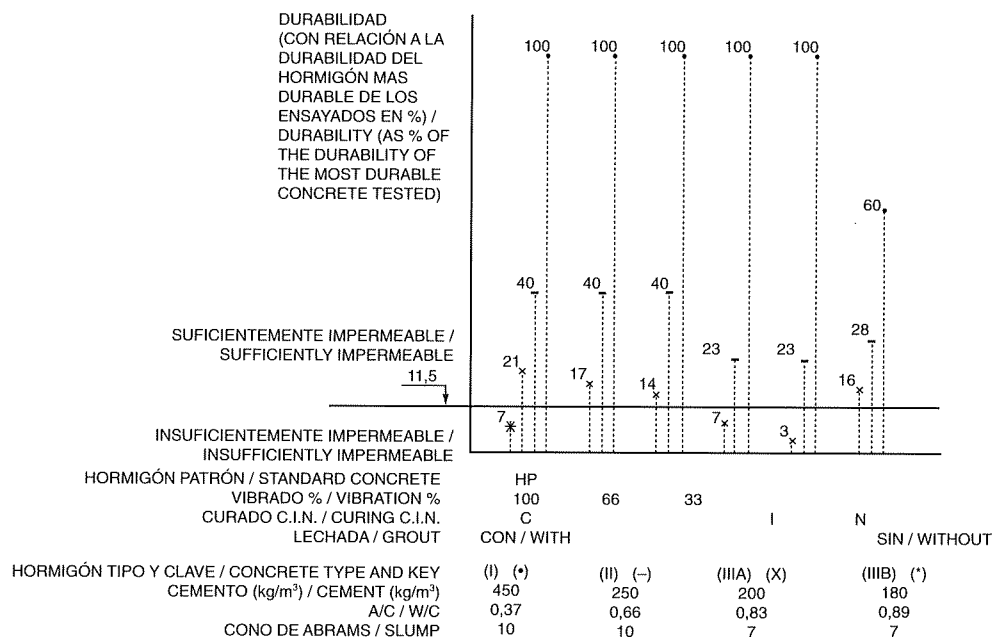
**Figura Resumen 7
Summary Figure 7.**

**PATRONES Y DEFECTOS DE PUESTA EN OBRA. RESUMEN /
STANDARDS AND PLACEMENT DEFECTS. SUMMARY**



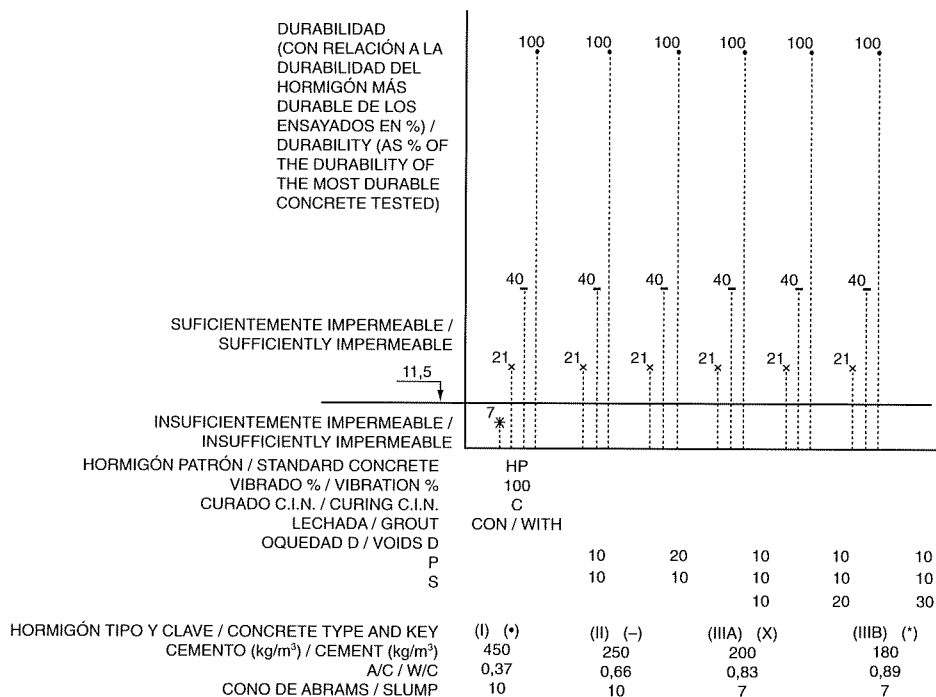
**Figura Resumen 8.
Summary Figure 8.**

**DURABILIDAD SOLAMENTE FRENTE A LA SUCCIÓN CAPILAR /
DURABILITY VIS-À-VIS CAPILLARY SUCTION ONLY**



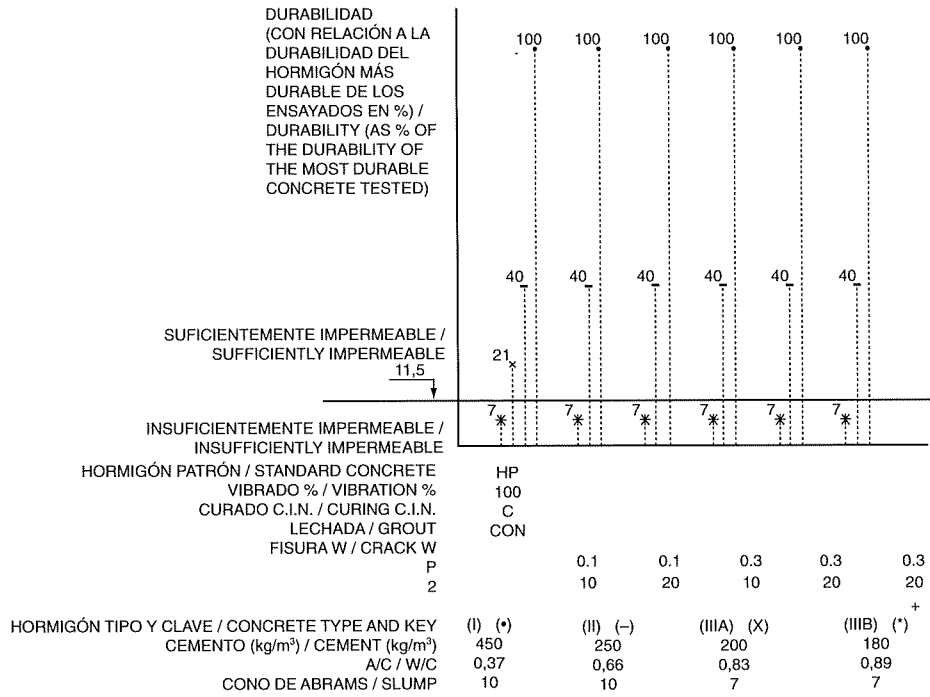
**Figura Resumen 9.
Summary Figure 9.**

**DURABILIDAD SOLAMENTE FRENTE A LA SUCCIÓN CAPILAR /
DURABILITY VIS-À-VIS CAPILLARY SUCTION ONLY**



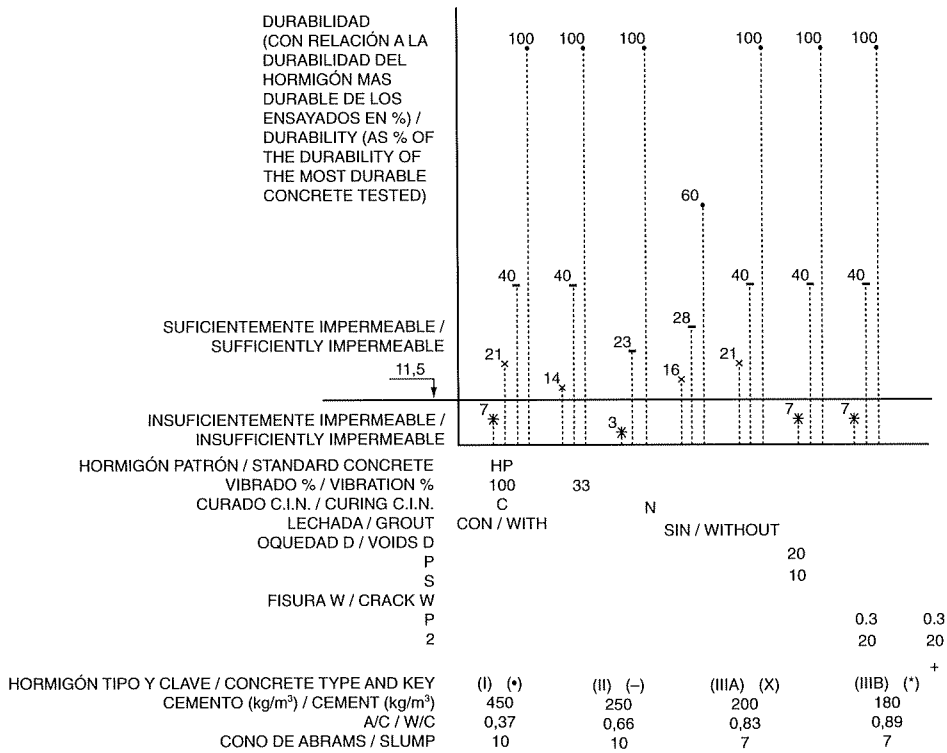
**Figura Resumen 10.
Summary Figure 10.**

