

CUADERNOS INTEMAC

Incidencia de los aditivos antilavado en los hormigones puestos en obra bajo el agua
(hormigones sumergidos)

Impact of anti-washout admixtures in underwater concrete

Lorenzo Sanz Pérez
Dr. Ing. Caminos Canales y Puertos / Director General de Intemac
PhD. Civil Engineering / Intemac's General Manager



METIRE UT SCIAS

INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 65

1.º TRIMESTRE '07

INTEMAC



INTEMAC

INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTÍA DE CALIDAD

(D.C.T.) CONTROL PARA EL SEGURO DE DAÑOS

INFORMES DE PATOLOGÍA, REHABILITACIÓN Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PÚBLICAS
EDIFICACIÓN
INSTALACIONES



INTEMAC
A U D I T

AUDITORIA TÉCNICO-ECONÓMICA DE CONSTRUCCIONES

- ASESORÍA EN EL PLANTEAMIENTO Y EN LA CONTRATACIÓN DE LA OBRA
- SEGUIMIENTO DE COSTOS Y PLAZOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN
- VALORACIONES DE TERRENOS, INMUEBLES Y CONSTRUCCIONES
- AUDITORÍAS DE TRABAJOS PARCIALES Y DE LIQUIDACIÓN DE LA OBRA



INTEMAC
E C O

AUDITORÍA TÉCNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas

Edificación

Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

Aire

Agua

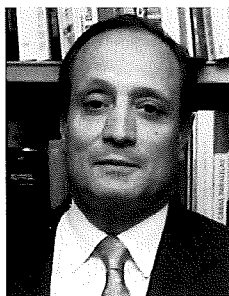
Ruido

AUDITORÍA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

**INCIDENCIA DE LOS ADITIVOS ANTLAVADO EN LOS HORMIGONES PUESTOS EN OBRA BAJO EL AGUA
(HORMIGONES SUMERGIDOS)**

IMPACT OF ANTI-WASHOUT ADMIXTURES IN UNDERWATER CONCRETE



Lorenzo Sanz Pérez
Dr. Ing. Caminos, Canales y Puertos / Director General de Intemac
PhD. Civil Engineering / Intemac's General Manager

Copyright © 2007, 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-49879-2004

Invoprint, s.l.

CONTENTS

1. INTRODUCTION
2. PURPOSE OF THE RESEARCH
3. EFFECT ON CONCRETE PROPERTIES
 - 3.1. VARIABLES ANALYZED
 - 3.2. PROPERTIES STUDIED
 - 3.2.1. *Consistency*
 - 3.2.2. *Resistance to segregation*
 - 3.2.3. *Resistance to washout*
 - 3.2.4. *Compressive strength*
 - 3.2.5. *Splitting tensile strength*
 - 3.2.6. *Permeability*
 - 3.2.7. *Air content*
 - 3.3. RESULTS OBTAINED
 - 3.3.1. *Consistency*
 - 3.3.2. *Resistance to segregation*
 - 3.3.3. *Resistance to washout*
 - 3.3.4. *Compressive strength*
 - 3.3.5. *Splitting tensile strength*
 - 3.3.6. *Permeability*
 - 3.3.7. *Air content*
 - 3.4. ANALYSIS OF RESULTS
 - 3.4.1. *Consistency*
 - 3.4.1.1. *Slump*
 - 3.4.1.2. *Flow table spread*
 - 3.4.2. *Resistance to segregation*
 - 3.4.3. *Resistance to washout*
 - 3.4.4. *Compressive strength*
 - 3.4.5. *Splitting tensile strength*
 - 3.4.6. *Permeability*
 - 3.4.7. *Air content*
4. EFFECT ON MECHANICAL PERFORMANCE OF CONSTRUCTION JOINTS IN UNDERWATER CONCRETE
 - 4.1. VARIABLES ANALYZED
 - 4.2. TESTS CONDUCTED
 - 4.3. RESULTS OBTAINED
 - 4.4. ANALYSIS OF RESULTS
5. EFFECT ON THE CONCRETE-STEEL BOND
 - 5.1. VARIABLES ANALYZED
 - 5.2. TESTS CONDUCTED
 - 5.3. RESULTS OBTAINED
 - 5.4. ANALYSIS OF RESULTS
6. CONCLUSIONS
7. SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH
8. REFERENCES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN
3. INFLUENCIA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS HORMIGONES
 - 3.1 VARIABLES ANALIZADAS
 - 3.2. PROPIEDADES ESTUDIADAS
 - 3.2.1. *Consistencia*
 - 3.2.2. *Resistencia a la segregación.*
 - 3.2.3. *Resistencia al lavado*
 - 3.2.4. *Resistencia a compresión*
 - 3.2.5. *Resistencia a tracción indirecta*
 - 3.2.6. *Permeabilidad*
 - 3.2.7. *Contenido de aire*
 - 3.3. RESULTADOS OBTENIDOS
 - 3.3.1. *Consistencia*
 - 3.3.2. *Resistencia a la segregación.*
 - 3.3.3. *Resistencia al lavado*
 - 3.3.4. *Resistencia a compresión*
 - 3.3.5. *Resistencia a tracción indirecta*
 - 3.3.6. *Permeabilidad*
 - 3.3.7. *Contenido de aire*
 - 3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
 - 3.4.1. *Consistencia*
 - 3.4.1.1. *Asiento.*
 - 3.4.1.2. *Escurrimiento*
 - 3.4.2. *Resistencia a la segregación.*
 - 3.4.3. *Resistencia al lavado*
 - 3.4.4. *Resistencia a compresión*
 - 3.4.5. *Resistencia a tracción indirecta*
 - 3.4.6. *Permeabilidad*
 - 3.4.7. *Contenido de aire*
4. INFLUENCIA SOBRE EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS JUNTAS DE HORMIGONADO EJECUTADAS BAJO EL AGUA
 - 4.1. VARIABLES ANALIZADAS
 - 4.2. ENSAYOS REALIZADOS
 - 4.3. RESULTADOS OBTENIDOS
 - 4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
5. INFLUENCIA SOBRE LA ADHERENCIA HORMIGÓN-ACERO
 - 5.1. VARIABLES ANALIZADAS
 - 5.2. ENSAYOS REALIZADOS
 - 5.3. RESULTADOS OBTENIDOS
 - 5.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
6. CONCLUSIONES
7. SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES
8. BIBLIOGRAFÍA

ABSTRACT

Although hydraulic concrete has been used in maritime works for at least 2000 years, the earliest references in modern literature to casting underwater concrete date from the second half of the nineteenth century. And it was not until the early twentieth century that the technique was used to erect large-scale structures.

While underwater concrete has been used successfully in many structures, this material is subject to an important shortcoming: the cement and fines on the surface in contact with the water may be washed out during placement, with the concomitant adverse effects on concrete properties.

During most of the twentieth century research was primarily geared to improving in situ casting methods, the aim being to limit the contact between the water and the concrete to the fronting surface and prevent the interaction from affecting the bulk of the concrete. Starting in the late nineteen seventies, the focus turned to improving the intrinsic characteristics of the fresh concrete by including admixtures to enhance its resistance to washout.

The present Intemac Review describes experimental research on the effect of anti-washout admixtures on concrete properties conducted at the Intemac Central Laboratory for the author's() PhD thesis.*

The research programme was divided into three stages, in which the effect of underwater casting – with and without anti-washout admixtures – on concrete properties, construction joint performance and the concrete-reinforcement bond were successively studied. The results obtained are briefly reported hereunder.

() SANZ, L. "Investigación experimental sobre las características mecánicas del hormigón, el comportamiento de las juntas de hormigonado y la adherencia hormigón-armaduras en los hormigones sumergidos". PhD thesis written under the supervision of Prof. J . CALAVERA in the School of Civil Engineering, Polytechnic University of Madrid. July 2005*

1. INTRODUCTION

In small-scale works or when space is tight, it may be impractical to mobilize the resources required to build docks with solid blocks or floating concrete caissons. *In situ* construction techniques, which involve casting concrete underwater, are often deployed in such circumstances. This approach is also commonly used in repairs or finishes on works built with other means, as well as to build foundations underneath the water table.

The use of underwater concrete in maritime environments entails a number of problems: in addition to the complex logistics and technical difficulties inherent in building in such a medium, the contact between the water and the fresh concrete, particularly if the latter is in motion, occasions the washout of the concrete fines – both cement and fine aggregate. This is detrimental to concrete strength and other properties and may translate into the possible formation of layers or pockets of loose aggregate with no cementitious material cover.

Special casting in place methods are deployed to surmount such difficulties. The spout at the bottom of the pipe carrying the concrete is sunk into the previously cast material, thereby limiting the contact between the concrete and the water to the advancing front (tremie pipe and related systems and pumped concrete). The drawback to such procedures, which yield good quality concrete, is that if the "hydraulic seal" formed by the previously cast concrete is broken for whatever reason, washout occurs, generating a pocket of aggregate devoid of cement and fines.

Since the late nineteen seventies a series of compounds known as anti-washout admixtures or agents have been developed to increase concrete mix viscosity and cohesion and drastically reduce water-mediated washout. But the use of anti-washout agents without other admixtures makes concrete nearly unworkable. Therefore, these compounds must be used in conjunction with superplasticizers (otherwise known as high-range water-reducing admixtures).

The above procedures yield washout-resistant and largely self-consolidating and self-levelling concretes. This

RESUMEN

Aunque la utilización de hormigón hidráulico en la construcción de obras marítimas se remonta a por lo menos hace 2000 años, las primeras referencias bibliográficas modernas acerca de la puesta en obra del hormigón bajo el agua (hormigón sumergido) datan de la segunda mitad del siglo XIX, y hay que esperar hasta principios del siglo XX para ver las primeras construcciones importantes realizadas con él.

El hormigón sumergido, técnica que ha dado lugar a excelentes construcciones, presenta, no obstante, el inconveniente de que en la superficie de contacto con el agua se produce un lavado de los finos del hormigón, tanto finos de los áridos como cemento, con la consiguiente disminución o pérdida de sus características.

Durante los primeros tres cuartos del siglo XX la investigación se orientó principalmente a la mejora de los métodos de puesta en obra, y tenía por objeto limitar el contacto entre agua y el hormigón a la superficie de avance del hormigonado, evitando que se extendiese a la masa de hormigón. A partir de finales de los años 70 el énfasis se orientó a la mejora de las características intrínsecas del hormigón fresco mediante la adición de aditivos (aditivos antilavado), con objeto de hacerlo resistente al lavado producido por el agua.

El presente Cuaderno Intemac recoge los resultados obtenidos en la investigación experimental acerca de la influencia de los aditivos antilavado sobre las propiedades del hormigón, llevada a cabo en el Laboratorio Central de Intemac para la realización de la tesis doctoral del autor ().*

El Plan de Investigación se dividió en tres fases en las que se estudiaron respectivamente la incidencia que tiene el hecho de hormigonar bajo el agua sobre las características del hormigón, sobre el comportamiento de las juntas de hormigonado y sobre la adherencia hormigón-armaduras, y la mejora que produce en los aspectos mencionados la adición al hormigón de aditivos antilavado. Los resultados obtenidos durante la investigación se recogen resumidamente, como se ha dicho, en este Cuaderno.

() SANZ, L. "Investigación experimental sobre las características mecánicas del hormigón, el comportamiento de las juntas de hormigonado y la adherencia hormigón-armaduras en los hormigones sumergidos". Tesis Doctoral realizada bajo la dirección del Prof. J. CALAVERA en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Julio de 2005.*

1. INTRODUCCIÓN

En las ocasiones en que el reducido volumen de la obra o la escasez de espacio disponible no hacen aconsejable la movilización de los medios necesarios para construir muelles portuarios mediante bloques macizos o cajones flotantes de hormigón, es frecuente acudir a su construcción in situ haciendo la puesta en obra del hormigón bajo el agua ("hormigón sumergido"). Esta técnica se utiliza también habitualmente para la realización de reparaciones o de remates de obras construidas por otros medios y es, así mismo, la que se emplea para construir cimentaciones profundas bajo el nivel freático.

El empleo del hormigón sumergido en medio marítimo, además de las dificultades logísticas y de realización del trabajo inherentes al medio en que se desarrolla, presenta el problema de que el contacto del agua con el hormigón fresco, principalmente si aquélla está en movimiento, produce un lavado de los finos del hormigón, tanto del cemento como de los finos de los áridos, y esto se traduce, además de en una reducción de la resistencia y de otras propiedades del hormigón, en la posible formación de capas o bolsadas de árido suelto desprovisto de material cementante.

El procedimiento usado para evitar los inconvenientes citados consiste en utilizar métodos de puesta en obra que introduzcan la boca de descarga de la tubería que suministra el hormigón dentro de la masa previamente vertida, limitando el contacto del hormigón con el agua a la superficie de avance del hormigonado (tubería tremie y sistemas derivados de ella, y hormigón bombeado). Estos procedimientos, con los que se consiguen hormigones de buenas características, tienen el inconveniente de que si, por un fallo o por cualquier otra causa, ocurre una pérdida del "sello hidráulico" constituido por el hormigón previamente vertido, se produce el lavado y se forma una bolsada de áridos desprovistos de cemento y de finos.

widens the possibilities of using underwater concrete to build port or other types of infrastructure where other more traditional procedures are not cost-efficient or where the necessary resources are not available.

The present Intemac Review reports on the results obtained in experimental research on the effect of anti-washout admixtures on concrete properties conducted at the Intemac Central Laboratory for the author's PhD thesis.

2. PURPOSE OF THE RESEARCH

The three aims pursued in this study were:

- a) To compare the properties of underwater concrete containing anti-washout admixtures to the properties of the same concrete cast on dry land without such admixtures.
- b) To evaluate the mechanical performance of underwater construction joints in this type of concrete.
- c) To estimate the effect of underwater placement on concrete-steel bonds.

3. EFFECT ON CONCRETE PROPERTIES

Research preliminaries included the characterization of laboratory concrete made with different dosages.