**DURABILIDAD SOLAMENTE FRENTE A LA SUCCIÓN CAPILAR /
DURABILITY VIS-À-VIS CAPILLARY SUCTION ONLY**



**Figura Resumen 11.
Summary Figure 11.**

**DURABILIDAD SOLAMENTE FRENTE A LA SUCCIÓN CAPILAR /
DURABILITY VIS-À-VIS CAPILLARY SUCTION ONLY**



**Figura Resumen 12.
Summary Figure 12.**

4. CONCLUSIONS

We give the different conclusions in the order, to our judgement, of decreasing interest, so the first are those we deem to be of the greatest interest in terms of content or new information, ending up with those that confirm or evince already known aspects and round out the whole research effort.

This summary of conclusions is presented by way of a brief outline of each one, giving the bare results thereof. Durability is established in terms of the intercommunicating network of penetrable pores in the concrete. Highly compact concrete is deemed to that with 450 kg of cement per m³ of concrete and a water/cement ratio of 0.37. Low compactness concrete is that with 250 kg of cement per m³ of concrete and a water/cement ratio of 0.66 and very low compactness concrete is that with 200 Kg or 180 Kg of cement per m³ of concrete and a water/cement ratio of 0.83 or 0.89.

The loss of durability caused by the placement of the concrete is obtained by comparing the results obtained from the "standard" concrete (without placement defects) with those obtained from the same concrete with the corresponding placement defect.

- 1) The reduction of durability caused by cracks (as compared with uncracked concrete: standard concrete) is very great when the concrete is compact, great if the concrete has low compactness and only slight for concrete of very low compactness. In terms of loss of durability, the depth of the crack is more important than its aperture. For the same crack depth the loss of durability increases in direct proportion to the crack aperture. The greatest loss of durability caused by cracks occurs when two cracks cross each other. Summary figures 3 and 7 quantify the effects of the cracks, while summary figures 4 and 8 give a comparison of the effects produced by the other placement defects. In these figures the aperture (W) and the depth (P) of the cracks is expressed in mm. Symbol 2 + indicates the existence of two cracks crossing each other orthogonally.
- 2) Durability losses caused by placement defects differ in terms of the type of concrete affected. Durability losses caused by vibration or curing defects are less significant in highly compact concrete than in concrete with low or very low compactness.

Durability losses caused by grout loss are more significant in highly compact concrete than in concrete of low or very low compactness. Small voids (10 mm diameter and 10 mm depth) and small cracks (aperture 0.1 mm and depth 10 mm) cause smaller durability losses in highly compact concrete than in concrete of low or very low compactness. When the size of the voids and cracks increase, durability losses are greater in highly compact concrete than in concrete of low or very low compactness.

In absolute terms, these durability losses affect the different sorts of concrete in a very different way from that indicated here. Point 3) below deals with this question. Summary figures 1,2,3,4,5,6,7 and 8 quantify the effects of the various placement defects for each type of concrete. In these figures, the key HP indicates that the concrete in question is "standard" concrete (free of placement defects). Remaining keys are explained in the corresponding points of this chapter.

- 3) Considered as an absolute value for measuring durability, in the terms employed herein, the criterion of sufficiently impermeable concrete is defined as follows in the structural concrete instruction EHE (the ruling instruction in Spain):

"Concrete is deemed to be sufficiently impermeable to water if the results of the water penetration test comply simultaneously with the following conditions:

- Maximum water penetration depth is less than or equal to 50 mm.
- Average water penetration depth is less than or equal to 30 mm.

The conclusion can therefore be drawn that durability loss caused by the studied placement defects is negligible if these effects are produced in highly compact concrete, except when the defect involves cracks crossing each other. Summary figures 1,2,3 and 4 show that highly compact concrete with any of the defects (barring the above-mentioned exception) have a much higher durability than that corresponding strictly to "sufficiently impermeable" concrete.

- 4) Insufficient curing diminishes durability, causing durability losses of little significance in highly compact concrete, significant in concrete of low compactness and very significant in concrete of very low compactness. Summary figures 1 and 5 quantify the effects of insufficient curing and summary figures 4 and 8 show a comparison with the effects produced by the other placement defects. In these figures the following denominations have been used: Curing C corresponds to test specimens kept and cured in a humid chamber in accordance with UNE 83301:1991. Curing I corresponds to test specimens covered for the first 5 days with moist sacking in a room temperature of between 17° C and 23° C and the following 23 days in a room temperature of between 17° C and 23° C and a relative humidity of between 60% and 70%. Curing N corresponds to test specimens kept for 28 days in a room temperature of between 17° C and 23° C and a relative humidity of between 60% and 70%.

4. CONCLUSIONES

El orden en que se resumen las diferentes conclusiones obedece al interés que, a nuestro juicio, tiene cada una de ellas, de modo que las primeras que resumimos son aquéllas que por su contenido o por su novedad consideramos de mayor interés, terminando por aquéllas que confirman o evidencian aspectos ya conocidos y completan la investigación realizada.

Este Resumen de Conclusiones se plantea a modo de breve compendio de las mismas, de tal manera que la expresión de cada una de las Conclusiones consiste en un mero enunciado de ella.

La Durabilidad se establece en términos de red abierta de poros penetrable que ofrece el hormigón y se denominan hormigones muy compactos aquéllos con 450 kg de cemento por m³ de hormigón y relación Agua/Cemento=0,37.

Hormigones poco compactos aquéllos, con 250 kg de cemento por m³ de hormigón y relación Agua/Cemento=0,66 y hormigones muy poco compactos aquéllos con 200 kg ó 180 kg de cemento por m³ de hormigón y relación Agua/Cemento=0,83 ó 0,89.

La pérdida de Durabilidad provocada por un defecto de Puesta en Obra se obtiene por comparación de los resultados obtenidos en el hormigón "patrón" (sin defectos de Puesta en Obra) y los obtenidos en el mismo hormigón con el defecto de Puesta en Obra correspondiente.

- 1) La existencia de Fisuras disminuye la Durabilidad, de modo muy importante con relación a la Durabilidad que ofrece el hormigón sin fisurar (hormigón patrón) si éste es muy compacto, de modo importante si el hormigón es poco compacto y de modo poco importante si el hormigón es muy poco compacto. A efectos de pérdida de Durabilidad es más importante la profundidad de la fisura que su abertura. Para la misma profundidad de fisura, la pérdida de Durabilidad crece con el aumento de la abertura de la fisura. La mayor pérdida de Durabilidad motivada por la presencia de fisuras se produce en el caso de dos fisuras que se cruzan. En las Figura Resumen 3 y 7 se cuantifican los efectos de las fisuras y en las Figura Resumen 4 y 8 se comparan con los efectos producidos por los demás defectos de Puesta en Obra. En dichas figuras la abertura (W) y la profundidad (P) de las fisuras se expresan en mm. El símbolo 2 + indica la existencia de dos fisuras que se cruzan ortogonalmente.

- 2) La pérdidas de Durabilidad provocadas por los defectos de Puesta en Obra son diferentes en función del tipo de hormigón afectado. Las pérdidas de durabilidad debidas a defectos de vibrado o curado son menos importantes en hormigones muy compactos que en hormigones poco o muy poco compactos.

Las pérdidas de Durabilidad ocasionadas por la pérdida de la lechada son más importantes en hormigones muy compactos que en hormigones poco o muy poco compactos. Pequeñas oquedades (diámetro 10 mm y profundidad 10 mm) y pequeñas fisuras (abertura 0,1 mm y profundidad 10 mm) originan pérdidas de Durabilidad menores en hormigones muy compactos que en hormigones poco o muy poco compactos. Cuando el tamaño de las oquedades y de las fisuras aumenta, las pérdidas de Durabilidad son mayores en hormigones muy compactos que en hormigones poco o muy poco compactos.

En valor absoluto, las pérdidas de Durabilidad expuestas, afectan a los diferentes hormigones de modo muy distinto al que aquí se ha indicado. El punto siguiente 3) se ocupa de esta cuestión. En las Figura Resumen 1,2,3,4,5,6,7 y 8 se cuantifican, para cada tipo de hormigón, los efectos de los diferentes defectos de Puesta en Obra. En dichas figuras la clave HP indica que se trata de un hormigón "patrón" (sin defectos de Puesta en Obra). El resto de las claves se explican en los puntos correspondientes de este capítulo.

- 3) Al no disponer de valores absolutos para medir la Durabilidad, se puede adoptar a tal efecto el criterio de hormigón suficientemente impermeable expuesto en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE del modo siguiente:

"Un hormigón se considera suficientemente impermeable al agua si los resultados del ensayo de penetración de agua cumplen simultáneamente que:

- La profundidad máxima de penetración de agua es menor o igual que 50 mm.
- La profundidad media de penetración de agua es menor o igual que 30 mm".

Se concluye que la pérdida de Durabilidad provocada por los defectos de Puesta en Obra estudiados es despreciable si tales defectos se producen en hormigones muy compactos, salvo en el caso de que el defecto consista en la existencia de fisuras cruzadas. En las Figura Resumen 1,2,3 y 4 se observa que el hormigón muy compacto con cualquiera de los defectos, (salvo la excepción citada), presenta una Durabilidad muy superior a la que corresponde estrictamente al hormigón "suficientemente impermeable".

- 4) Un curado insuficiente disminuye la Durabilidad, ocasionando pérdidas de Durabilidad poco importantes en hormigones muy compactos, importantes en hormigones poco compactos y muy importantes en hormigones muy poco compactos. En las Figura Resumen 1 y 5 se cuantifica los efectos del curado insuficiente y en las Figura Resumen 4 y 8 se comparan con los efectos producidos por los demás defectos de Puesta en Obra. En dichas figuras se ha denominado: Curado C a aquél que corresponde a las probetas conservadas y curadas en cámara húmeda, de acuerdo con UNE 83301:1991. Curado I cuando las probetas se han conservado durante los 5 primeros días cubiertas por arpilleras húmedas en un ambiente en el que la Temperatura se mantiene entre 17° C y 23° C . El resto del tiempo hasta cumplir los 28 días, las probetas se mantienen en un ambiente en el que la Temperatura se mantiene entre 18° C y 22° C y la Humedad Relativa por encima del 95%. Curado N cuando las probetas se han conservado durante 28 días en un ambiente en el que la Temperatura se mantiene entre 17° C y 23° C y la Humedad Relativa entre 60% y 70%.

5) Grout loss on the surface of the concrete diminishes durability, causing very significant durability losses in highly compact concrete, significant in concrete of low compactness and insignificant in concrete of very low compactness. Summary figures 1 and 5 quantify the effects of the surface grout loss and summary figures 4 and 8 show a comparison of the effects produced by the other placement defects. In these figures test specimens with a surface loss of grout are shown with the key "Lechada SIN" (without grout), while the key "Lechada CON" (with grout) corresponds to standard concrete.

6) The existence of voids (small surface cavities) reduces durability, causing very significant durability losses in very compact concrete, significant in concrete of low compactness and insignificant in concrete of very low compactness. For the same void depth the loss of durability increases in direct proportion to the void diameter; it also increases when the effect of two adjacent voids is summed in the intervening area of concrete and in an area where the effects of several voids are superimposed.

Summary figures 2 and 6 quantify the effects of the voids studied while summary figures 4 and 8 show a comparison of the effects produced by the other placement defects. In these figures the diameter (D) and the depth (P) of the voids, as well as the distance between the closest edges of two contiguous voids (S), are expressed in mm.

7) The existence of voids in test specimens in which there has also been a surface grout loss produces a greater durability loss than would be caused by the voids alone. In the case of highly compact concrete the durability falls to 43% of that which would correspond to concrete with voids and in concrete of low compactness to 67% of that which would correspond to concrete with voids.

8) Insufficient vibration reduces durability, causing durability losses of little significance in highly compact concrete and significant losses in concrete of low or very low compactness.

Summary figures 1 and 5 quantify the effects of insufficient vibration, while summary figures 4 and 8 give a comparison with the effects produced by other placement defects. In these figures the key "vibration 100" refers to test specimens vibrated in accordance with UNE 83301:1991, while "vibration 66" and "vibration 33" refers to test specimens vibrated defectively at 66% and 33%, respectively, of the specifications laid down in UNE 83301:1991.

9) Correct prestressing raises the durability of concrete structures, by obviating crack-induced durability loss. As this durability loss is about 70% of the durability of the highly compact standard concrete (crack free), which is normally used in prestressed structures, prestressing can be said to raise durability by 70%, in the case of prestressed structures with highly compact concrete, corresponding to the standard concrete.

10) Summary figures 9,10,11 and 12 show, in similar terms to previous summary figures, the durability of tested concrete, with and without placement defects, paying heed exclusively to the durability parameter "amount of water absorbed" which is suitable for establishing durability against aggressions that progress only by using capillary-suction type transport mechanisms.

These figures maintain the horizontal line dividing "sufficiently impermeable" concrete from concrete that is not, so as to be able to relate these figures to earlier ones in which durability was quantified using the durability parameters "average penetration depth" and "maximum penetration depth" of water under pressure. This horizontal line is correct in the previous figures but responds to no objective value tied in with the parameter "amount of water absorbed" from which summary figures 9,10,11 and 12 have been drawn up.

11) For durability purposes the different types of concrete are characterised, in the terms used herein, by the amount of cement and the water/cement ratio.

- The greater the amount of cement, the higher the durability.
- The lower the water/cement ratio, the higher the durability.

The most influential value is the amount of cement. Concrete of high durability or very low permeability, therefore, should be dosed with the highest amount of cement deemed suitable and the least amount of water plus any dispersing agent to make it workable, providing that the amount of compatible aggregate is consistent with the rest of the functions required of the concrete. The aggregate/cement ratio can be considered to be associated with the former and main ones (amount of cement and water/cement ratio). Using this ratio serves to underline that fact that, from the durability point of view, the amount of cement has the fundamental responsibility of adequately covering the aggregate so that, with the addition of the necessary water, a compact aggregate-cement paste interface is obtained, firmly adhering to the surface thereof.

- The lower the aggregate/cement ratio the higher the durability.

12) The compressive strength of the concrete is not a durability factor. In the tests carried out, concrete samples of equal compressive strength have given very different durability results, with the durability of the least durable being 60% of the most durable.

5) La pérdida de lechada en la superficie del hormigón disminuye la Durabilidad, ocasionando pérdidas de Durabilidad muy importantes en hormigones muy compactos, importantes en hormigones poco compactos y poco importantes en hormigones muy poco compactos. En las Figuras Resumen 1 y 5 se cuantifican los efectos de la pérdida superficial de lechada y en las Figuras Resumen 4 y 8 se comparan con los efectos producidos por los demás defectos de Puesta en Obra. En dichas figuras las probetas con pérdida superficial de lechada se denominan con la clave Lechada SIN, mientras que la clave Lechada CON corresponde al hormigón patrón.

6) La existencia de oquedades (pequeñas coqueras superficiales) disminuye la Durabilidad, ocasionando pérdidas de Durabilidad muy importantes en hormigones muy compactos, importantes en hormigones poco compactos y poco importantes en hormigones muy poco compactos. Para la misma profundidad de la oquedad, la pérdida de Durabilidad crece con el diámetro de la oquedad, también crece cuando el efecto de dos oquedades próximas se suma en la zona de hormigón comprendida entre ellas y cuando el área afectada por varias oquedades, cuyos efectos se yuxtaponen, aumenta.

En las Figura Resumen 2 y 6 se cuantifica los efectos de las oquedades estudiadas y en las Figura Resumen 4 y 8 se comparan con los efectos producidos por los demás defectos de Puesta en Obra. En dichas figuras el diámetro (D) y la profundidad (P) de las oquedades, así como la separación entre los bordes más próximos de dos oquedades contiguas (S), se expresan en mm.

7) La existencia de oquedades en las que además se ha producido pérdida de lechada en la superficie del hormigón produce una pérdida de Durabilidad mayor que la que corresponde estrictamente a la ocasionada por la existencia de oquedades. En el caso de hormigones muy compactos la Durabilidad disminuye al 43% de la que correspondería al hormigón con oquedades y en hormigones poco compactos al 67% de la que correspondería al hormigón con oquedades.