3.1. VARIABLES ANALYZED

The dosages were defined by combining the following variables:

- a) Two types of cement:
CEM III / B – 32.5 SR (blast furnace slag cement)
CEM IV / B – 32.5 SR/BC (pozzolanic cement)
- b) Two water contents:
180 l/m³
250 l/m³
- c) Two water/cement ratios and, accordingly, four cement contents:
a/c = 0.45 (400 kg/cm³ of cement and 555 kg/m³ of cement with 180 l/m³ and 250 l/m³ of water, respectively)
a/c = 0.60 (300 kg/cm³ of cement and 417 kg/m³ of cement with 180 l/m³ and 250 l/m³ of water, respectively)
- d) Three doses of cellulose-type anti-washout admixture (in per cent by cement weight):
0%
1%
2%

Since the addition of the cellulose-base anti-washout agent raised concrete viscosity and cohesion to practically unworkable levels, a 1% dose (by cement weight) of a high-range water-reducing admixture chemically compatible with the anti-washout agent was included in the mix in all cases.

The combination of the above variables resulted in twenty four different types of concrete (2x2x2x3). Nonetheless, since two pairs of variables, namely 180 l/m³ of water with a water/cement ratio of 0.45 and 250 l/m³ of water with a water/cement ratio of 0.60, led to practically the same cement content (400 kg/m³ and 417 kg/m³, respectively), the second was disregarded in the study. This left a total of eighteen different compositions.

Siliceous (12/20) and (5/12) quarry gravel and likewise siliceous rolled (0/5) sand were used throughout. The

Desde finales de los años setenta del siglo pasado se han venido desarrollando una serie de aditivos, conocidos bajo el nombre de aditivos o agentes antilavado, que aumentan la viscosidad y la cohesión de la masa de hormigón y reducen drásticamente el lavado por el agua. Pero la utilización de los agentes antilavado sin el empleo simultáneo de otros aditivos tiene, no obstante, el inconveniente de que hace a los hormigones prácticamente intrabajables, por lo que tienen que usarse en combinación con superplastificantes.

Se pueden así obtener hormigones resistentes al lavado, y en gran medida autocompactantes y autonivelantes, lo que abre nuevas posibilidades a la utilización del hormigón sumergido en la construcción de infraestructuras portuarias, o de otro tipo, en aquellas circunstancias en que no es aconsejable económicamente su construcción por otros procedimientos más tradicionales, o en que no es posible por no existir a mano los medios necesarios.

El presente Cuaderno Intemac recoge los resultados obtenidos en la investigación experimental acerca de la influencia de los aditivos antilavado sobre las propiedades del hormigón, llevada a cabo en el Laboratorio Central de Intemac para la realización de la tesis doctoral del autor.

2. OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación realizada persiguió tres objetivos:

- a) Conocer las variaciones que sufren las propiedades de los hormigones con aditivos antilavado puestos en obra bajo el agua con respecto a las que tienen esos mismos hormigones puestos en obra en seco con y sin los mencionados aditivos.
- b) Evaluar el comportamiento mecánico de las juntas de hormigonado ejecutadas bajo el agua en este tipo de hormigones.
- c) Estimar la variación que sufre la adherencia hormigón-acero.

3. INFLUENCIA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LOS HORMIGONES

En una primera fase de la investigación se hicieron ensayos de caracterización sobre hormigones amasados en laboratorio empleando varias dosificaciones.

3.1. VARIABLES ANALIZADAS

Las dosificaciones estudiadas resultaron de la combinación de las siguientes variables:

- a) Dos tipos de cemento:
CEM III / B - 32,5 SR (cemento de horno alto)
CEM IV / B - 32,5 SR/BC (cemento puzolánico)
- b) Dos contenidos de agua:
180 l/m³
250 l/m³
- c) Dos relaciones agua/cemento y, derivados de ellas, cuatro contenidos de cemento:
a/c = 0,45 (400 kg/m³ de cemento y 555 kg/m³ de cemento para 180 l/m³ y 250 l/m³ de agua respectivamente)
a/c = 0,60 (300 kg/m³ de cemento y 417 kg/m³ de cemento para 180 l/m³ y 250 l/m³ de agua respectivamente)
- d) Tres contenidos de aditivo antilavado de tipo celulósico (en tanto por ciento del peso de cemento):
0%
1%
2%

Debido a que la adición del aditivo antilavado proporcionaba a la masa de hormigón una viscosidad y una cohesión que la hacían prácticamente intrabajable, en todos los casos se empleó en combinación con él un superplastificante compatible químicamente con el aditivo antilavado en una proporción del 1% del peso de cemento.

La combinación de las variables mencionadas da lugar a veinticuatro dosificaciones diferentes (2x2x2x3). No obstante, dado que las parejas de variables 180 l/m³ de agua con relación agua/cemento 0,45 y 250 l/m³ de agua con rela-

fineness modulus method was used to establish the particle size distribution of the different doses.

3.2. PROPERTIES STUDIED

The following properties were determined for each dosage:

- Consistency.
- Resistance to segregation.
- Resistance to washout.
- Compressive strength (in both dry medium and underwater specimens).
- Splitting tensile strength (in both dry medium and underwater specimens).
- Permeability (in both dry medium and underwater specimens).
- Air content.

The tests to determine the properties studied are described briefly below.

3.2.1. Consistency

Consistency was determined with the slump test, pursuant to Spanish standard UNE 83313:90 [63] and the flow table test as per British standard BS 1881, part 105:90 [5].

3.2.2. Resistance to segregation

Resistance to segregation was found with a procedure based on the "Test Method of Evaluating Segregation of Concrete", proposed by Otsuki, Hisada, Nagataki and Kamada [38].

The method consists in determining the coefficient of variation in the weight of the coarse aggregate along the vertical axis in the six samples of fresh concrete obtained by dividing a cylindrical specimen 400.8 mm high by 140 mm in diameter into six identical portions measuring 66.8 mm each. The six-ring cylindrical mould specifically designed for this purpose at Intemac's Central Laboratory is shown in the photograph in Figure 1.



Fig. 1. Mould for resistance to segregation test

ción agua/cemento 0,60 proporcionan prácticamente el mismo contenido de cemento (400 kg/m^3 y 417 kg/m^3 respectivamente), en la investigación experimental se eliminó la segunda pareja, resultando así un total de dieciocho dosificaciones estudiadas.

En todos los casos se utilizó grava (12/20) y gravilla (5/12) de naturaleza silícea procedente de cantera y arena (0/5), también silícea, procedente de río. La composición granulométrica de las distintas dosificaciones se estableció por el Método de los Módulos de Finura.

3.2. PROPIEDADES ESTUDIADAS

Sobre cada una de las dosificaciones se determinaron las siguientes propiedades:

- Consistencia.
- Resistencia a la segregación.
- Resistencia al lavado.
- Resistencia a compresión (en probetas moldeadas en seco y en probetas moldeadas bajo el agua).
- Resistencia a tracción indirecta (en probetas moldeadas en seco y en probetas moldeadas bajo el agua).
- Permeabilidad (en probetas moldeadas en seco y en probetas moldeadas en agua).
- Contenido de aire.

Los ensayos para determinar las propiedades estudiadas fueron los que someramente se describen a continuación.

3.2.1. Consistencia

Se hicieron determinaciones de la consistencia mediante la medición del Asiento en el Cono de Abrams, según la norma UNE 83313:90 [63], y mediante la medición del escurrimiento en la mesa de sacudidas (Flow Table Test), según la norma BS 1881, part 105: 1984 [5].

3.2.2. Resistencia a la segregación.

El procedimiento utilizado para medir la resistencia a la segregación está basado en el método "Test Method of Evaluating Segregation of Concrete", propuesto por Otsuki, Hisada, Nagataki y Kamada [38].

Consiste en la determinación del coeficiente de variación con la vertical del contenido de árido en las seis muestras de hormigón fresco obtenidas al dividir una probeta cilíndrica de hormigón de 400,8 mm de altura y 140 mm de diámetro en seis porciones iguales de 66,8 mm de altura. A tal fin, se utilizó un molde cilíndrico expresamente diseñado para este propósito en el Laboratorio Central de Intemac, formado por seis anillos independientes que se acoplan unos en otros. En la Figura nº 1 se muestra una fotografía del molde, en la que se pueden apreciar los seis anillos que lo constituyen, y del proceso de realización del ensayo.



Fig. 1. Ensayo de resistencia a la segregación

3.2.3. Resistance to washout

To find resistance to washout, a sample of fresh concrete was poured into a container of water, after which the suspended cement and fines were filtered, desiccated and weighed, and the pH of the water was measured. This method is described in the "Method of Test for Level of Underwater Washout in Anti-washout Underwater Concrete", specified in the Standards of the Japan Society of Civil Engineers, Annex 2, annexed to its "Recommendations for design and construction of anti-washout underwater concrete" [34].

3.2.4. Compressive strength

Cylindrical specimens measuring 150 mm in diameter and 300 mm high, moulded both in a dry medium and underwater, were tested for compressive strength at the ages of 7, 28 and 90 days.

In the dry-moulded specimens, manufactured to Spanish standard UNE 83301:91 [58], the samples were taken in accordance with the specifications laid down in UNE 83300:84 [57] and capping and testing were performed as per UNE 83303:84 [59] and UNE 83304:84 [60], respectively.

In the specimens moulded underwater, sampling, capping and testing were also conducted as specified in the above standards. On this case, however, these specimens were manufactured as described in the "Procedures for Preparation of Underwater Fabricated Specimens for Compressive Strength Test of Anti-washout Underwater Concrete", set out in the Standards of the Japan Society of Civil Engineers annexed to its "Recommendations for design and construction of anti-washout underwater concrete" [34]. The photographs in Figure 2 illustrate the procedure used to manufacture the underwater specimens.

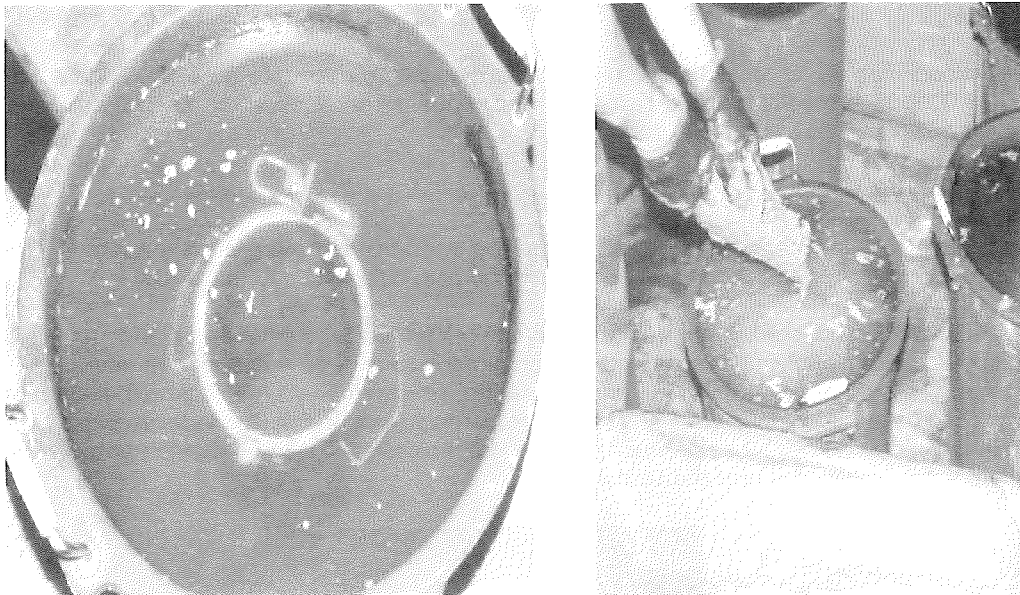


Fig. 2. Underwater casting procedure

The method consisted in fully immersing the empty mould in a container of water 5-10-cm deeper than the mould, which was slowly filled with concrete. In this operation, the mix was poured vertically into the centre of the mould from the top of the container (i.e., the concrete flowed freely through the water for a short distance). The concrete was not consolidated.

The full moulds were removed from the container and any excess concrete was struck off the top with a trowel or float. All other procedures were conducted as described in Spanish standard UNE 83301:91 [58]. The photograph in Figure 3 shows an underwater specimen after demoulding.

3.2.3. Resistencia al lavado

La determinación de la resistencia al lavado se hizo mediante la medición del contenido de cemento y de finos en suspensión en el agua, por filtrado, desecación y pesada, y mediante la medición del pH del agua, tras verter en caída libre una muestra de hormigón fresco en un recipiente que contenía agua, de acuerdo con el método "Method of Test for Level of Underwater Washout in Antiwashout Underwater Concrete", especificado en los Standards of the Japan Society of Civil Engineers, Annex 2, anexos a la "Recommendations for design and construction of antiwashout underwater concrete" [34].

3.2.4. Resistencia a compresión

Se hicieron determinaciones de resistencia a compresión a 7, 28 y 90 días sobre probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, tanto sobre probetas moldeadas en seco como sobre probetas moldeadas bajo el agua.

En las probetas moldeadas en seco la toma de muestras se hizo de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE 83300:84 [57], la fabricación según la norma UNE 83301:91 [58], y el refrentado y ensayo de conformidad con lo establecido en las normas UNE 83303:84 [59] y UNE 83304:84 [60] respectivamente.

En las probetas moldeadas bajo el agua la toma de muestras, el refrentado y el ensayo se hicieron según lo previsto en las normas arriba citadas. Por su parte la fabricación se hizo según lo especificado en el método "Procedures for Preparation of Underwater Fabricated Specimens for Compressive Strength Test of Antiwashout Underwater Concrete", recogido en los Standards of the Japan Society of Civil Engineers anexos a la "Recommendations for design and construction of antiwashout underwater concrete" [34]. En la Figura nº 2 se muestran dos fotografías del proceso de fabricación de las probetas bajo el agua.