8) Un vibrado insuficiente disminuye la Durabilidad, ocasionando pérdidas de Durabilidad poco importantes en hormigones muy compactos e importantes en hormigones poco y muy poco compactos.

En las Figura Resumen 1 y 5 se cuantifica los efectos del vibrado insuficiente y en las Figuras Resumen 4 y 8 se comparan con los efectos producidos por los demás defectos de Puesta en Obra. En dichas figuras la clave vibrado 100 se refiere a probetas vibradas de acuerdo con UNE 83301:1991, mientras que vibrado 66 y vibrado 33 se refiere a probetas vibradas defectuosamente al 66% y al 33%, respectivamente, de las especificaciones recogidas en UNE 83301:1991.

9) La existencia de un pretensado correctamente utilizado eleva la Durabilidad de las estructuras de hormigón al asegurar que no se va a producir pérdida de Durabilidad por la aparición de fisuras. Como dicha pérdida de Durabilidad es del orden del 70% de la Durabilidad del hormigón patrón (sin fisurar) muy compacto, que es el habitualmente utilizado en estructuras pretensadas, puede decirse que el pretensado contribuye a elevar la Durabilidad un 70%, en el caso de estructuras pretensadas con hormigones muy compactos, de la que corresponda al hormigón patrón.

10) La Figuras Resumen 9,10,11 y 12 expresan, en términos homogéneos con las Figuras Resumen anteriores, la Durabilidad de los hormigones ensayados, con y sin defectos de Puesta en Obra, atendiendo exclusivamente al valor del Parámetro de Durabilidad "Cantidad de agua succionada" que es el adecuado para establecer la Durabilidad frente a agresiones que progresen únicamente mediante mecanismos de transporte de tipo succión capilar.

En dichas figuras se ha mantenido la línea horizontal que divide los hormigones "suficientemente impermeables" de aquéllos que no lo son, con objeto de relacionar estas figuras con las anteriores en las que la Durabilidad se ha cuantificado mediante los valores de los Parámetros de Durabilidad "Profundidad media" y "Profundidad máxima" de penetración de agua bajo presión. Dicha línea horizontal es correcta en las figuras anteriores, pero no obedece a ningún valor objetivo reglamentado en relación con los valores del Parámetro "Cantidad de agua succionada" que han servido para realizar las Figuras Resumen 9,10,11 y 12.

11) Los diferentes tipos de hormigón se caracterizan, a efectos de Durabilidad, en los términos utilizados en este trabajo, por la cantidad de cemento y la relación Agua/Cemento.

- A mayor cantidad de Cemento, mayor Durabilidad.
- A menor relación Agua/Cemento, mayor Durabilidad.

La variable más influyente es la cantidad de cemento. Por tanto, un hormigón de elevada Durabilidad o muy poco permeable, deberá dosificarse con la mayor cantidad de cemento que se considere adecuada y la menor cantidad de agua más aditivo superfluidificante posible para su trabajabilidad, siempre que la cantidad de árido compatible sea adecuado con el resto de las funciones exigibles al hormigón. Puede considerarse la relación Árido/Cemento como asociada a las anteriores y principales (cantidad de Cemento y relación Agua/Cemento). Utilizar esta relación sirve para enfatizar el hecho de que, desde el punto de vista de la Durabilidad, la cantidad de Cemento tiene la responsabilidad fundamental de recubrir adecuadamente los áridos para que, con la presencia del agua necesaria, se obtenga una interfase árido-pasta de cemento compacta y bien adherida a la superficie de los mismos.

- A menor relación Árido/Cemento, mayor Durabilidad.

5. PRACTICAL RECOMMENDATIONS

The work carried out has enabled a classification to be made, within the limits of the concrete types studied, of the importance of the placement defects analysed, from the point of view of durability in permeability terms or the structure of penetrable intercommunicating pores.

A tolerable defect is deemed for these purposes to be that which is negligible, in that the concrete suffering this defect still maintains its durability at higher values than those laid down in Instruction EHE (Spain) for "sufficiently impermeable" concrete and with "average depth" values ≤ 30 mm and "maximum depth" ≤ 50 mm. Both values refer to the depths measured in the penetration test of water under pressure (UNE 83309:1990 EX).

Due to the dispersion of the test results, a dispersion typical of concrete, we regard a safety margin of 1.20 to be a reasonable requirement. In other words, the durability of the concrete suffering the defect should be 120% of that corresponding to concrete satisfying strictly the "sufficiently impermeable" conditions. From the durability or permeability point of view, it is not necessary to repair tolerable defects and they can be deemed to be acceptable. In other words, for concrete of type I the defects studied do not have to be repaired barring the defect of 2 cracks crossing each other. In concrete of type II the same defects, except for grout loss and voids, have to be repaired to obtain a "sufficiently impermeable" concrete. Depending on the exposure class, which measures the aggressiveness of the environment in which the concrete structure is located, some or all the defects studied may be tolerable, in keeping with the specific demands made of the concrete in terms of its exposure class. The character of "sufficiently impermeable" may not be an explicit requirement for structural concrete with the minimum amount of cement allowable under the Instruction EHE (Spain) and the maximum water/cement ratio allowable thereunder, which is concrete of type II of those studied in this work and is "sufficiently impermeable". This means that, in our judgement, and bearing in mind that in concrete structures the concept of durability is fundamental in covering concrete (a thin layer ranging from 2 cm to 4 cm) structural concrete, to which this work refers, should be "sufficiently impermeable" in all classes of exposure.

In practice, however, all cracks with an aperture of between 0.1 mm and 0.4 mm should be considered acceptable, according to Spanish Instructions, depending on the type of structure and class of exposure. In some cases, these values could even be raised if more reinforcement has been provided than is strictly necessary. This should be the overriding criteria when deciding whether cracks need to be repaired. If the aperture is acceptable according to the Instruction EHE, therefore, no repair of any kind is necessary.

This apparent contradiction with the conclusions of previous paragraphs is yet another proof of the fact that durability is a complex problem involving a lot more variables than the one considered herein, the concrete's structure of intercommunicating pores. It is obvious that the intrinsic quality of the concrete cannot avoid the appearance of cracks of a mechanical character, which can be controlled only with the reinforcement. In this case, therefore, it is logical that it be the criteria of allowable cracks that are considered when reinforcing the concrete, the same as are used for deciding whether or not repairs or in order. Should the concrete be deliberately subjected to a surface grout-elimination treatment, the covering of the reinforcement should be increased by 10 mm to offset the increase in the maximum penetration of water under pressure, brought about by the loss of grout.

Lastly, it should be pointed out here that the best guarantee of obtaining "sufficiently impermeable" concrete is the correct dosage of the concrete, complying with the minimum cement content and not exceeding the maximum water/cement ratio as laid down by the Instruction EHE (Spain). The reduction of the indicated "minimum required quantity" of the cement does bring about a certain saving (2% of the cost of the structure) but does not make up for the increased risk of repairs during the useful service life of the structure due to insufficient durability.

6. BIBLIOGRAPHY

1. ACI. *Permeability of concrete*. D. Whiting A. Walitt Editors ACI SP. 1988.
2. ALAEJOS, P. *Caracterización del hormigón en el laboratorio*. Curso de Durabilidad CEDEX. 1998.
3. ALAEJOS, P. *Los procesos físicos de degradación del hormigón*. Curso sobre Durabilidad. CEDEX. Madrid, 1998.
4. ANDRADE, MC. *Quantification of Durability of Reinforcing steel*. Proceedings International RILEM Workshop. Barcelona E and SPON 1994.
5. ASTM. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. ASTM. C 642-97.
6. BAKKER, R. *Prediction of service reinforcement in concrete under different climatic conditions at given cover*. Swamy, ED. 1994.
7. BAZANT, Z.P.; XI, Y. *New test method to separate microcracking from drying creep: Curvature creep at equal bending moments and various axial forces in creep and Shrinkage of concrete*. E and F Spoon Concreep 5. Barcelona 1993.
8. BICZOK. *La corrosión del hormigón y su protección*. URMO, S.A. Editores, 1972.

- 12) La resistencia a Compresión del hormigón no es por sí misma un criterio de Durabilidad. En los ensayos realizados hormigones de igual Resistencia a Compresión han dado resultados de los Parámetros de Durabilidad muy diferentes, de modo que la Durabilidad del menos durable es del 60% de la Durabilidad del más durable.

5. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

De los trabajos realizados se obtiene el criterio necesario para calificar, dentro del ámbito de los hormigones estudiados, la importancia de los defectos de Puesta en Obra considerados, siempre desde el punto de vista de la Durabilidad en términos de impermeabilidad o de estructura de poros abierta penetrable.

Se denomina Defecto Tolerable aquél que es despreciable en cuanto que el hormigón que lo sufre mantiene su Durabilidad en valores superiores a aquélla que corresponde al hormigón que cumple estrictamente las condiciones para ser "suficientemente impermeable" de acuerdo con el criterio de la Instrucción EHE y los valores de "Profundidad media" ≤ 30 mm y "Profundidad máxima" ≤ 50 mm. Ambos valores referidos a las profundidades medidas en el ensayo de penetración de agua bajo presión (UNE 83309:1990 EX).

Debido a la dispersión en los resultados de los ensayos, propia del hormigón, consideramos razonable exigir un margen de seguridad de 1,20. Es decir, la Durabilidad del hormigón que sufre el defecto debe de ser el 120% de aquélla que corresponde al hormigón que cumple estrictamente las condiciones para ser "suficientemente impermeable". Los defectos tolerables no es necesario, desde el punto de vista de la Durabilidad o impermeabilidad, que sean reparados y se consideran admisibles. Es decir, los defectos estudiados, si el hormigón es del tipo I no hace falta que sean reparados salvo el defecto de 2 fisuras cruzadas. Los mismos defectos estudiados, salvo la pérdida de lechada y las oquedades consideradas, en el hormigón tipo II sí deben de ser reparados si se quiere obtener un hormigón "suficientemente impermeable". De acuerdo con la clase de exposición, que mide la agresividad del ambiente en que se sitúa la estructura de hormigón, algunos o todos los defectos estudiados podrán ser tolerables en concordancia con la exigencia concreta que, de acuerdo con la clase de exposición, deba de satisfacer el hormigón. El carácter de "suficientemente impermeable" puede no ser explícitamente exigible para hormigón estructural, pero debe ser considerado que, en general, con la mínima cantidad de cemento y la máxima relación Agua/Cemento admisibles según la Instrucción EHE, resulta un hormigón del Tipo II de los estudiados en este trabajo, que es "suficientemente impermeable". Esto quiere decir que, a nuestro entender y considerando que en las estructuras de hormigón el concepto de Durabilidad es fundamental en el hormigón de recubrimiento, zona de pequeño espesor habitualmente comprendido entre 2 cm y 4 cm el hormigón estructural, al que se refiere este trabajo, debe de ser en todas las clases de exposición "suficientemente impermeable".

No obstante, en la práctica se debe de considerar que fisuras de abertura entre 0,1 mm y 0,4 mm son admisibles, según las Instrucciones Españolas, en función del tipo de estructura y la clase de exposición, incluso en algún caso pueden elevarse dichos valores en función de la relación entre la cuantía de armadura realmente dispuesta y la estrictamente necesaria. Esto quiere decir que el criterio que debe primar al plantearse la reparación de fisuras es éste. De modo que si la abertura de fisura es admisible de acuerdo con la Instrucción EHE, no es necesario efectuar ningún tipo de reparación.

Esta aparente contradicción con lo expresado en párrafos anteriores, es una manifestación más de que la Durabilidad es un problema complejo donde intervienen muchas variables más de la considerada en este trabajo (la estructura de poros abierta del hormigón). Es evidente que la calidad intrínseca del hormigón no puede evitar la aparición de fisuras de carácter mecánico que solamente se controlan con la armadura dispuesta, por tanto, en este caso es lógico que sean los criterios de fisuración admisible que se consideran al armar las piezas los mismos que se utilicen para establecer el criterio de reparación y no otros. En el caso de que el hormigón se someta intencionadamente a un tratamiento superficial de eliminación de la lechada, el recubrimiento de las armaduras se debe de aumentar 10 mm con objeto de compensar el incremento de los valores de la penetración máxima de agua bajo presión que produce la pérdida de lechada.

Por último, conviene apuntar aquí que la mejor garantía para obtener hormigones "suficientemente impermeables" es dosificar adecuadamente el hormigón, cumpliendo con los contenidos mínimos de cemento y no sobrepasando las relaciones máximas Agua/Cemento indicadas por la Instrucción EHE. La reducción de la cantidad "mínima exigible de cemento" indicada supone una cierta economía (hasta un 2% del coste de la estructura) pero no justifica cualquier riesgo de reparación que, por insuficiente Durabilidad del hormigón, pueda tener que realizarse durante la vida de servicio de la estructura.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. ACI. *Permeability of concrete*. D. Whiting A. Walitt Editors ACI SP. 1988.
2. ALAEJOS, P. *Caracterización del hormigón en el laboratorio*. Curso de Durabilidad CEDEX. 1998.
3. ALAEJOS, P. *Los procesos físicos de degradación del hormigón*. Curso sobre Durabilidad. CEDEX. Madrid, 1998.
4. ANDRADE, MC. *Quantification of Durability of Reinforcing steel*. Proceedings International RILEM Workshop. Barcelona E and SPON 1994.

9. BRETON, D.; BALLIVY, G. *Correlation between the transfer properties of the interface zone and its mineralogy and microstructure*. NATO-RILEM WORKSHOP 1994.
10. CALAVERA, J. *Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado*. INTEMAC. 1996.
11. CALLEJA, J. *Rapport principal*. 7^{ème} Congrès International de la Chimie du Cement. París. 1980.
12. CEB, *Durability of Concrete Structures. State of the Art Report*. Bulletin D'Information n° 148, 1982.
13. DELIBES, A. *Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón*. INTEMAC. 1987.
14. DHIR, R. K.; HEWLETT, P.C. Y CHAN, Y.N. *Assessment of concrete durability by intrinsic permeability*. Durability of building materials and components, 1990.
15. DIEDERICHS, V.; HINRICHSMEYER, K.; SCHNEIDER, V. *Analíysis of Thermal, Hidrothermal, and Mechanical Stresses of Concrete by Mercury-Porosimetry and Nitrogen-Sorption*. Proceedings RILEM/CNR International Symposium on Principles and Applications of Pore Structural Characterization, Milán, 1983.
16. ESCADEILLAS, G.C. ; MASO, J.C. *Approach of the initial state in cement paste, mortar, and concrete*. Ceramic Transaction, 1990.
17. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. ; CECILIA SOTO, M. *Morteros y hormigones con cera. ¿Una respuesta a la Durabilidad?*. Materiales de construcción, n° 178. 2º trimestre 1980.
18. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Hormigón*. Servicio de Publicaciones. Colegio de ICCP Madrid. 1989.
19. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Hormigones de alta resistencia*. Cemento y Hormigón, 1988.
20. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Patología y terapeútica del hormigón armado*. Servicio de Publicaciones Colegio ICCP. Madrid.1994.
21. GALLIGO ESTEVEZ, J.M. Y RODRÍGUEZ GARCÍA, F. *El ensayo de penetración de agua como método para el control de la durabilidad de un hormigón utilizado en estructuras de puentes de carretera*. Hormigón y Acero. N° 171. Abr-May-Jun-1989.
22. GALLIGO., J.M. *Permeabilidad del Hormigón: Influencia de la dosificación y métodos de ensayo*. Hormigón y Acero. 1990.
23. GEHO GT II/3. *Base de datos de ensayos de fluencia y retracción. Bases de datos RILEM y ensayos españoles*. GEHO Madrid, 1995.
24. GEHO. *Caracterización de las propiedades diferidas del hormigón y su incidencia estructural*. GEHO. Madrid, 1998.
25. GEHO-CEB. *Durabilidad de estructuras de hormigón. Guía de Diseño CEB*. Boletín GEHO-12. 1993.
26. GONZÁLEZ ISABEL, G. *Concretos de alta durabilidad*. NOTICRETO., n° 47 Abril-Jun.1998.
27. GRANDET, J. *Durabilité du béton a hautes performances vis-a-vis des attaques chimiques "extremes"*. Le Bétons a Hautes Performances. Presses Ponts et Chaussées, 1990.
28. HANSEN , TC. *Physical structure of hardened cement paste. A classical approach*. Materials and structure. 1986.
29. HANSEN, W.C. *Twenty-Year Report on the Long-Time Study of Cement Performance in Concrete*. PCA Research Department. 1965.
30. HOSHIMO, M. *Differences of the w/c ratio, porosity and microscopical aspect between the upper boundary paste and the lower boundary paste of the aggregate in concrete*. Materials Structures. 1988.
31. LANGE, D.A. JENNINGS H.M. SHAH, S.P. *Image analysis techniques for characterization of pore structure of cement-based materials*. Cement and Concrete Research. 1994.
32. LARBI, J. A.; BIJEN, J.M. *Orientation of portlandite at the paste-aggregate interface and strength development of the paste-aggregate bond in mortars in the presence of microsilica*. Ceramic Transactions, 1990.
33. LÓPEZ, P. *Durabilidad del Hormigón en ambiente marino*. Cuadernos INTEMAC 31, 1998.
34. MALIER, Y. *Les bétons a hautes performances. Du matériau à l'ouvrage*. Presses Pont et Chaussées, 1990.
35. MASO, J.C. *The Bond Between Aggregates and Hydrated Cement Pastes*. Proceedigs 7th International Congress on the Chemistry of Cement. París 1980.
36. MOPU. *Durabilidad del hormigón. Estudio sobre medida y control de su permeabilidad*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU), 1989.
37. MORANVILLE-REGOURD, M. *Microstructure des bétons à hautes performances*. Les Betons à Hautes Performances. Presses Ponts et Chaussées. 1990.