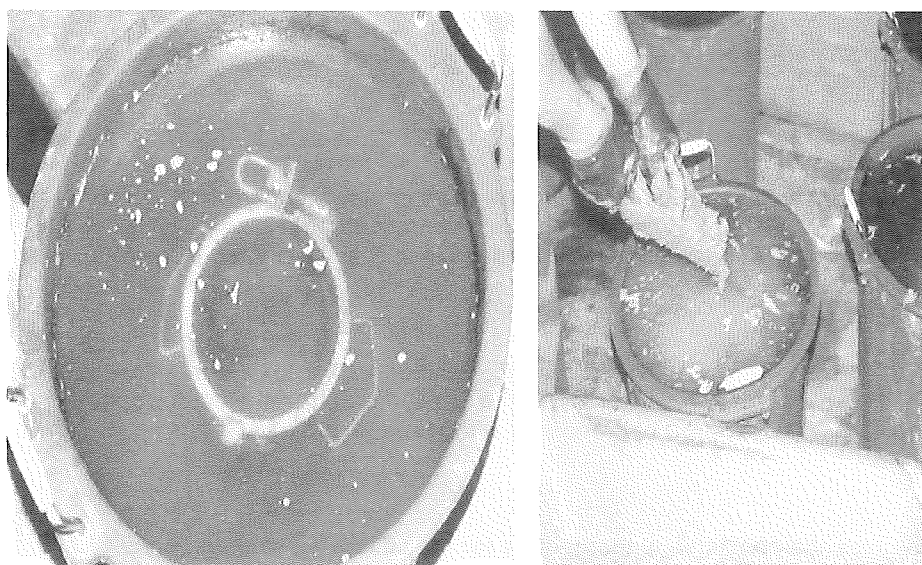


Fig. 2. Proceso de moldeo de probetas bajo el agua

El procedimiento consiste en la inmersión del molde vacío en un recipiente que contiene agua en una cantidad tal que su cara superior quede cubierta por una lámina de agua entre 5 cm y 10 cm de espesor. Seguidamente se va llenando el molde vertiendo poco a poco el hormigón desde la superficie del agua en la vertical del centro de la base del molde hasta colmatarlo (el hormigón hace, por lo tanto, un pequeño recorrido en caída libre a través del agua). No se le aplica compactación alguna.

Una vez llenos los moldes se sacan del recipiente y se elimina a continuación el exceso de hormigón con una llana o fratás. El resto de las operaciones del proceso de fabricación de las probetas coincide con lo establecido en la norma UNE 83301:91 [58]. En la Figura nº 3 se muestra el aspecto de una probeta fabricada bajo el agua una vez desmoldeada.

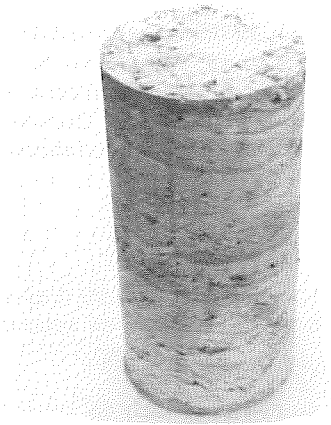


Fig. 3. Underwater-moulded specimen

3.2.5. Splitting tensile strength

Cylindrical specimens measuring 150 mm in diameter and 300 mm high, moulded both in a dry medium and underwater, were subjected to the splitting tensile test described in Spanish standard UNE 83306:85 [61]. Prior to conducting this trial, all specimens were tested for pressurized water penetration.

3.2.6. Permeability

Dry and underwater specimens were tested for permeability to pressurized water as described in Spanish standard UNE 83309:90 EX [62].

3.2.7. Air content

Finally, concrete air content was determined as specified in Spanish standard UNE 83315:96 [64], using the volumetric method described in Item 4.1 of the standard. The measuring device was calibrated to the procedure set out in Annex B of the standard and the sample was consolidated as described in Item 5.5.4, "rodding".

3.3. RESULTS OBTAINED

The following items contain a summary of the results obtained in the tests conducted in the first stage of the experiment, designed to compare the variations in the properties of anti-washout underwater concrete to the variations of the same concrete cast on dry land and without admixtures.

3.3.1 Consistency

The following Table gives the consistency test results for the concretes studied.

CONSISTENCY						
CEMENT TYPE CEMENT CONTENT (kg/m ³)	III			IV		
	300	400	555	300	400	555
SLUMP (mm)						
Anti-washout admixture content (0%)	160	170	280	190	190	260
Anti-washout admixture content (1%)	210	240	250	210	240	250
Anti-washout admixture content (2%)	210	210	240	220	210	250
SPREAD ON FLOW TABLE (diameter in mm)						
Anti-washout admixture content (0%)	540	570	590	580	570	590
Anti-washout admixture content (1%)	500	530	560	510	560	570
Anti-washout admixture content (2%)	470	460	480	500	480	490



Fig. 3. Aspecto de una probeta moldeada bajo el agua

3.2.5. Resistencia a tracción indirecta

Se hicieron determinaciones de tracción indirecta, según lo establecido en la norma UNE 83306:85 [61], sobre probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura moldeadas en seco y sobre probetas moldeadas bajo el agua. Ambos tipos de probetas habían sido previamente sometidos al ensayo de penetración de agua a presión.

3.2.6. Permeabilidad

Se hicieron, también, determinaciones de la permeabilidad de las probetas, fabricadas en seco y fabricadas bajo el agua, mediante el ensayo de penetración de agua a presión según la norma UNE 83309:90 EX [62].

3.2.7. Contenido de aire

Finalmente se hicieron determinaciones del contenido de aire del hormigón de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE 83315:96 [64], siguiendo el Método de la Columna de Agua definido en el Apartado 4.1 de la norma, previa calibración del medidor utilizando el procedimiento del anexo B de la norma, y realizando la compactación de la muestra de acuerdo con el procedimiento de "compactación con barra" descrito en su Apartado 5.5.4.

3.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en los ensayos efectuados en la primera fase de la investigación experimental, dedicada a conocer las variaciones que sufren las propiedades de los hormigones con aditivos antilavado puestos en obra bajo el agua con respecto a las que tienen esos mismos hormigones puestos en obra en seco con y sin los mencionados aditivos, son los que resumidamente se presentan a continuación.

3.3.1. Consistencia

La Tabla que sigue a continuación muestra los resultados obtenidos en los ensayos para determinar la consistencia de los hormigones fabricados.

CONSISTENCIA						
CEMENTO TIPO	III			IV		
CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
ASIENTO EN EL CONO DE ABRAMS (descenso en mm)						
Contenido de aditivo antilavado 0%	160	170	280	190	190	260
Contenido de aditivo antilavado 1%	210	240	250	210	240	250
Contenido de aditivo antilavado 2%	210	210	240	220	210	250
ESCURRIMIENTO EN MESA DE SACUDIDAS (diámetro en mm)						
Contenido de aditivo antilavado 0%	540	570	590	580	570	590
Contenido de aditivo antilavado 1%	500	530	560	510	560	570
Contenido de aditivo antilavado 2%	470	460	480	500	480	490

3.3.2 Resistance to segregation

The Table below shows the coefficient of variation in the weight of the coarse aggregate along the vertical axis in the specimens.

COARSE AGGREGATE WEIGHT: COEFFICIENT OF VARIATION FROM THE VERTICAL AXIS IN SPECIMENS (%)						
CEMENT TYPE	III			IV		
CEMENT CONTENT (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
Anti-washout admixture content (0%)	2,58	3,92	5,67	10,02	5,98	5,52
Anti-washout admixture content (1%)	2,09	2,45	3,79	7,28	5,38	4,69
Anti-washout admixture content (2%)	1,92	2,00	2,64	7,15	3,26	4,69

3.3.3 Resistance to washout

The results of the test conducted to determine resistance to washout are given in the Table below.

RESISTANCE TO WASHOUT						
CEMENT TYPE	III			IV		
CEMENT CONTENT (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
SOLIDS IN SUSPENSION (mg/l)						
Anti-washout admixture content (0%)	25.851	12.961	10.189	7.031	19.560	12.068
Anti-washout admixture content (1%)	7.898	4.070	2.366	2.950	4.198	2.404
Anti-washout admixture content (2%)	2.022	1.143	846	2.538	321	538
pH						
Anti-washout admixture content (0%)	12,2	12,1	12,0	12,4	12,6	12,3
Anti-washout admixture content (1%)	12,0	12,1	12,1	12,1	12,2	12,1
Anti-washout admixture content (2%)	11,9	11,7	11,9	12,0	11,7	11,8

3.3.4 Compressive strength

In the admixture range used (0 to 2%), the impact of anti-washout admixture content and underwater casting on concrete compressive strength followed a similar pattern in the three ages tested (7, 28 and 90 days), in light of which only the 28-day results are given below.

28-DAY COMPRESSIVE STRENGTH (MPa)						
CEMENT TYPE	III			IV		
CEMENT CONTENT (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
SPECIMENS MOULDED IN A DRY MEDIUM						
Anti-washout admixture content (0%)	24,65	33,85	69,75	26,70	33,75	63,35
Anti-washout admixture content (1%)	29,85	41,30	50,55	23,75	30,95	42,70
Anti-washout admixture content (2%)	24,10	32,95	43,65	21,05	27,50	35,35
SPECIMENS MOULDED UNDERWATER						
Anti-washout admixture content (0%)	0,00	0,00	28,95	0,00	0,45	23,65
Anti-washout admixture content (1%)	2,00	10,65	33,55	1,15	7,00	26,15
Anti-washout admixture content (2%)	6,15	22,90	35,40	7,00	16,55	30,50

3.3.5 Splitting tensile strength

The results of the splitting tensile strength tests are given in the following Table.

3.3.2. Resistencia a la segregación.

En la Tabla que sigue se muestran los valores del coeficiente de variación con la vertical del contenido de árido en las probetas fabricadas para realizar el ensayo.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN CON LA VERTICAL DEL CONTENIDO DE ÁRIDOS EN LA PROBETAS (%)						
CEMENTO TIPO	III			IV		
CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
Contenido de aditivo antilavado 0%	2,58	3,92	5,67	10,02	5,98	5,52
Contenido de aditivo antilavado 1%	2,09	2,45	3,79	7,28	5,38	4,69
Contenido de aditivo antilavado 2%	1,92	2,00	2,64	7,15	3,26	4,69

3.3.3. Resistencia al lavado

Los resultados del ensayo realizado para determinar la resistencia al lavado son los que figuran en la Tabla que sigue.

RESISTENCIA AL LAVADO						
CEMENTO TIPO	III			IV		
CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (mg/l)						
Cont. de aditivo antilavado 0%	25.851	12.961	10.189	7.031	19.560	12.068
Cont. de aditivo antilavado 1%	7.898	4.070	2.366	2.950	4.198	2.404
Cont. de aditivo antilavado 2%	2.022	1.143	846	2.538	321	538
pH						
Cont. de aditivo antilavado 0%	12,2	12,1	12,0	12,4	12,6	12,3
Cont. de aditivo antilavado 1%	12,0	12,1	12,1	12,1	12,2	12,1
Cont. de aditivo antilavado 2%	11,9	11,7	11,9	12,0	11,7	11,8

3.3.4. Resistencia a compresión

Dentro del rango de contenidos de aditivo antilavado ensayado (del 0% al 2%), la incidencia sobre las resistencia a compresión del contenido de aditivo antilavado y de la puesta en obra bajo el agua mostró una evolución similar en las tres edades del hormigón ensayadas (7, 28 y 90 días), razón por la cual se presentan nada más que los resultados obtenidos a 28 días de edad.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS (MPa)						
CEMENTO TIPO	III			IV		
CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
PROBETAS MOLDEADAS EN SECO						
Contenido de aditivo antilavado 0%	24,65	33,85	69,75	26,70	33,75	63,35
Contenido de aditivo antilavado 1%	29,85	41,30	50,55	23,75	30,95	42,70
Contenido de aditivo antilavado 2%	24,10	32,95	43,65	21,05	27,50	35,35
PROBETAS MOLDEADAS BAJO EL AGUA						
Contenido de aditivo antilavado 0%	0,00	0,00	28,95	0,00	0,45	23,65
Contenido de aditivo antilavado 1%	2,00	10,65	33,55	1,15	7,00	26,15
Contenido de aditivo antilavado 2%	6,15	22,90	35,40	7,00	16,55	30,50

3.3.5. Resistencia a tracción indirecta

Los resultados de los ensayos de resistencia a tracción indirecta son los que figuran en la Tabla que sigue a continuación.

SPLITTING TENSILE STRENGTH (MPa)						
CEMENT TYPE	III			IV		
CEMENT CONTENT (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
SPECIMENS MOULDED IN A DRY MEDIUM						
Anti-washout admixture content (0%)	(*)	3,57	5,30	4,08	4,59	5,71
Anti-washout admixture content (1%)	3,87	4,18	4,99	3,67	4,28	4,08
Anti-washout admixture content (2%)	2,85	4,18	4,69	3,87	3,57	3,36
SPECIMENS MOULDED UNDERWATER						
Anti-washout admixture content (0%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anti-washout admixture content (1%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,47
Anti-washout admixture content (2%)	0,00	2,45	4,38	0,00	2,55	3,77

(*) aberrant result, disregarded

3.3.6 Permeability

The mean pressurized water penetration depths are shown in the Table below.

MEAN PRESSURIZED WATER PENETRATION (mm)						
CEMENT TYPE	III			IV		
CEMENT CONTENT (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
SPECIMENS MOULDED IN A DRY MEDIUM						
Anti-washout admixture content (0%)	(*)	70	8	21	16	7
Anti-washout admixture content (1%)	19	8	15	18	11	9
Anti-washout admixture content (2%)	18	12	14	12	12	12
SPECIMENS MOULDED UNDERWATER						
Anti-washout admixture content (0%)	P	P	P	P	P	P
Anti-washout admixture content (1%)	P	P	P	P	P	17
Anti-washout admixture content (2%)	P	38	18	P	26	11

(*) aberrant result, disregarded

P = permeability

3.3.7. Air content

The entrained air content obtained in the various tests is set out in the following Table.