5. ASTM. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. ASTM. C 642-97.
6. BAKKER, R. *Prediction of service reinforcement in concrete under different climatic conditions at given cover*. Swamy, ED. 1994.
7. BAZANT, Z.P.; XI, Y. *New test method to separate microcracking from drying creep: Curvature creep at equal bending moments and various axial forces in creep and Shrinkage of concrete*. E and F Spoon Concreep 5. Barcelona 1993.
8. BICZOK. *La corrosión del hormigón y su protección*. URMO, S.A. Editores, 1972.
9. BRETON, D.; BALLIVY, G. *Correlation between the transfer properties of the interface zone and its mineralogy and microstructure*. NATO-RILEM WORKSHOP 1994.
10. CALAVERA, J. *Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado*. INTEMAC. 1996.
11. CALLEJA, J. *Rapport principal*. 7^{ème} Congrès International de la Chimie du Cement. Paris. 1980.
12. CEB, *Durability of Concrete Structures. State of the Art Report*. Bulletin D'Information n° 148, 1982.
13. DELIBES, A. *Tecnología y propiedades mecánicas del hormigón*. INTEMAC. 1987.
14. DHIR, R. K.; HEWLETT, P.C. Y CHAN, Y.N. *Assessment of concrete durability by intrinsic permeability*. Durability of building materials and components, 1990.
15. DIEDERICHS, V.; HINRICHSMEYER, K.; SCHNEIDER, V. *Analysis of Thermal, Hydrothermal, and Mechanical Stresses of Concrete by Mercury-Porosimetry and Nitrogen-Sorption*. Proceedings RILEM/CNR International Symposium on Principles and Applications of Pore Structural Characterization, Milán, 1983.
16. ESCADEILLAS, G.C. ; MASO, J.C. *Approach of the initial state in cement paste, mortar, and concrete*. Ceramic Transaction, 1990.
17. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. ; CECILIA SOTO, M. *Morteros y hormigones con cera. ¿Una respuesta a la Durabilidad?*. Materiales de construcción, n° 178. 2° trimestre 1980.
18. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Hormigón*. Servicio de Publicaciones. Colegio de ICCP Madrid. 1989.
19. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Hormigones de alta resistencia*. Cemento y Hormigón, 1988.
20. FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Patología y terapéutica del hormigón armado*. Servicio de Publicaciones Colegio ICCP. Madrid.1994.
21. GALLIGO ESTEVEZ, J.M. Y RODRÍGUEZ GARCÍA, F. *El ensayo de penetración de agua como método para el control de la durabilidad de un hormigón utilizado en estructuras de puentes de carretera*. Hormigón y Acero. N° 171. Abr-May-Jun-1989.
22. GALLIGO, J.M. *Permeabilidad del Hormigón: Influencia de la dosificación y métodos de ensayo*. Hormigón y Acero. 1990.
23. GEHO GT II/3. *Base de datos de ensayos de fluencia y retracción. Bases de datos RILEM y ensayos españoles*. GEHO Madrid, 1995.
24. GEHO. *Caracterización de las propiedades diferidas del hormigón y su incidencia estructural*. GEHO. Madrid, 1998.
25. GEHO-CEB. *Durabilidad de estructuras de hormigón. Guía de Diseño CEB*. Boletín GEHO-12. 1993.
26. GONZÁLEZ ISABEL, G. *Concretos de alta durabilidad*. NOTICRETO., n° 47 Abril-Jun.1998.
27. GRANDET, J. *Durabilité du béton a hautes performances vis-a-vis des attaques chimiques "extremes"*. Le Bétons a Hautes Performances. Presses Ponts et Chaussées, 1990.
28. HANSEN , TC. *Physical structure of hardened cement paste*. A classical approach. Materials and structure. 1986.
29. HANSEN, W.C. *Twenty-Year Report on the Long-Time Study of Cement Performance in Concrete*. PCA Research Department. 1965.
30. HOSHIMO, M. *Differences of the w/c ratio, porosity and microscopical aspect between the upper boundary paste and the lower boundary paste of the aggregate in concrete*. Materials Structures. 1988.
31. LANGE, D.A. JENNINGS H.M. SHAH, S.P. *Image analysis techniques for characterization of pore structure of cement-based materials*. Cement and Concrete Research. 1994.
32. LARBI, J. A.; BIJEN, J.M. *Orientation of portlandite at the paste-aggregate interface and strength development of the paste-aggregate bond in mortars in the presence of microsilica*. Ceramic Transactions, 1990.
33. LÓPEZ, P. *Durabilidad del Hormigón en ambiente marino*. Cuadernos INTEMAC 31, 1998.

38. PARROTT, L.J. *Design for avoiding damage due to carbonation-induced corrosion*. Canmet Malhotra ED. 1994.
39. PEREPEREZ VENTURA, B. *Comportamiento en servicio y durabilidad*. Jornadas técnicas sobre "Otros hormigones". 1998.
40. PEREPEREZ, B.; BARBERA, E. Y ANDRADE, C. *La agresividad ambiental y la durabilidad de las estructuras de hormigón*. Informes de la construcción, nº 388, Mar-Abr-1987.
41. PEREPEREZ VENTURA, B. ; BARBERA ORTEGA, E. ; VALCUENDE PAYA, M. *Durabilidad en ambiente marino de elementos lineales de hormigón armado bajo carga de servicio*. Universidad Politécnica de Valencia. 1996.
42. REINHARDT, H.W. *Relation between the microstructure and structural performance of concrete*. Proceedings International RILEM Workshop. Barcelona. E and FN SPON. 1994.
43. REINHARDT, H.W.; GABERT, K. *From pore size distribution to an equivalent pore size of cement mortar*. Materials and structures. 1990.
44. RILEM. *Concrete Technology. New Trends, Industrial Applications*. Proceedings International RILEM Workshop. Barcelona. E and FN SPON. 1994.
45. RILEM. CPC. 11.2 *Absorption of water by capillarity*. RILEM
46. RODRÍGUEZ, F. *Bases de cálculo orientadas a la Durabilidad*. Curso sobre la nueva instrucción de hormigón estructural EHE, 1999.
47. RODRÍGUEZ, F. *La microestructura del hormigón y su influencia en la Durabilidad*. Curso sobre Durabilidad. CEDEX, Madrid, 1998.
48. RODRÍGUEZ, J.; ORTEGA, L.; CASAL, J. ; DíEZ, J.M. *Estudio experimental sobre capacidad portante de soportes de hormigón con armaduras corroídas*. Hormigón y Acero 1998.
49. RODRÍGUEZ, J.; ORTEGA, L.; CASAL, J.; DíEZ, J.M. *La corrosión de armaduras y la vida residual de las estructuras de hormigón*. 1998.
50. ROSTAM, S. *Tecnología moderna de Durabilidad. Aplicación de la experiencia pasada a proyectos futuros*. INTEMAC, Madrid, 1992.
51. ROYAL SOCIETY. *Technology in the 1990S Development in Hydraulic Cements*. The Royal Society of London. 1983.
52. SKRIVENER, K.L. *The microestructure of concrete*. Materials Science of Concrete. American Ceramic Society. 1989.
53. TUUTTI, K. *Corrosión of steel in concrete*. Swedish Cement and Concrete Research Institute. 1982.
54. UNE 83 301. *Ensayo de hormigón. Fabricación y conservación de probetas*. AENOR.
55. UNE 83 309 EX. *Ensayos de hormigón. Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión*. AENOR.
56. VAN BREUGEL, K. *Simmulation of hidration and formation of structure in hondening cement-based materials*. Delft University of Technology. 1991.
57. VILLEGAS CABREDO, *Calidad y Patología en la construcción. Aplicación a las obras de hormigón*. GTED. Grupo de Tecnología de la Edificación. Universidad de Cantabria. Santander 1997.
58. WANG, K.; JANSEN, D.C.; SHAH, S.P.; KARR, A.F.. *Permeability Study of Cracked Concrete*. Cement and Concrete Research ed Elsevier Science, LTD, 1997.
59. WINSLOW, D.N. *The pore structure and surface area of hidrated Portland cement pastes*. Characterization and Performance Prediction of Cement and Concrete. JF Joung ED. Engineering Foundation, 1984.
60. YOUNG, J.F. *A review of the pore structure of cement paste and concrete and its influence on permeability*. ACI SP 108. 1988.