ENTRAINED AIR CONTENT (%).						
CEMENT TYPE	III			IV		
CEMENT CONTENT (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
Anti-washout admixture content (0%)	0,1	0,1	0,2	0,6	0,7	0,2
Anti-washout admixture content (1%)	2,2	1,1	1,5	1,8	1,3	1,6
Anti-washout admixture content (2%)	2,0	2,2	2,1	2,0	3,4	2,6

3.4. ANALYSIS OF RESULTS

The key conclusions to be drawn from the results obtained in the first stage of the research are discussed below.

3.4.1 Consistency

A distinction must be drawn in this regard between slump and flow table spread diameter findings.

3.4.1.1. Slump

Slump, which was on the order of 200 mm, did not react uniformly to changes in anti-washout admixture content. Increases or decreases in slump values with different proportions of admixture depended on the cement content

in each case.

Generally speaking, in the range of cement contents tested, when the cement content was low the admixture raised slump values, by 15% to 30%, whereas in concretes with a high cement content, slump declined by 5% to 15 when the anti-washout agent was added.

3.4.1.2. Flow table spread

The range of variation in flow table consistency measurements was greater than in the slump values. Mean flow table spread was around 500 mm.

Furthermore, spread values consistently declined as anti-washout admixture content rose: i.e., opposing patterns were not recorded. For admixture content of 2% by cement weight, the diameter was from 15% to 20% smaller than in specimens with no admixture.

Given its more even behaviour and greater sensitivity to variations in the anti-washout admixture, the flow table test was found to be a more recommendable procedure than the slump test to evaluate the consistency of anti-washout concrete.

3.4.2. Resistance to segregation

Resistance to segregation, measured as the coefficient of variation in the weight of the coarse aggregate along the vertical axis of a specimen, increased with anti-washout admixture content (the lower the value of the coefficient, the higher the resistance to segregation).

In concrete made with type III cement and a given anti-washout admixture content, the resistance to segregation declined as the cement content in the concrete rose, whereas the reverse pattern was observed in concrete made with type IV cement.

For a content of anti-wash out admixture of 2%, in type III cement concrete, the coefficient of variation in the weight of the coarse aggregate along the vertical axis was around 2%, while in type IV cement concrete the coefficient ranged from a maximum of 7% for a cement content of 300 kg/m³ to a minimum of 3% for a cement content of 400 kg/m³.

3.4.3. Resistance to washout

Concrete resistance to washout grew with anti-washout admixture content.

Here also a distinction must be drawn between the two types of test conducted: the suspension of solids in the water and its pH. The solids in suspension procedure proved to be preferable to pH for its higher sensitivity to variations in anti-washout admixture content.

3.4.4. Compressive strength

The effect of anti-washout admixture content and underwater casting on concrete compressive strength is summarized in the Table below. For reader analysis, in addition to the joint effect of the two parameters, the effect of each is shown separately.

- Effect of the anti-washout admixture. quantified as the 28-day concrete compressive strength ratio between dry specimens containing anti-washout admixture and likewise dry specimens without the admixture.
- Effect of underwater casting. quantified as the 28-day concrete compressive strength ratio between underwater specimens containing anti-washout admixture and dry specimens also containing the admixture.
- Joint effect of the anti-washout admixture and underwater casting, the product of the two preceding effects, quantified as the 28-day concrete compressive strength ratio between underwater specimens containing anti-washout admixture and dry specimens without the admixture.

En general, dentro del rango de contenidos de cemento ensayado, con los contenidos bajos de cemento la adición del aditivo da lugar a incrementos del asiento hasta niveles del orden del 15% al 30%, mientras que con los contenidos altos de cemento la adición produce disminuciones en órdenes de magnitud del 5% al 15%.

3.4.1.2. *Escurrimiento*

El rango de variación de los valores de la consistencia medida mediante el ensayo de escurrimiento en la mesa de sacudidas es mayor que el de los del asiento en el cono de Abrams. El escurrimiento medio se situó en el entorno de los 500 mm.

Por otro lado, los valores del escurrimiento tienen una evolución con el contenido de aditivo antilavado que no presenta cambios de tendencia, ya que en todos los casos el diámetro de la torta disminuye al aumentar el contenido de aditivo. Para contenidos de aditivo del 2% del peso de cemento el diámetro es entre un 15% y un 20% inferior al que se produce antes de añadir el aditivo.

Dadas, por lo tanto, su mayor uniformidad de comportamiento y su mayor sensibilidad a la variación de aditivo antilavado, el ensayo de escurrimiento en la mesa de sacudidas es más recomendable que el de medición del asiento en el cono de Abrams para evaluar la consistencia de los hormigones que contienen aditivos antilavado.

3.4.2. **RESISTENCIA A LA SEGREGACIÓN.**

De los resultados obtenidos se deduce que la resistencia a la segregación, medida a través del coeficiente de variación con la vertical del contenido de árido en una probeta, aumenta a medida que se incrementa el contenido de aditivo antilavado en el hormigón (a menor valor del coeficiente mayor resistencia a la segregación).

En los hormigones fabricados con cemento tipo III la resistencia a la segregación disminuyó, para un contenido dado de aditivo antilavado, conforme aumentaba el contenido de cemento en el hormigón, mientras que en los hormigones fabricados con cemento tipo IV la tendencia fue justamente la contraria.

En los hormigones fabricados con cemento tipo III el coeficiente de variación con la vertical del contenido de árido en la probeta se situó en valores del orden del 2%, mientras que en los hormigones fabricados con cemento tipo IV el coeficiente de variación osciló entre un máximo del 7% para un contenido de cemento de 300 kg/m³ y un mínimo del 3% para un contenido de cemento de 400 kg/m³.

3.4.3. **Resistencia al lavado**

La resistencia al lavado de los hormigones aumenta conforme se incrementa el contenido de aditivo antilavado.

También en este caso es necesario distinguir entre los dos tipos de ensayos efectuados; la medición de sólidos en suspensión en el agua, y la medición del pH del agua. La medición de sólidos en suspensión es más recomendable que la medición del pH dada la mayor sensibilidad de la primera a las variaciones del contenido de aditivo antilavado.

3.4.4. **Resistencia a compresión**

La incidencia que tienen el contenido de aditivo antilavado y la puesta en obra bajo el agua sobre la resistencia a compresión de los hormigones queda sintetizada en la Tabla que sigue a continuación, en la cual, para un más fácil análisis, se ha desglosado el proceso en tres pasos:

- Efecto de la adición del aditivo antilavado. Cuantificado mediante la relación de la resistencia a compresión a 28 días de las probetas de hormigón con aditivo antilavado moldeadas en seco a la de las probetas sin aditivo moldeadas también en seco.
- Efecto de la puesta en obra bajo el agua. Cuantificado mediante la relación de la resistencia a compresión a 28 días de las probetas de hormigón con aditivo antilavado moldeadas bajo el agua a la de las probetas también con aditivo moldeadas en seco.
- Efecto conjunto de la adición del aditivo antilavado y de la puesta en obra bajo el agua, producto de los dos anteriores. Cuantificado mediante la relación de la resistencia a compresión a 28 días de las probetas de hormigón con aditivo antilavado moldeadas bajo el agua a la de las probetas sin aditivo moldeadas en seco.

EFFECT OF THE ANTI-WASHOUT ADMIXTURE AND UNDERWATER CASTING ON 28-DAY COMPRESSIVE STRENGTH (strength ratios in per cent, values rounded to 5%)						
CEMENT TYPE	III			IV		
CEMENT CONTENT (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
ANTI-WASHOUT ADMIXTURE CONTENT (0%)						
Effect of anti-washout admixture	---	---	---	---	---	---
Effect of underwater casting	0	0	40	0	0	40
Joint effect	0	0	40	0	0	40
ANTI-WASHOUT ADMIXTURE CONTENT (1%)						
Effect of anti-washout admixture	120	120	70	90	90	65
Effect of underwater casting	5	25	65	5	25	60
Joint effect	10	30	50	5	20	40
ANTI-WASHOUT ADMIXTURE CONTENT (2%)						
Effect of anti-washout admixture	100	100	65	80	80	55
Effect of underwater casting	25	70	80	35	60	85
Joint effect	25	70	50	25	50	50

As the Table shows, with the exception of exceedingly high cement contents of 555 kg/m³, in the short drop through the water from the surface to mould interiors, concrete washout caused concrete compressive strength to drop to zero in specimens moulded underwater without anti-washout admixtures. In other words, the **common practice of moderately increasing cement content to prevent the loss of strength prompted by possible washout is completely ineffective.**

For the anti-washout and high-range water-reducing admixtures and cement types used and a cement content of less than or equal to 400 kg/m³, inclusion of the admixture may imply a slight gain or a slight loss of strength, depending on the type of cement used.

From the standpoint of compressive strength, the minimum anti-washout admixture content recommended is 2% of cement by weight, and the minimum cement content should be on the order of 400 kg/m³. Under these circumstances, **the concrete compressive strength ratio between anti-washout underwater specimens and dry specimens without the admixture ranged from 50% to 70%, depending on the type of cement used.**

Pursuant to the results obtained, and taking underwater specimen strength as a reference, **anti-washout underwater structural members should not be dimensioned or designed to strengths of over 20 or 25 MPa. Cement doses substantially larger than 400 kg/m³ are required for higher strengths.**

Nonetheless, strength may be lower in underwater specimens, which flow freely through the water during manufacture, than in concrete cast in place in accordance with the methods and precautions normally deployed in such conditions. Consequently, for the types and content of cements and anti-washout admixtures studied, the ceiling strength mentioned may be regarded to be a minimum guaranteed value – even in cases where concrete comes into contact with the water for a moderate distance during the casting operation due to breakage of a hydraulic seal or any other reason.

The Table compares the 28- and 90-day strengths of anti-washout underwater concrete to the strengths of concrete without the admixture and cast on dry land. These figures show that the 90-day strengths were similar for the two types of cement used, and that with cement contents of 400 kg/m³ or lower, recovery was greater in type IV than type III cement, for the 28-day strength was smaller in the former.

INCIDENCIA SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS DEL ADITIVO ANTILAVADO Y DE LA PUESTA EN OBRA BAJO EL AGUA. (relación de resistencias en tanto por ciento, valores redondeados al 5%)						
CEMENTO TIPO	III			IV		
CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
CONTENIDO DE ADITIVO ANTILAVADO 0%						
Efecto del aditivo antilavado	---	---	---	---	---	---
Efecto de la puesta en obra bajo agua	0	0	40	0	0	40
Efecto conjunto	0	0	40	0	0	40
CONTENIDO DE ADITIVO ANTILAVADO 1%						
Efecto del aditivo antilavado	120	120	70	90	90	65
Efecto de la puesta en obra bajo agua	5	25	65	5	25	60
Efecto conjunto	10	30	50	5	20	40
CONTENIDO DE ADITIVO ANTILAVADO 2%						
Efecto del aditivo antilavado	100	100	65	80	80	55
Efecto de la puesta en obra bajo agua	25	70	80	35	60	85
Efecto conjunto	25	70	50	25	50	50

Como se desprende de la Tabla, excepto para contenidos de cemento excesivamente elevados, 555 kg/m³, el lavado que se produce en el reducido recorrido del hormigón a través del agua, desde la superficie del recipiente en que se colocan los moldes hasta el interior de estos, hace que la resistencia a compresión de las probetas de hormigones sin aditivo antilavado moldeadas bajo el agua sea nula. Es decir, que **la práctica habitual de aumentar algo la dotación de cemento para prevenir la pérdida de resistencia que produciría un eventual lavado por el agua no tiene ninguna eficacia.**

Con los tipos de cemento, aditivo antilavado y superplastificante utilizados y para contenidos de cemento iguales o inferiores a 400 kg/m³, la adición del aditivo puede implicar una ligera mejora o una ligera pérdida de la resistencia del hormigón, dependiendo del tipo de cemento utilizado.

Desde el punto de vista de la resistencia a compresión es recomendable una dosificación mínima de aditivo antilavado del 2% del peso de cemento, y llegar a contenidos de cemento del orden de 400 kg/m³. En estas circunstancias **la relación de la resistencia de las probetas con aditivo moldeadas bajo el agua a la de las probetas sin aditivo moldeadas en seco se sitúa en valores que oscilan entre el 50% y el 70%, dependiendo del tipo de cemento empleado.**

De acuerdo con los resultados obtenidos, y tomando como referencia la resistencia de las probetas moldeadas bajo el agua, **no se debería de contar, a efectos del dimensionamiento y cálculo de elementos estructurales construidos bajo el agua con hormigones que contienen aditivos antilavado, con resistencias superiores a los 20 MPa ó 25 Mpa.** Para poder contar con resistencias superiores a las indicadas sería preciso utilizar dosificaciones de cemento netamente superiores a los 400 kg/m³.

No obstante, hay que tener en cuenta que la resistencia de las probetas moldeadas bajo el agua, al experimentar el hormigón una cierta caída libre a través de ella durante su fabricación, está posiblemente penalizada con respecto a la que tendría el hormigón colocado en el tajo con los métodos y precauciones habituales de la puesta en obra bajo el agua. En consecuencia, con los tipos y contenidos de cemento y aditivo antilavado citados, la resistencia tope mencionada puede considerarse como un valor mínimo garantizado aún en los casos en que, al producirse una rotura del sello hidráulico en la puesta en obra del hormigón o por otra causa, tiene lugar una caída libre moderada del hormigón a través del agua.

Por lo que respecta a la evolución de la resistencia con la edad, en la Tabla que sigue se presentan las relaciones de las resistencias a 28 y a 90 días de los hormigones con aditivo antilavado puestos en obra bajo el agua a las resistencias de los hormigones sin aditivo puestos en obra en seco. De ella se deduce que con los dos tipos de cemento utilizados se alcanzan a 90 días relaciones de resistencias similares, siendo, para contenidos de cemento de 400 kg/m³ o menores, la recuperación de los hormigones fabricados con cemento tipo IV mayor que la de los que contienen cemento tipo III, ya que parten de unas relaciones a 28 días menores.