34. MALIER, Y. *Les bétons a hautes performances. Du matériau à l'ouvrage*. Presses Pont et Chaussées, 1990.
35. MASO, J.C. *The Bond Between Aggregates and Hydrated Cement Pastes*. Proceedíngs 7th International Congress on the Chemistry of Cement. París 1980.
36. MOPU. *Durabilidad del hormigón. Estudio sobre medida y control de su permeabilidad*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU), 1989.
37. MORANVILLE-REGOURD, M. *Microstructure des bétons à hautes performances*. Les Betons à Hautes Performances. Presses Ponts et Chaussées. 1990.
38. PARROTT. L.J. *Design for avoiding damage due to carbonation-induced corrosion*. Canmet Malhotia ED. 1994.
39. PEREPEREZ VENTURA, B. *Comportamiento en servicio y durabilidad*. Jornadas técnicas sobre "Otros hormigones". 1998.
40. PEREPEREZ, B.; BARBERA, E. Y ANDRADE, C. *La agresividad ambiental y la durabilidad de las estructuras de hormigón*. Informes de la construcción, nº 388, Mar-Abr-1987.
41. PEREPEREZ VENTURA, B.; BARBERA ORTEGA, E.; VALCUENDE PAYA, M. *Durabilidad en ambiente marino de elementos lineales de hormigón armado bajo carga de servicio*. Universidad Politécnica de Valencia. 1996.
42. REINHARDT, H.W. *Relation between the microstructure and structural performance of concrete*. Proceedings International RILEM Workshop. Barcelona. E and FN SPON. 1994.
43. REINHARDT, H.W.; GABERT, K. *From pore size distribution to an equivalent pore size of cement mortar*. Materials and structures. 1990.
44. RILEM. *Concrete Technology. New Trends, Industrial Applications*. Proceedings International RILEM Workshop. Barcelona. E and FN SPON. 1994.
45. RILEM. CPC. 11.2 *Absorption of water by capillarity*. RILEM
46. RODRÍGUEZ, F. *Bases de cálculo orientadas a la Durabilidad*. Curso sobre la nueva instrucción de hormigón estructural EHE, 1999.
47. RODRÍGUEZ, F. *La microestructura del hormigón y su influencia en la Durabilidad*. Curso sobre Durabilidad. CEDEX, Madrid, 1998.
48. RODRÍGUEZ, J.; ORTEGA, L.; CASAL, J. ; DíEZ, J.M. *Estudio experimental sobre capacidad portante de soportes de hormigón con armaduras corroídas*. Hormigón y Acero 1998.
49. RODRÍGUEZ, J.; ORTEGA, L.; CASAL, J.; DíEZ, J.M. *La corrosión de armaduras y la vida residual de las estructuras de hormigón*. 1998.
50. ROSTAM, S. *Tecnología moderna de Durabilidad. Aplicación de la experiencia pasada a proyectos futuros*. INTEMAC, Madrid, 1992.
51. ROYAL SOCIETY. *Technology in the 1990S Development in Hydraulic Cements*. The Royal Society of London. 1983.
52. SKRIVENER, K.L. *The microestructure of concrete*. Materials Science of Concrete. American Ceramic Society. 1989.
53. TUUTTI, K. *Corrosión of steel in concrete*. Swedish Cement and Concrete Research Institute. 1982.
54. UNE 83 301. *Ensayo de hormigón. Fabricación y conservación de probetas*. AENOR.
55. UNE 83 309. *Ensayos de hormigón. Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión*. AENOR.
56. VAN BREUGEL, K. *Simmulation of hidration and formation of structure in hondening cement-based materials*. Delft University of Technology. 1991.
57. VILLEGAS CABREDO, *Calidad y Patología en la construcción. Aplicación a las obras de hormigón*. GTED. Grupo de Tecnología de la Edificación. Universidad de Cantabria. Santander 1997.
58. WANG, K.; JANSEN, D.C.; SHAH, S.P.; KARR, A.F.. *Permeability Study of Cracked Concrete*. Cement and Concrete Research ed Elsevier Science, LTD, 1997.
59. WINSLOW, D.N. *The pore structure and surface area of hidrated Portland cement pastes*. Characterization and Performance Prediction of Cement and Concrete. JF Joung ED. Engineering Foundation, 1984.
60. YOUNG, J.F. *A review of the pore structure of cement paste and concrete and its influence on permeability*. ACI SP 108. 1988.

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Fernández Sáez, Ana María
Fraile Mora, Serafín
Gil Vargas, Eduvigis
López-Nava Muñoz, Alberto Ignacio
Luzón Cánovas, José M^a
Sánchez Arroyo, Jesús M^a

Ingenieros de Caminos

Anlló Rodríguez, María
Baena Alonso, Eva
Barrios Corpa, Roberto
Beteta Cejudo, M^a Carmen
*Calavera Ruiz, José
Carpintero García, Ismael
Castillo Fernández, Luis Javier
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
Dávila Sánchez-Toscano, Suyapa
Díaz Heredia, Elena
Díaz Lozano, Justo
*Fernández Gómez, Jaime Antonio
Fuente González, Jesús Miguel de la
Garay Sánchez, Raúl
Garrido Baró, Juan Carlos
Gil García, Alfonso
González González, Juan José
*González Valle, Enrique
*Hostalet Alba, Francisco
*Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jiménez Ortiz, Gonzalo
Ley Urzaiz, Jorge
Molero Rodríguez, Teresa
Mulero Krambs, Daniel
Munugarren Martínez, Miguel Angel
Recio Cañadas, Alba
Reina Barranco, Francisco
Rodríguez Escribano, Raúl Rubén
Rodríguez Romero, Jesús M^a
Roquer i Sala, Ramón
Ruiz Carmona, Jacinto
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen

Ingeniero en Cartografía y Geodesia

López-Canti Casas, Elisa

Ingenieros I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo
Escarpizo-Lorenzana Martínez, Jorge

Ingenieros Industriales

*Alvarez Cabal, Ramón Amado
Arroyo Arroyo, José Ramón
Bayonne Sopo, Enrique
Estrada Gómez, Rafael
*Santos Olalla, Francisco
Torruella Martínez, Josep M^a
*Valenciano Carles, Federico

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Arbesuk Prado, Mónica
Barragán Bermejo, M^a Vicenta
Campos Delgado, Juan Carlos
Carreras Ruiz, Francisco
Molero Vicente, M^a Isabel
Salado Rodilla, Rafael
Vicente Conde, M^a Isabel

Licenciado en C. Económicas y Empresariales

González Chavero, Antonio

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

Ingeniero de Minas

Ramos Sánchez, Adelina

Dra. en Ciencias Físicas

Tejedor Miralles, Beatriz

Dra. en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Licenciado en Ciencias Ambientales

Gil Esteban, Luis Miguel

Licenciados en Ciencias Geológicas

Abajo Clemente, Angel
Blanco Zorroza, Alberto
Figueras Ferrer, Juan
Orejas Contreras, M^a Carmen
Usillos Espín, Pablo

Licenciados en Ciencias Químicas

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

Licenciado en Derecho

*Jarillo Cerrato, Pedro

Arquitectos Técnicos

Andrés Alarcón, Manuel
Baena Alonso, Carmen
Carrato Moñino, Rosa M^a
Estévez Márquez, Lourdes
Fernández Jiménez, Amelia
Martínez Pérez, Inmaculada
Miranda Valdés, Javier
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
Sánchez Domínguez, Oscar

Ingenieros Técnicos Industriales

Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
González Carmona, Manuel
Madueño Moraño, Antonio
Martínez Trigo, Francisco
Muñoz Fuentes, Miguel Angel

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Andrés Alarcón, Manuel
Carrero Crespo, Rafael
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
García Menéndez, David
García Moreno, M^a José
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Mata Soriano, Juan Carlos
Molina Collell, Blas
Montiel Sánchez, Ernesto
Muelas Moro, Elena
Muñoz Mesto, Angel
Prieto Antón, Eva Sonia
Romero Taboada, José Vicente
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Vicente, Andrés
Sillero Olmedo, Rafael
Soto López, Elena del
Vicente Girón, Susana

NOTA: Todo el personal de INTEMAC trabaja en dedicación completa y exclusiva, con la excepción de las personas arriba indicadas con, a las que se autoriza la dedicación a la Enseñanza Universitaria en régimen de dedicación personal.