28- AND 90-DAY COMPRESSIVE STRENGTH RATIOS OF ANTI-WASHOUT UNDERWATER CONCRETE TO CONCRETE CAST IN A DRY MEDIUM WITHOUT THE ADMIXTURE
(strength ratios in per cent, values rounded to 5%)

CEMENT TYPE CEMENT CONTENT (kg/m ³)	III			IV		
	300	400	555	300	400	555
ANTI-WASHOUT ADMIXTURE CONTENT (1%)						
28 day/28 day ratio	10	30	50	5	20	40
90 day/90 day ratio	5	40	60	5	35	55
ANTI-WASHOUT ADMIXTURE CONTENT (2%)						
28 day/28 day ratio	25	70	50	25	50	50
90 day/90 day ratio	35	70	60	35	65	65

3.4.5 Splitting tensile strength

The effect of anti-washout admixture content and underwater casting on concrete splitting tensile strength is summarized in the Table below, where the parameters are shown as described for compressive strength.

EFFECT OF THE ANTI-WASHOUT ADMIXTURE AND UNDERWATER CASTING ON TENSILE STRENGTH (strength ratios in per cent, values rounded to 5%)						
CEMENT TYPE CEMENT CONTENT (kg/m ³)	III			IV		
	300	400	555	300	400	555
ANTI-WASHOUT ADMIXTURE CONTENT (1%)						
Effect of anti-washout admixture	(*)	115	95	90	95	70
Effect of underwater casting	0	0	0	0	0	85
Joint effect	(*)	0	0	0	0	60
ANTI-WASHOUT ADMIXTURE CONTENT (2%)						
Effect of anti-washout admixture	(*)	115	90	95	80	60
Effect of underwater casting	0	60	95	0	70	110
Joint effect	(*)	70	85	0	55	65
(*) aberrant result for tensile strength in concrete cast in a dry medium without the anti-washout admixture						

As the Table shows, the tensile strength of the underwater specimens was nil up to an anti-washout admixture content of 1%, except where cement content was 555 kg/m³.

Further to the results obtained, for the anti-washout and high-range water-reducing admixtures and cement types used, **the minimum anti-washout admixture content required for this type of concrete is 2% and the cement content should be no lower than 400 kg/m³ to prevent nullification of the tensile strength.**

3.4.6 Permeability

The results obtained confirm that, as a general rule, the inclusion of the anti-washout admixture had no adverse impact on the permeability of concrete cast on dry land. By contrast, the admixture had a very beneficial effect on underwater concrete, drastically reducing permeability.

In this case also, based on the results obtained, anti-washout admixture doses on the order of 2% by weight of

RELACIÓN DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESIÓN, A 28 Y A 90 DÍAS, DE LOS HORMIGONES CON ADITIVO ANTILAVADO PUESTOS EN OBRA BAJO EL AGUA A LAS DE LOS PUESTOS EN OBRA EN SECO SIN ADITIVO (relación de resistencias en tanto por ciento, valores redondeados al 5%)						
CEMENTO TIPO	III			IV		
CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
CONTENIDO DE ADITIVO ANTILAVADO 1%						
Relación 28/28 días	10	30	50	5	20	40
Relación 90/90 días	5	40	60	5	35	55
CONTENIDO DE ADITIVO ANTILAVADO 2%						
Relación 28/28 días	25	70	50	25	50	50
Relación 90/90 días	35	70	60	35	65	65

3.4.5. Resistencia a tracción indirecta

La incidencia de la adición del aditivo antilavado y de la puesta en obra bajo el agua sobre la resistencia a tracción del hormigón queda sintetizada en la Tabla que sigue, en la cual se ha desglosado el proceso en las tres etapas consideradas en el caso de la resistencia a compresión

INCIDENCIA SOBRE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN DEL ADITIVO ANTILAVADO Y DE LA PUESTA EN OBRA BAJO EL AGUA. (relación de resistencias en tanto por ciento, valores redondeados al 5%)						
CEMENTO TIPO	III			IV		
CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	300	400	555	300	400	555
CONTENIDO DE ADITIVO ANTILAVADO 1%						
Efecto del aditivo antilavado	(*)	115	95	90	95	70
Efecto de la puesta en obra bajo agua	0	0	0	0	0	85
Efecto conjunto	(*)	0	0	0	0	60
CONTENIDO DE ADITIVO ANTILAVADO 2%						
Efecto del aditivo antilavado	(*)	115	90	95	80	60
Efecto de la puesta en obra bajo agua	0	60	95	0	70	110
Efecto conjunto	(*)	70	85	0	55	65
(*) resultado aberrante de la resistencia a tracción del hormigón sin aditivo antilavado puesto en obra en seco.						

Según se pone de manifiesto en la Tabla, hasta con un contenido de aditivo antilavado del 1% la resistencia a tracción de las probetas moldeadas bajo el agua fue nula en todos los casos, excepto cuando en contenido de cemento fue de 555 kg/m³.

Los resultados obtenidos evidencian que, con los tipos de cemento, aditivo antilavado y superplastificante empleados, desde el punto de vista de la resistencia a tracción, para este tipo de hormigones **es necesaria una dotación mínima de aditivo antilavado del 2% y un contenido de cemento no inferior a 400 kg/m³ para conseguir que la resistencia a tracción no sea nula.**

3.4.6. Permeabilidad

De los resultados obtenidos se deduce que, en general, la adición del aditivo antilavado no tiene una influencia negativa sobre la permeabilidad de los hormigones fabricados en seco. Por el contrario, en el caso de los hormigones puestos en obra bajo el agua la adición tiene un efecto positivo muy importante ya que reduce drásticamente su permeabilidad.

De nuevo, de acuerdo con los resultados obtenidos, puede observarse que, desde el punto de vista que se está considerando, es aconsejable emplear para los hormigones puestos en obra bajo el agua dosificaciones de aditivo antilavado del orden del 2% del peso de cemento como mínimo y contenidos de cemento no inferiores a 400 kg/m³.

cement are advisable for underwater concrete, along with a cement content of no less than 400 kg/m³.

3.4.7 Air content

While the air content increased with anti-washout admixture content in all the cases studied, it was substantially below the 4% ceiling recommended by the Japan Civil Society of Engineers in all specimens [34].

Be it said in this regard that one of the signs of incompatibility between the anti-washout admixture and the other concrete components, in particular the high-range water-reducing admixture, is the inordinately high air content generated. The values may on occasion even exceed the measurement range of the test apparatus, as proved to be the case of the early trials conducted for the thesis on which this Review is based.

4. EFFECT ON MECHANICAL PERFORMANCE OF CONSTRUCTION JOINTS IN UNDERWATER CONCRETE

The results of the first series of tests served as a basis for establishing the ideal dosage for the subsequent stages of the experiment. The second stage of research consisted in determining the effect of anti-washout admixtures on the mechanical properties of construction joints in underwater concrete.

4.1. VARIABLES ANALYZED

In this stage of the project, splitting tensile tests were run on specimens containing a construction joint perpendicular to tensile stress along their medial plane and the results were compared to the findings for monolithically poured concrete specimens. The test variable, then, was the existence of the construction joint.

In this second stage of the study the dosage used was 400 kg/m³ of CEM IV A(V) 32.5 N/SR cement, 2% of anti-washout admixture and 2% of superplasticizer. The same type of admixtures and aggregate were used as in the first stage.

4.2. TESTS CONDUCTED

A total of sixteen tests were run, the first eight on specimens made on dry land, four with and four without joints. Of the second eight, four were cast in a dry medium without joints and the other four underwater and with joints.

The trials were conducted on cubic specimens measuring 20 cm on each side. The jointless specimens were cast in a single operation, while to make samples with joints the moulds were filled in two stages, approximately three days apart.

The dry specimens were moulded through a chute that rested on the bottom of the mould or the top of the construction joint, as appropriate. A chute was likewise used for the underwater specimens, in which the procedure followed was similar to the method described for the cylindrical specimens made for the first stage of research: i.e., the moulds were placed inside a container of water and the concrete was poured through the water into the mould. None of the specimens was consolidated.

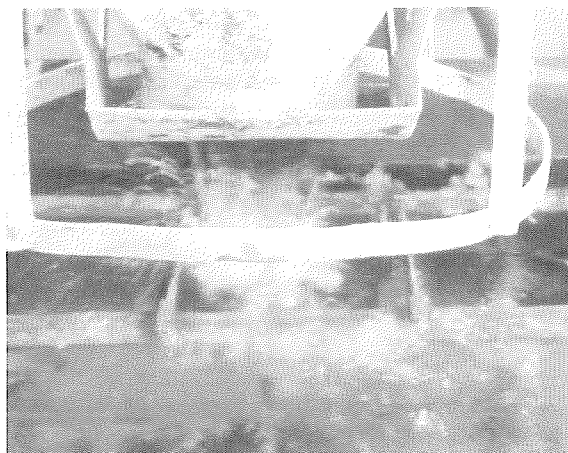


Fig. 4. Procedure for moulding underwater specimens

3.4.7. Contenido de aire

En todos los casos estudiados el contenido de aire creció con el contenido de aditivo antilavado, pero en ningún caso, con los contenidos de aditivo antilavado empleados, el contenido de aire superó el 4%, valor máximo recomendado en las Recomendaciones de la Japan Society of Civil Engineers [34], quedado incluso bastante por debajo de él.

A este respecto cabe señalar que una de las manifestaciones de la existencia de incompatibilidad entre el aditivo antilavado y los demás componentes del hormigón, singularmente el superplastificante, es que se producen unos contenidos de aire en el hormigón desmesurados, que incluso exceden la capacidad de medida del aparato de ensayo, tal como se puso de manifiesto en las primeras pruebas llevadas a cabo para la tesis que sustenta este Cuaderno.

4. INFLUENCIA SOBRE EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS JUNTAS DE HORMIGONADO EJECUTADAS BAJO EL AGUA

A partir de los ensayos realizados en la fase anterior se estableció la dosificación idónea para realizar las fases siguientes. En esta segunda fase de la investigación se hicieron ensayos para determinar la influencia de los aditivos antilavado sobre las características mecánicas de las juntas de hormigonado efectuadas bajo el agua.

4.1 VARIABLES ANALIZADAS

Para llevar a cabo esta fase de la investigación experimental se realizaron ensayos de tracción indirecta mediante el ensayo brasileño en probetas que tenían una junta de hormigonado en su plano medio perpendicular al de las tracciones, y se compararon sus resultados con los obtenidos en probetas hormigonadas monolíticamente. La variable estudiada fue, por lo tanto, la existencia de la junta de hormigonado.

La dosificación empleada para esta segunda fase del estudio contenía 400 kg/m³ de cemento CEM IV A (V) 32,5 N/SR, un 2% de aditivo antilavado y un 2% de superplastificante. Los aditivos y los áridos fueron los mismos utilizados en la fase primera.

4.2. ENSAYOS REALIZADOS

Se efectuaron un total de dieciséis ensayos. Los ocho primeros sobre probetas fabricadas en seco, cuatro de ellas con junta y las otras cuatro sin junta. De los ocho segundos cuatro lo fueron sobre probetas moldeadas en seco sin junta y los otros cuatro sobre probetas moldeadas bajo el agua con junta.

Los ensayos se realizaron sobre probetas cúbicas de 20 cm de arista. Las probetas sin junta se hormigonaron de una manera continua, mientras que en las que tenían junta se rellenó el molde en dos etapas dejando transcurrir aproximadamente 3 días entre el vertido de cada una de ellas.

En las probetas moldeadas en seco el vertido del hormigón se hizo con la ayuda de una tolva, apoyada sobre el fondo del molde o sobre la junta de hormigonado según los casos. En las probetas moldeadas bajo el agua se utilizó también la tolva siguiendo un procedimiento similar al utilizado en el caso de las probetas cilíndricas fabricadas en la primera fase de la investigación, es decir, se colocaron los moldes en el interior de un recipiente con agua y se vertió el hormigón permitiendo su caída libre a través del agua. En ningún caso se compactaron las probetas.

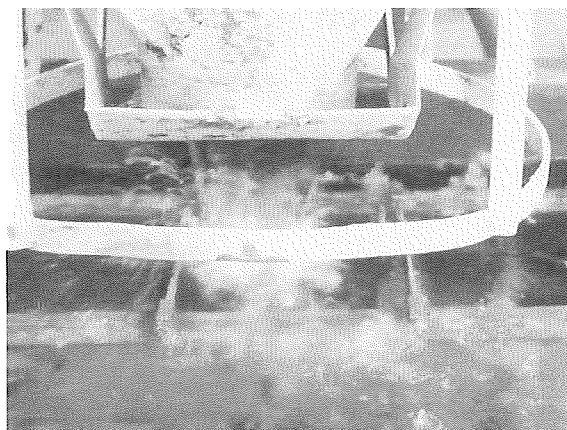


Fig. 4. Proceso de fabricación de una probeta moldeada bajo el agua

The test method was based on the procedure defined in Spanish standard UNE 83306:85 [61]. The positioning bands specified in the test method were placed parallel to the edge and along the centre of the surfaces where the loads were to be applied, directly over the construction joint on specimens having one.

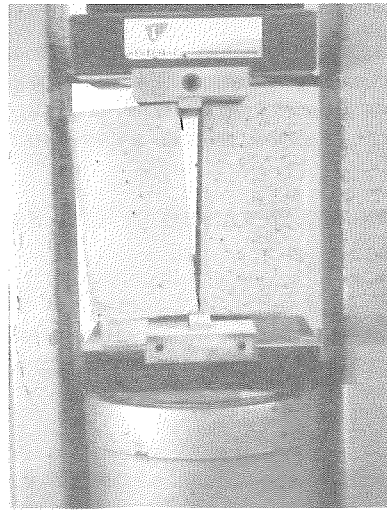


Fig. 5. Splitting tensile test

Ultimate tensile strength was computed from the following expression:

$$F_{ti} = 2P/4a^2$$

Where:

F_{ti} : Ultimate tensile strength in MPa.

P: Ultimate load expressed in Newton.

a: Length of the side of the specimen expressed in mm.

4.3. RESULTS OBTAINED

The results obtained in the tests conducted are summarized in the following Table, which gives the mean strength value obtained for each type of specimen.

ULTIMATE SPLITTING TENSILE STRENGTH (MPa).		
Type of specimen	First eight trials	Second eight trials
Jointless	2,01 (d)	2,21 (a)
Jointed	1,54 (d)	0,48 (u)
The letter in parenthesis after the strength values indicates whether the specimen were moulded in a dry (d)- or underwater(u) medium.		

4.4. ANALYSIS OF RESULTS

According to the results obtained, construction joint tensile strength was around 75% of concrete splitting tensile strength for dry specimens, and 25% for underwater specimens.

5. EFFECT ON THE CONCRETE-STEEL BOND

Finally, the third stage of research consisted in determining the effect of anti-washout admixtures and underwater casting on the concrete-steel bond.

El método de ensayo adoptado deriva del que se define en la norma UNE 83306:85 [61], disponiendo las bandas de interposición especificadas en el método de ensayo paralelamente a la arista en el centro de las caras sobre las que se aplican las cargas y en coincidencia con la junta de hormigonado en el caso de probetas con ellas.

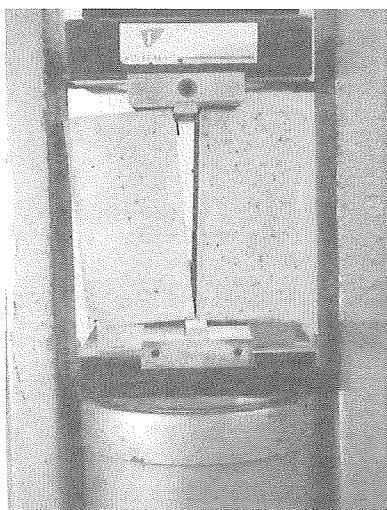


Fig. 5. Ensayo de tracción indirecta

La tensión de rotura a tracción indirecta se calculó mediante la expresión:

$$F_{ii} = 2P/4a^2$$

Siendo:

F_{ii} : Tensión de rotura a tracción indirecta expresada en MPa.

P: Carga de rotura expresada en Newton.

a: Longitud de la arista de la probeta expresada en mm.

4.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en los ensayos efectuados quedan resumidos en la Tabla que sigue en la que se presentan los valores medios de las resistencias obtenidas en cada tipo de probetas:

TENSIÓN DE ROTURA A TRACCIÓN INDIRECTA (MPa)		
Tipo de probeta	Ocho primeros ensayos	Ocho segundos ensayos
Sin junta	2,01 (s)	2,21 (s)
Con junta	1,54 (s)	0,48 (a)
La letra entre paréntesis detrás de los valores de la resistencia a tracción indica si la probeta fue moldeada en seco (s) o bajo el agua (a).		

4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De los resultados obtenidos se deduce que la resistencia a tracción de las juntas de hormigonado se sitúa en el entorno del 75% de la resistencia a tracción indirecta del hormigón en el caso de las probetas moldeadas en seco, y en valores en el entorno del 25% en el de las probetas moldeadas bajo el agua.

5. INFLUENCIA SOBRE LA ADHERENCIA HORMIGÓN-ACERO

Finalmente, en la tercera fase de la investigación se hicieron ensayos para determinar la influencia de los aditivos antilavado y de la puesta en obra bajo el agua sobre la adherencia hormigón-acero.

5.1. VARIABLES ANALYZED

Pull-out tests were conducted on dry and underwater specimens and the results compared. Two bar diameters were studied, 20 mm and 12 mm.

The concrete dosage and components were the same as in the specimens made to study construction joints (Item 4.1). "Nervaductil" B 500 SD ribbed steel bars were used.

5.2. TESTS CONDUCTED

The procedure followed was essentially as described in the RILEM / CEB / FIP "Bond Test for Reinforcement Steel: 2 – PULL-OUT TEST" published in May 1983 [43].

The adaptations to the standardized method involved the bar bonding length, which was modified to prevent splitting failure, and the concrete dosage, which was as described in Item 5.1, due to the intrinsic characteristics of the concrete under study and its specified purpose.

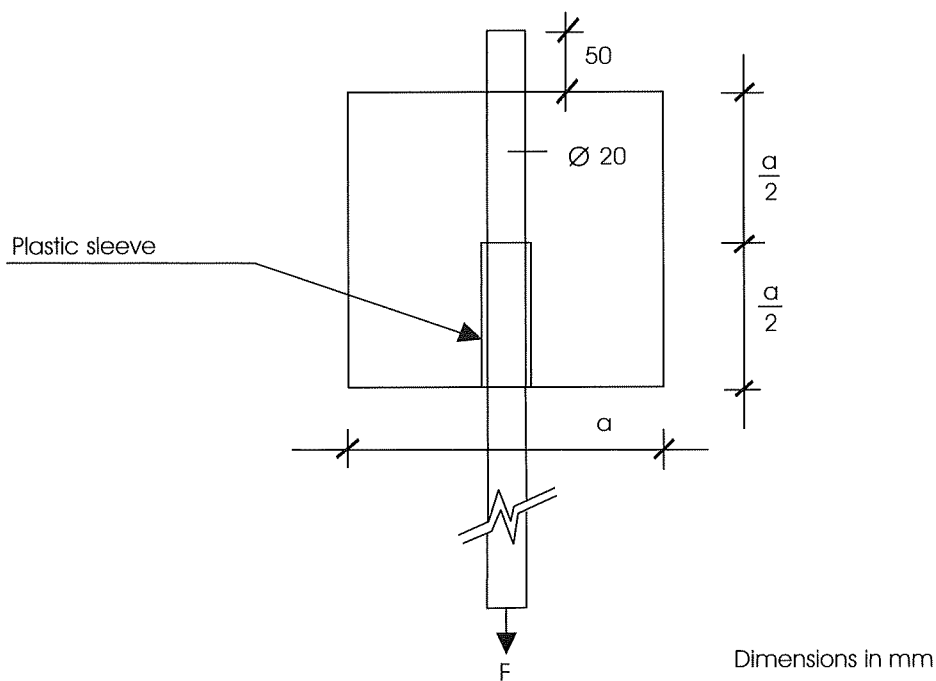


Fig. 6. Drawing of pull-out test

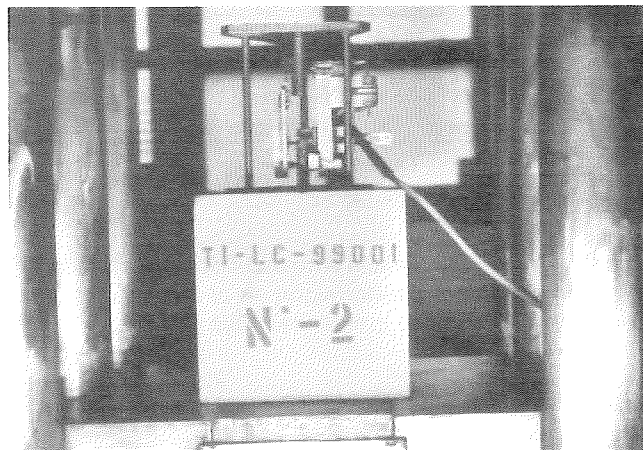


Fig. 7. Pull-out test

5.1. VARIABLES ANALIZADAS

Se realizaron ensayos de adherencia (pull-out) sobre probetas moldeadas en seco y sobre probetas moldeadas bajo el agua, y se compararon los resultados obtenidos en unos y en otros. Las variables en estudio fueron dos, que corresponden a los dos diámetros de las barras de acero ensayadas; 20 mm y 12 mm respectivamente

La dosificación del hormigón y sus componentes fueron los mismos que se emplearon en la investigación llevada a cabo para determinar la influencia sobre las juntas de hormigonado (Apartado 4.1). Las barras utilizadas fueron barras corrugadas de acero B 500 SD "Nervaductil".

5.2. ENSAYOS REALIZADOS

Se adoptó básicamente el procedimiento de RILEM / CEB / FIP "Bond Test for Reinforcement Steel: 2 – PULL-OUT TEST" de mayo de 1983 [43].

Las modificaciones con respecto a lo especificado en el método normalizado consistieron en variar la longitud de adherencia de la barra ($a/2$), para evitar roturas por "splitting", y en sustituir la dosificación del hormigón definida en el mismo por la mencionada en el Apartado 5.1, debido esto último a las características inherentes al tipo de hormigón en estudio y a su uso previsto.

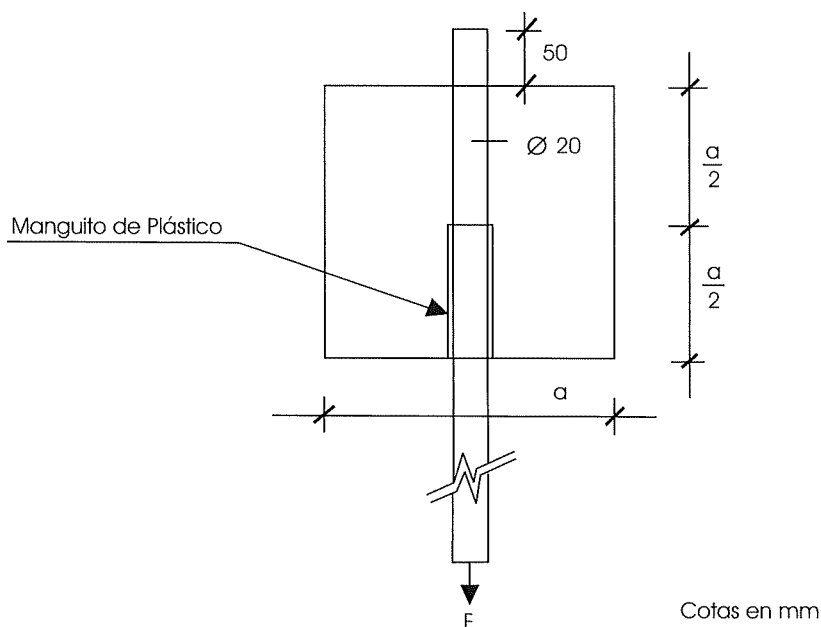


Fig. 6. Disposición del ensayo de pull-out

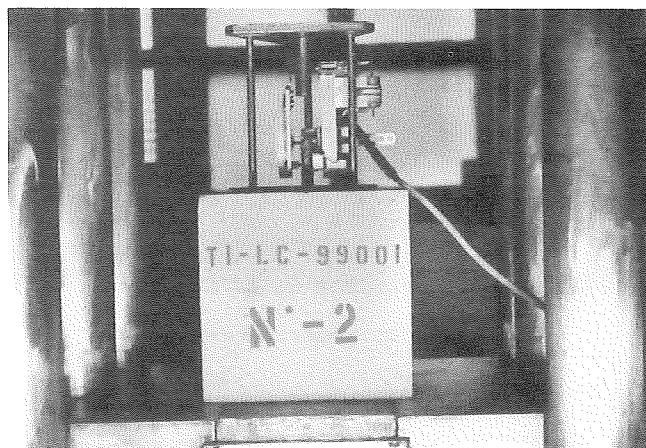


Fig. 7. Ensayo de pull-out

Pull-out tests were conducted on a total of 20 specimens of various sizes, subjected to different curing conditions.

PULL-OUT TEST FULFILLED					
Specimens size (cm)	Numbers of specimens	Reinforcement (Ø mm)	Moulding	Specimens designation	Curing conditions
20X20X20	5	Ø12	Dry medium	1	Outdoors
				2 a 4	Stándar Ch.
				5	Climatic chambers
	5		Underwater	6	Outdoors
				7 a 9	Stándar Ch.
				10	Climatic chambers
32X32X32	5	Ø20	Dry medium	1	Outdoors
				2 a 4	Stándar Ch.
				5	Climatic chambers
	5		Underwater	6	Outdoors
				7 a 9	Stándar Ch.
				10	Climatic chambers

Forty eight hours after manufacture, the specimens were cured for the following 26 days under one of the three conditions described below:

- Outdoors: T = 28±8 °C; RH = 44±5%
- Standard chamber: T = 20±2 °C; RH = 60±5% (RILEM / CEB / FIB standard chamber)
- Climatic chamber T = 55±5 °C; RH = 35±5%, the specimens were wrapped in burlap and hosed with sea-water every 12 hours.

Specimens were cured under non-standard conditions to reproduce more aggressive environments or accelerate ageing.



Fig. 8. Climatic chamber

5.3 RESULTS OBTAINED

The bond stress (τ_{dm}) values obtained are given in the tables below.

Se realizaron ensayos de pull-out sobre un total de 20 probetas de distintas dimensiones y condiciones de curado, según se resume en la Tabla que sigue.

ENSAYOS DE PULL-OUT REALIZADOS					
dimensiones de la probeta (cm)	n° de probetas	Armadura (Ø mm)	moldeo	Designación de la probeta	condiciones de curado
20X20X20	5	Ø12	en seco	1	intemperie
				2 a 4	c. estándar
				5	c. climática
	5		bajo el agua	6	intemperie
				7 a 9	c. estándar
				10	c. climática
32X32X32	5	Ø20	en seco	1	intemperie
				2 a 4	c. estándar
				5	c. climática
	5		bajo el agua	6	intemperie
				7 a 9	c. estándar
				10	c. climática

Una vez transcurridas 48 horas desde su fabricación, las probetas fueron sometidas durante los 26 días restantes hasta el momento de su ensayo a las condiciones de curado que se definen a continuación:

- Intemperie: T = 28±8 °C; HR = 44±5%
- Cámara estándar: T = 20±2 °C; HR = 60±5% (cámara estándar RILEM / CEB / FIB)
- Cámara climática: T = 55±5 °C; HR = 35±5%, las probetas fueron cubiertas con aspillera y regadas con agua de mar cada 12 horas.

El curado de las probetas por procedimientos no normalizados obedeció al deseo de reproducir ambientes de mayor agresividad o la incidencia del transcurso del tiempo sobre la propiedad investigada.



Fig. 8. Cámara climática

5.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores de la tensión de adherencia τ_{dm} obtenidos se muestran en las tablas que siguen.