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.

Precio de la suscripción Año 2000: 3300 pta.

ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno Nº 40
 "Tendencias actuales en el cálculo sísmico".
 Autores: **R. ÁLVAREZ CABAL**,
 Dr. Ing. Industrial.
J. R. ARROYO ARROYO,
 Ing. Industrial.
F. SANTOS OLALLA,
 Ing. Industrial.
J. M^a. RODRÍGUEZ ROMERO,
 Ing. de Caminos.
E. BAENA ALONSO,
 Ing. de Caminos.

Cuaderno Nº 41
 "Influencia de la puesta en obra del hormigón en la durabilidad de las estructuras de hormigón armado y pretensado".
 Autores: **M. BURÓN MAESTRO**,
 Dr. Ing. de Caminos.
J. FERNÁNDEZ GÓMEZ,
 Dr. Ing. de Caminos.
P. LÓPEZ SÁNCHEZ,
 Licenciado en Químicas.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno Nº 42
 "Compactación del hormigón. Reglas para el vibrado".
 Autor: **R. BARRIOS**,
 Ing. de Caminos.

MONOGRAFIAS INTEMAC

A partir de junio de 1998 INTEMAC emprendió una nueva línea de publicaciones con un carácter eminentemente práctico, destinadas a tratar temas muy concretos que, o bien presentan un nivel de problemas acusados en la práctica, o bien están insuficientemente cubiertos por la Normativa y la documentación técnica existente.

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 3
 "Aspectos visuales del hormigón".

Autores: *Prof. J. Calavera Ruiz, Prof. J. Fernández Gómez, G. González Isabel, P. López Sánchez, Prof. J. M. Pérez Luzardo*
 Precio de la Monografía 5.000 Ptas.

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 4
 "Prefabricación de edificios y naves industriales".

Autores: *Prof. J. Calavera, Prof. J. Fernández Gómez*,
 Precio de la Monografía 5.000 Ptas.

VIDEOS TECNICOS

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

SERIE OBRAS DE HORMIGÓN EN MASA, ARMADO Y PRETENSADO.

REFERENCIA	TÍTULO	CONTENIDO	DURACIÓN	PRECIO
Nº 2001 (1-1)	MUESTREO DE HORMIGÓN FRESCO, FABRICACIÓN Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGÓN	Contempla de forma completa y detallada el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, la medida de la consistencia con el Cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión. Esta nueva versión del Video 8801 (1), introduce las modificaciones de EHE y un sistema de estudio de la distribución de presiones de la prensa sobre la probeta así como los aspectos particulares del ensayo de hormigones de alta resistencia.	30 minutos	15.000 Ptas. 90,15 euros

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.

- 66 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 Cabal.
- 67 EL HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA (HSC): LAS CARACTERÍSTICAS QUE CONDICIONAN EL CÁLCULO ESTRUCTURAL. Enrique González Valle.
- 68 LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE INFORMACIÓN EN LAS OBRAS. Adolfo Delibes Liniers.
- 69 INVESTIGACIÓN SOBRE REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DAÑADAS POR CORROSIÓN DE ARMADURAS. Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez.
- 70 HORMIGONADO EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS: ESTUDIO DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS DURANTE EL HORMIGONADO DE UN TABLERO POSTENSADO.
 Adolfo Delibes Liniers; Jaime Fernández Gómez; Miguel Ángel Acón Robleña.
- 71 LA INFLUENCIA DEL DIAGRAMA TENSIÓN DEFORMACIÓN EN EL CÁLCULO A FLEXIÓN DE SECCIONES REALIZADAS CON HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA.
 Enrique González Valle; José M^a Izquierdo; Bernaldo de Quirós.
- 72 EFECTOS DINÁMICOS EN PUENTES. VARIACION DEL COEFICIENTE DE IMPACTO.
 Enrique López del Hierro Fernández; Juan José Benito Muñoz; Javier Gallego Valarde; Ramón Álvarez Cabal.
- 73 CUBIERTAS METÁLICAS DE GRAN LUZ. Mercedes Gómez Álvarez; Justo Díaz Lozano; Ramón Álvarez Cabal.
- 74 LA INSPECCIÓN Y ENSAYO. ORGANIZACIONES DE CONTROL DE CALIDAD Y LABORATORIOS.
 José Calavera Ruiz.

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



NUEVO

2001

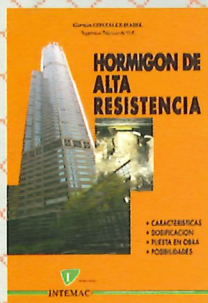
De acuerdo con la nueva instrucción EHE

MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- 374 páginas
- 244 Figuras
- 23 Fotografías
- 88 Referencias Bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 11.000 Pta.



HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA

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

- 316 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 6.500 Pta.

CÁLCULO, CONSTRUCCIÓN Y PATOLOGÍA DE FORJADOS DE EDIFICACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

Agotada la 4ª Edición
5ª Edición: Noviembre 2001

AGOTADO

MANUAL DE FERRALLA

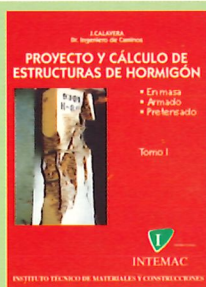
J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

E. GONZÁLEZ VALLE
(Dr. Ingeniero de Caminos)
J. FERNÁNDEZ GÓMEZ
(Dr. Ingeniero de Caminos)

F. VALENCIANO (Ingeniero Industrial)

Nueva edición: Marzo 2002

AGOTADO



PROYECTO Y CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

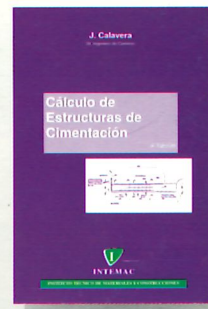
J. CALAVERA
(Dr. Ingeniero de Caminos)

De acuerdo con la nueva instrucción EHE

- EN MASA
- ARMADO
- PRETENSADO

- 2 Tomos con 2014 páginas
- 1296 Figuras
- 96 Fotografías
- 47 Ejemplos resueltos
- 139 Gráficos y Tablas de Cálculo
- 634 Referencias Bibliográficas

Precio de la obra completa: 24.000 Pta.



NUEVO

2000

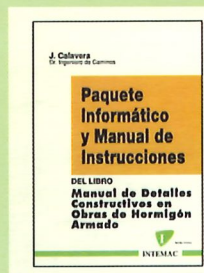
De acuerdo con la nueva instrucción EHE

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIÓN

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

- Un volumen con 519 páginas
- 271 Figuras
- 24 Ejemplos resueltos
- 39 Gráficos y Tablas de Cálculo
- 30 Tablas para el cálculo directo de Zapatas corridas según EHE, EUROCÓDIGO EC-2 Y ACI 318-99
- 30 Tablas para el cálculo directo de Zapatas aisladas según EHE, EUROCÓDIGO EC-2 Y ACI 318-99
- 90 Referencias Bibliográficas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 11.000 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 gualflex

Precio: - Libro: 17.000 Pta. - Paquete informático: 30.000 Pta.
(Manual de Instrucciones y Disquetes)

El libro y el programa se venden por separado



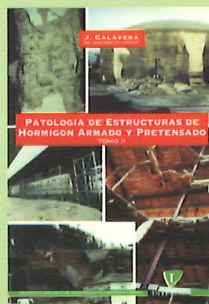
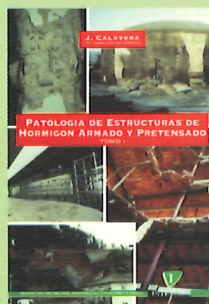
TECNOLOGÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

A. DELIBES (Dr. Ingeniero de Caminos)

2ª Edición

- 396 páginas
- Encuadernación en gualflex

Precio: 8.000 Pta.

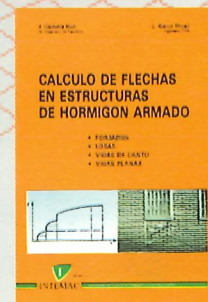


PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

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 gualflex

Precio de la obra completa: 17.000 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 gualflex

Precio: 7.400 Pta.
(Libro más paquete Informático)