CONCRETE-STEEL BOND STRESS IN SPECIMENS CURED OUTDOORS (N/mm²)		
Ø(mm)	Moulded in dry media	Moulded underwater
12	16,3	7,3
20	17,1	3,5

CONCRETE-STEEL BOND STRESS IN SPECIMENS CURED IN A STANDARD RILEM / CEB / FIB CHAMBER (N/mm²)		
Ø(mm)	Moulded in dry media	Moulded underwater
12	15,6	6,9
20	16,5	4,2

CONCRETE-STEEL BOND STRESS IN SPECIMENS CURED IN A STANDARD CLIMATIC CHAMBER (N/mm²)		
Ø(mm)	Moulded in dry media	Moulded underwater
12	16,4	8,1
20	16,7	4,3

5.4. ANALYSIS OF RESULTS

A comparison of the above findings to the results of the numerous tests conducted by Intemac to certify the bond strength of ribbed bars made by different manufacturers showed that the inclusion of the anti-washout admixture in dry specimens had no adverse effect on the property studied.

The concrete-steel bond stress found for the underwater specimens with 12-mm bars was only 50% of the value obtained for the dry specimens and in specimens with 20-mm bars, the stress found was only 25% of the dry value.

The test results also showed that the alternative curing methods, namely outdoors and climatic chamber, had practically no impact on the concrete-steel bond.

6. CONCLUSIONS

The most relevant conclusions drawn from the present research may be summarized as follows:

- a) Structures built underwater with this type of concrete require high cement contents, on the order of 400 kg/m³, and anti-washout admixture doses of 2% by cement weight or larger.
- b) Under these conditions, even in cases where the hydraulic seal in the supply pipe breaks or the concrete comes into contact with the water for a moderate distance during casting, this type of concrete can guarantee strength on the order of 60% to 70% of what would be expected in the absence of such adverse circumstances. By contrast, with concrete lacking the anti-washout admixture, strength would be nil (strength loss was greater with type IV than type III cement).
- c) This type of concrete can guarantee underwater concrete strength of from 50% to 70% of the strength of concrete cast in a dry medium and without anti-washout admixture; no such guarantee exists, however, for concretes lacking the anti-washout admixture (strength loss was greater with type IV than type III cement).
- d) With respect to the preceding two points, the strength of specimens moulded underwater as described in the present study is very likely lower than the strength that would be attained by concrete cast underwater to all the precautions recommended in such circumstances.
- e) In principle and taking underwater specimen strength as a reference, anti-washout underwater structural members should not be dimensioned or designed to strengths of over 20 or 25 MPa.
- f) In accordance with the foregoing, the chief effect of the anti-washout admixture from the standpoint of con-

TENSIÓN DE ADHERENCIA HORMIGÓN-ACERO EN LAS PROBETAS CURADAS A LA INTEMPERIE (N/mm²)		
Ø(mm)	moldeadas en seco	moldeadas bajo el agua
12	16,3	7,3
20	17,1	3,5

TENSIÓN DE ADHERENCIA HORMIGÓN-ACERO EN LAS PROBETAS CURADAS EN CÁMARA ESTÁNDAR RILEM / CEB / FIB (N/mm²)		
Ø(mm)	moldeadas en seco	moldeadas bajo el agua
12	15,6	6,9
20	16,5	4,2

TENSIÓN DE ADHERENCIA HORMIGÓN-ACERO EN LAS PROBETAS CURADAS EN CÁMARA CLIMÁTICA (N/mm²)		
Ø(mm)	moldeadas en seco	moldeadas bajo el agua
12	16,4	8,1
20	16,7	4,3

5.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Por comparación con los resultados de numerosos ensayos hechos en Intemac para la emisión de certificados de adherencia para barras corrugadas de muy diversos fabricantes, se desprende que, en el caso de hormigones puestos en obra en seco, la adición del aditivo antilavado empleado no ejerce una influencia negativa sobre la propiedad estudiada.

De los ensayos realizados se deduce que la tensión de adherencia entre las barras de acero y el hormigón alcanzó en las probetas moldeadas bajo el agua solamente el 50% de la obtenida en las probetas moldeadas en seco en el caso de las barras de 12 mm de diámetro, y el 25% en el de las barras de 20 mm de diámetro.

En lo que respecta a las formas alternativas de curado realizadas, a la intemperie y en cámara climática, los ensayos ponen de manifiesto que no tienen prácticamente influencia sobre la adherencia hormigón-acero.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes de la investigación realizada pueden resumirse como sigue.

- Las estructuras de hormigón construidas bajo el agua con este tipo de hormigones necesitan fuertes contenidos de cemento, del orden de 400 kg/m³, y contenidos de aditivo antilavado del 2% del peso de cemento o superiores.
- En estas condiciones, incluso si durante la puesta en obra se produce la rotura del sello hidráulico en la tubería que suministra el hormigón o tiene lugar una caída libre moderada del hormigón a través del agua, se puede garantizar con este tipo de hormigones una resistencia del orden del 60% al 70% de la que tendría el mismo hormigón de no haberse producido tales circunstancias adversas, con el hormigón sin aditivo antilavado la resistencia sería nula (la pérdida de resistencia fue mayor con cemento tipo IV que con cemento tipo III).
- Con este tipo de hormigones se puede garantizar una resistencia del hormigón puesto en obra bajo el agua entre el 50% y el 70% de la que tendría el hormigón puesto en obra en seco sin aditivo antilavado, cosa que no puede hacerse con los hormigones sin aditivo antilavado (la pérdida de resistencia fue mayor con cemento tipo IV que con cemento tipo III).
- En relación con lo expuesto en los dos epígrafes anteriores debe tenerse en cuenta que la resistencia de las probetas moldeadas bajo el agua según el procedimiento seguido en la investigación llevada a cabo está probablemente penalizada con respecto a la que tendría el hormigón también puesto en obra bajo el agua pero tomando las precauciones recomendadas para este tipo de obras.
- En principio, y tomando como referencia la resistencia a compresión de las probetas moldeadas bajo el agua,

crete mix constitution and strength is to guarantee its uniformity, strength, the reliability of its properties and the absence of areas weakened due to honeycombing or layers with a very low cement content.

- g) The tensile strength of these concretes is around 60% to 70% of the strength obtained for comparable concrete cast on dry land, providing the anti-washout admixture content is sufficiently high (2% or over); otherwise, the tensile strength of underwater concrete is practically nil.
- h) The inclusion of anti-washout admixtures drastically reduces the permeability of underwater concrete. Generally speaking, the concrete specimens with an anti-wash admixture content of under 2% were permeable, while water penetration was limited in those with 2% admixture – excepting samples with a cement content of 300 kg/m³. The values of this parameter were, however, substantially higher than in dry specimens (with differences of from 30% to 300%).
- i) The greater water penetration observed in these concretes suggests that the reinforcement cover used should be deeper than recommended in the EHE Code. Values of 2 ϕ with a minimum of 50 mm are advised.
- j) Construction joint strength declines to values of 25% of the concrete tensile strength. The inference is that, in structures built with such concretes, in addition to meticulous construction technique, joints require careful engineering, for they may condition structural configuration as a whole.
- k) Particular attention should be lent to the steep drop in concrete-steel bond stress, which may call for anchorage and lapping lengths on the order of 200% longer than specified in the EHE Code for 12-mm diameter bars, and 400% for 20-mm diameter bars.
- l) The conclusion to be drawn from the foregoing is that in reinforced concrete structures built with this type of concrete the longitudinal bars should be welded to the transverse bars as an alternative to bond anchorage or lapping.

7. SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH

Further to the research conducted, the following questions remain open for exploration in future studies:

- a) The systematic study of compatibility among different types of anti-washout and high-range water-reducing admixtures and cements would provide useful information for drafting specifications on underwater concrete design.
- b) A line of study parallel to the above would be the use of silica fume, not only to improve concrete characteristics, but to enhance the beneficial effects of the anti-washout admixture, a question that has begun to receive attention in the technical literature.
- c) Inasmuch as the strength of underwater specimens is probably lower than concrete cast in accordance with the necessary precautions to prevent breakage of the hydraulic seal or concrete contact with the water, another possible issue for study would be the relationship between the strength of underwater specimens and hardened worksite concrete.
- d) In light of the sharp decline in concrete-steel bond stress with the increase in bar diameter, another subject for future research would be the pattern of that decline with bar diameter and the respective causes.
- e) As a corollary the preceding proposal, the replacement of bond anchorage or lapping with the mechanical bond obtained by welding longitudinal to transverse bars should also be addressed.

8 REFERENCES

Ref.

- 1 ANDRADE, C. y FELIU, S. "Manual de inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras". CSIC, 1989.
- 2 ASHUA G., ORLOVKI, V. y IRUS, G. "El hormigón de alta resistencia como hormigón resistente a la corrosión en la zona del Mar Muerto". Israel.

no es recomendable contar con resistencias superiores a los 20 MPa ó 25 MPa, a efectos del dimensionamiento y cálculo de los elementos estructurales construidos bajo el agua con hormigones que contienen aditivos antilavado.

- f) De acuerdo con lo anterior, el principal efecto de la adición del aditivo antilavado, desde el punto de vista de la constitución y resistencia de la masa de hormigón, es garantizar su uniformidad y su resistencia así como la ausencia de zonas debilitadas por la presencia de coqueas o de capas pobres en cemento, y asegurar la fiabilidad de sus características.
- g) La resistencia a tracción de este tipo de hormigones se sitúa en niveles entre el 60% y el 70% de la que se obtiene si la colocación es en seco, siempre que el contenido de aditivo antilavado sea suficiente (2% o superior), ya que si no es así la resistencia a tracción del hormigón puesto en obra bajo el agua es prácticamente nula.
- h) La adición de aditivos antilavado reduce drásticamente la permeabilidad de los hormigones puestos en obra bajo el agua. En general las probetas de los hormigones con un contenido de aditivo antilavado inferior al 2% resultaron ser permeables, mientras que las que contenían un 2% de aditivo, excepto las correspondientes a hormigones con un contenido de cemento de 300 kg/m³, tuvieron una penetración de agua limitada, si bien netamente superior a la experimentada por las probetas moldeadas en seco (en niveles que variaron entre el 30% y el 300%).
- i) El aumento de penetración de agua que se observa en estos hormigones hace aconsejable emplear recubrimientos de las armaduras superiores a los establecidos en la Instrucción EHE. Se sugieren valores de 2Ø con un mínimo de 50 mm.
- j) La reducción de la resistencia de las juntas de hormigonado hasta valores del 25% de la resistencia a tracción del hormigón hace que, en estructuras ejecutadas con este tipo de hormigones, las juntas, además del adecuado tratamiento, requieran una consideración específica en el proyecto ya que incluso pueden condicionar la propia configuración estructural.
- k) Especial atención merece la fuerte reducción de la adherencia hormigón-acero, que puede conducir a longitudes de anclaje y solape del orden del 200% de las establecidas en la Instrucción EHE en el caso de barras de 12 mm de diámetro, y del 400% en el de las de 20 mm de diámetro.
- l) De lo expuesto en el apartado anterior se deduce que en las estructuras de hormigón armado construidas con estos tipos de hormigones deberían soldarse las barras longitudinales a las transversales para sustituir el anclaje o solape por adherencia por el mecánico.

7. SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Teniendo en cuenta los aspectos que quedan abiertos en la investigación realizada, pueden sugerirse como cuestiones a estudiar en futuras investigaciones las siguientes.

- a) El estudio sistemático de la compatibilidad entre distintos tipos de aditivos antilavado, superplastificantes y tipos de cementos proporcionaría información de utilidad para la redacción de recomendaciones a efectos del establecimiento de especificaciones para futuros proyectos en los que se considerase la utilización de hormigón sumergido.
- b) Complementariamente a lo propuesto en el apartado anterior otra línea de estudio de posible interés sería la concerniente al efecto del humo de sílice no solamente para mejorar las características del hormigón sino también para potenciar los efectos beneficiosos del aditivo antilavado, cuestión que se apunta en la literatura técnica.
- c) Dado que la resistencia de las probetas moldeadas bajo el agua está probablemente penalizada con respecto a la del hormigón puesto en obra adoptando las precauciones necesarias para evitar la rotura del sello hidráulico o su caída libre a través del agua, otra posible cuestión a investigar sería la concerniente a la relación existente entre la resistencia de las probetas moldeadas bajo el agua y la del hormigón en el tajo tras su endurecimiento.
- d) Teniendo en cuenta la extraordinaria disminución de la adherencia hormigón-acero conforme crece el diámetro de las armaduras, otro aspecto que queda abierto para futuras investigaciones es el concerniente a la evolu-

- 3 BARTOS, P. J. M. "An appraisal of the Orimet test as a method for on site assessment of fresh SCC concrete". Proceedings of International Workshop on Self-Compacting Concrete. Japón, 1998.
- 4 BOONSTRA, G. C. "Ordenzoek van onder water gestort beton". De Ingenieur abril y mayo de 1934.
- 5 BS 1881, part 105:1984 "Method for determination of flow".
- 6 CRD C61-89A. "Test method for determining the resistance of freshly mixed concrete to washing out in water". U. S. Army Experimente Station Handbook for Concrete, Vicksburg, Miss., 1989
- 7 COOKE, A. R. y SIMPSON, J. "Underwater concrete construction of Phuket Port quay wall foundation". The Dock & Harbour Authority.
- 8 DADSON, J. "Freefall material for pier pour". New Civil Engineering 16th Aug. 1984.
- 9 DAVIES, B. A. "Laboratory methods of testing concrete for placement underwater" Marine Concrete'86. The Concrete Society. Londres, 1986.
- 10 DREUX, G. y GORISSE, F. "Vibration, ségrégation et ségréabilité des bétons". Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publiques. Enero de 1970..
- 11 GERWICK, B.C. "Review technoligy for underwater repair of abrasion resistant concrete". Contract Report. San Francisco, 1985
- 12 GHIO, V. A., MONTEIRO, P. J. M. y GJØRV, O. E. "Effects of polysaccharide gums on fresh concrete properties". ACI Materials Journal, noviembre-diciembre 1994
- 13 G.O.C. Informe de los resultados de los ensayos del hormigón puesto en obra. Ampliación del Puerto de la Isla de Ons. Autoridad Portuaria de Marín-Pontevedra. Agosto de 1995. Documento no publicado. Información facilitada por el Ingeniero de Caminos D. Felipe Linaje Ruiz.
- 14 HARA, M. y SOGO, S. "Admixtures effect f high fineness slag on the properties of underwater concrete". Proceedings, Marine Concrete, International Conference on Concrete in Marine Environment. Concrete Society, Londres, 1986
- 15 HAYKAWA, M. "Developmente and application of super workable concrete". Proceedings of International RILEM Workshop on Special Concretes-Workability and Mixing". Paisley, 1993
- 16 HENDERSON, N. A. Et alies. "Concrete technology for foundation applications". CIRIA Report C569, 2002
- 17 HEUDE, H. "News item, Engineering News": Junio de 1885.
- 18 HOLLAND. "Use of silica fume concrete to repair abrasio-erosion damage in the Kinzua Dam Stilling Basin". Publication SP-91. ACI 1983
- 19 "Hormigones de ejecución especial (seis tipos)". Colección Recomendaciones y Manuales Técnicos, Estructuras y Edificación E-9. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- 20 ISHIWATA, S., HAYASHI, M., OHSHIMA, H. y SUZUKI, O. "Measurement of viscosity by tuning fork vibration machanism". Journal of the Society of Rheology, junio 1991.
- 21 JAKOBSEN. "High strength concrete in offshore structures". CEB Boletín de Información nº 193
- 22 KAWAI, T. "Non dispersible undewater concrete using polymers". Proceedings 5th International Congress on Polymers in Concrete. 1987
- 23 KAWAI, T., TAKEGAWA, K. y OKUMURA, T. "Dock construction work using newly developed high quality under-water concrete". Marine Concrete'86. The Concrete Society. Londres, 1986.
- 24 KHAYAT, K. H. "Comparative evaluation of commonly used anti-washout admixtures". Université de Sherbrooke. 1997

ción de la misma con el diámetro de las barras y a sus causas.

- e) Como una derivada de la propuesta anterior está el estudio de los aspectos concernientes a la sustitución del anclaje o solape por adherencia por el mecánico obtenido mediante la soldadura de las barras longitudinales a las barras transversales.

8 BIBLIOGRAFÍA

Ref.

- 1 ANDRADE, C. y FELIU, S. "Manual de inspección de obras dañadas por corrosión de armaduras". CSIC 1989.
- 2 ASHUA G., ORLOVKI, V. y IRUS, G. "El hormigón de alta resistencia como hormigón resistente a la corrosión en la zona del Mar Muerto". Israel.
- 3 BARTOS, P. J. M. "An appraisal of the Orimet test as a method for on site assessment of fresh SCC concrete". Proceedings of International Workshop on Self-Compacting Concrete. Japón 1998.
- 4 BOONSTRA, G. C. "Ordenzoek van onder water gestort beton". De Ingenieur abril y mayo de 1934.
- 5 BS 1881, part 105:1984 "Method for determination of flow".
- 6 CRD C61-89A. "Test method for determining the resistance of freshly mixed concrete to washing out in water". U. S. Army Experimente Station Handbook for Concrete, Vicksburg, Miss., 1989
- 7 COOKE, A. R. y SIMPSON, J. "Underwater concrete construction of Phuket Port quay wall foundation". The Dock & Harbour Authority.
- 8 DADSON, J. "Freefall material for pier pour". New Civil Engineering 16th Aug. 1984.
- 9 DAVIES, B. A. "Laboratory methods of testing concrete for placement underwater" Marine Concrete'86. The Concrete Society. Londres, 1986.
- 10 DREUX, G. y GORISSE, F. "Vibration, ségrégation et ségréabilité des bétons". Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics. Enero de 1970..
- 11 GERWICK, B.C. "Review technoligy for underwater repair of abrasion resistant concrete". Contract Report. San Francisco, 1985
- 12 GHIO, V. A., MONTEIRO, P. J. M. y GJØRV, O. E. "Effects of polysaccharide gums on fresh concrete properties". ACI Materials Journal, noviembre-diciembre 1994
- 13 G.O.C. Informe de los resultados de los ensayos del hormigón puesto en obra. Ampliación del Puerto de la Isla de Ons. Autoridad Portuaria de Marín-Pontevedra. Agosto de 1995. Documento no publicado. Información facilitada por el Ingeniero de Caminos D. Felipe Linaje Ruiz.
- 14 HARA, M. y SOGO, S. "Admixtures effect f high fineness slag on the properties of underwater concrete". Proceedings, Marine Concrete, International Conference on Concrete in Marine Environment. Concrete Society, Londres, 1986
- 15 HAYKAWA, M. "Developmente and application of super workable concrete". Proceedings of International RILEM Workshop on Special Concretes-Workability and Mixing". Paisley, 1993
- 16 HENDERSON, N. A. Et alies. "Concrete technology for foundation applications". CIRIA Report C569, 2002
- 17 HEUDE, H. "News item, Engineering News": Junio de 1885.
- 18 HOLLAND. "Use of silica fume concrete to repair abrasio-erosion damage in the Kinzua Dam Stilling Basin". Publication SP-91. ACI 1983
- 19 "Hormigones de ejecución especial (seis tipos)". Colección Recomendaciones y Manuales Técnicos, Estructuras y Edificación E-9. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

- 25 KHAYAT, K. H., GERWICK, B. C. Jr. y HESTER, W. T. "Self-leveling and stiff consolidated concretes for casting high-performance flat slabs in water". *Concrete International* 1993.
- 26 KHAYAT, K. H. y SONEBI, M. "Effect of mixture composition on washout resistance of highly flowable underwater concrete". *ACI Materials Journal*, julio-agosto 2001.
- 27 KHAYAT, K. H. y HESTER, W. T. "Evaluation of concrete mixtures for underwater pile repair". *ASTM Cement, Concrete and Aggregate* 1991.
- 28 KINIPPLE, WALTER R. "Concrete work underwater". *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, vol. 87. Londres, 1886.
- 29 KOHNE, J. K. "Storten van onderwaterbeton met de hop-dobber". Vol. XXXV. 12. 1983.
- 30 MALCOM, J. R. y LEWIS, J. A. "Civil engineering construction underwater". *Construction Division Meeting*. 1954
- 31 Mc DONALD, J. E. "Maintenance and preservation of concrete structures". *Technical Report N° C-78-4*. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 1980
- 32 MIN-HONG ZHANG y O. E. GJORV. "Effect of silica fume on pore structure and chloride diffusivity of low porosity cement pastes". *Ciment and Concrete Research* vol. 21. 1991
- 33 MORAL, R. DEL y BERENQUER, J.M. "Curso de Ingeniería de Puertos y costas". M.O.P.U. Dirección General de Puertos y Costas. 1980.
- 34 NAGATAKI, S. et alies. "Recommendations for design and construction of antiwashout underwater concrete". *Concrete Library International JSCE n° 19*, junio de 1992.
- 35 NEELY, B. D. "Evaluation of concrete mixtures for use in underwater repair". *Technical Report No. REMR-CS-18*. Department of the Army Waterways Experiment Station. 1988
- 36 OHTOMO, T., MATSUOKA, Y., NAKAGAWA, Y. y NAKAHIRA, J. "Influence of materials on the action of admixtures in antiwashout underwater concrete". *ACI Materials Journal*, mayo- junio 1995
- 37 OHTOMO, T., MATSUOKA, Y., NAKAGAWA, Y. y NAKAHIRA, J. "Influence of materials on the action of admixtures in antiwashout underwater concrete". *ACI Materials Journal*, mayo- junio 1995
- 38 OTSUKI, N., HISADA, M., NAGATAKI, S. y KAMADA, T. "An experimental study on the fluidity of antiwashout underwater concrete". *ACI Materials Journal*, enero-febrero 1996.
- 39 OZAWA, K., SAKATA, N. y OKAMURA, H. "Evaluation of self-compactibility of fresh concrete using the funnel test". *Concrete Library International JSCE n° 25*, junio de 1995.
- 40 PARKER, D. G. "Microsilica concrete". *Concrete*, octubre 1985.
- 41 "Performance of concrete in marine environment". *ACI SP 6*. 1980
- 42 PETERSSON, Ö., BILLBERG, P. y VAN, B. K. "A model for self compacting concrete". *Proceedings of International RILEM Conference on Production Methods and Workability of Concrete*. Chapman & Hall/E & FN Spon. Paisley, 1996.
- 43 RILEM/CEB/FIP. "Bond Test for Reinforcement Steel:2. Pull-Out Test". Mayo de 1983
- 44 ROONEY, M. Y BARTOS, P. M. J. "Development of the settlement column segregation test for fresh selfcompacting concretes". *2nd International Symposium on SCC*, Tokio 2001
- 45 SAKUTA, M., YOSHIOKA, Y. y KAYA, T. "Use of acryl-type polymers as admixture for underwater concrete"
- 46 SANTOS, M. "Muelles". 1979
- 47 SIMPSON, J. "Underwater concrete structures". *The Dock & Harbour Authority*. Abril 1972

-
- 20 ISHIWATA, S., HAYASHI, M., OHSHIMA, H. y SUZUKI, O. "Measurement of viscosity by tuning fork vibration mechanism". Journal of the Society of Rheology, junio 1991.
 - 21 JAKOBSEN. "High strength concrete in offshore structures". CEB Boletín de Información nº 193
 - 22 KAWAI, T. "Non dispersible underwater concrete using polymers". Proceedings 5th International Congress on Polymers in Concrete. 1987
 - 23 KAWAI, T., TAKEGAWA, K. y OKUMURA, T. "Dock construction work using newly developed high quality underwater concrete". Marine Concrete '86. The Concrete Society. Londres, 1986.
 - 24 KHAYAT, K. H. "Comparative evaluation of commonly used anti-washout admixtures". Université de Sherbrooke. 1997
 - 25 KHAYAT, K. H., GERWICK, B. C. Jr. y HESTER, W. T. "Self-leveling and stiff consolidated concretes for casting high-performance flat slabs in water". Concrete International 1993.
 - 26 KHAYAT, K. H. y SONEBI, M. "Effect of mixture composition on washout resistance of highly flowable underwater concrete". ACI Materials Journal, julio-agosto 2001.
 - 27 KHAYAT, K. H. y HESTER, W. T. "Evaluation of concrete mixtures for underwater pile repair". ASTM Cement, Concrete and Aggregate 1991.
 - 28 KINIPPLE, WALTER R. "Concrete work underwater". Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. 87. Londres, 1886.
 - 29 KOHNE, J. K. "Storten van onderwaterbeton met de hop-dobber". Vol. XXXV. 12. 1983.
 - 30 MALCOM, J. R. y LEWIS, J. A. "Civil engineering construction underwater". Construction Division Meeting. 1954
 - 31 Mc DONALD, J. E. "Maintenance and preservation of concrete structures". Technical Report N° C-78-4. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., 1980
 - 32 MIN-HONG ZHANG y O. E. GJORV. "Effect of silica fume on pore structure and chloride diffusivity of low porosity cement pastes". Cement and Concrete Research vol. 21. 1991
 - 33 MORAL, R. DEL y BERENGUER, J.M. "Curso de Ingeniería de Puertos y costas". M.O.P.U. Dirección General de Puertos y Costas. 1980.
 - 34 NAGATAKI, S. et alies. "Recommendations for design and construction of antiwashout underwater concrete". Concrete Library International JSCE nº 19, junio de 1992.
 - 35 NEELY, B. D. "Evaluation of concrete mixtures for use in underwater repair". Technical Report No. REMR-CS-18. Department of the Army Waterways Experiment Station. 1988
 - 36 OHTOMO, T., MATSUOKA, Y., NAKAGAWA, Y. y NAKAHIRA, J. "Influence of materials on the action of admixtures in antiwashout underwater concrete". ACI Materials Journal, mayo- junio 1995
 - 37 OHTOMO, T., MATSUOKA, Y., NAKAGAWA, Y. y NAKAHIRA, J. "Influence of materials on the action of admixtures in antiwashout underwater concrete". ACI Materials Journal, mayo- junio 1995
 - 38 OTSUKI, N., HISADA, M., NAGATAKI, S. y KAMADA, T. "An experimental study on the fluidity of antiwashout underwater concrete". ACI Materials Journal, enero-febrero 1996.
 - 39 OZAWA, K., SAKATA, N. y OKAMURA, H. "Evaluation of self-compactibility of fresh concrete using the funnel test". Concrete Library International JSCE nº 25, junio de 1995.
 - 40 PARKER, D. G. "Microsilica concrete". Concrete, octubre 1985.
 - 41 "Performance of concrete in marine environment". ACI SP 6. 1980
 - 42 PETERSSON, Ö., BILLBERG, P. y VAN, B. K. "A model for self compacting concrete". Proceedings of

-
- 48 SKAGGS, C. B., RAKITSY, W. G. y WHITAKER, S. F. "Applications of rheological modifiers and superplasticizers in cementitious systems". ACI, 1994
 - 49 SOGO, S., HAGA, T. Y NAKAGAWA, T. "Underwater concrete containing segregation controlling polymers". 5th International Congress on Polymers in Concrete, 1987.
 - 50 SOGO, S., MIURA, N. y TAMADA, S. "Properties of concrete containing segregation controlling admixture.". CAJ. Review 1984.
 - 51 "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete". EFNARC, febrero 2002.
 - 52 STAYNES, B. W. y CORBETT, B. O. "The role of polymers in underwater and slurry trench construction"
 - 53 STEIJAERT, P. D. et alies. "Underwater concrete" Heron, vol 1973 n° 3.
 - 54 SAUCIER, K. L. y NEELEY, B. D. "Antiwashout admixtures in underwater concrete". Concrete International mayo de 1987.
 - 55 TATTERSALL, G. H., y BANFILL, P. F. G. "The rheology of fresh concrete". Pitman Publishing Co., Boston, 1983
 - 56 TOMLINSON, M. J. "Foundation design and construction". Longman, 5th edition. 1986
 - 57 UNE 83300:84. "Ensayos de hormigón. Toma de muestras de hormigón fresco"
 - 58 UNE 83301:91. "Ensayos de hormigón. Fabricación y conservación de probetas"
 - 59 UNE 83303:84. "Ensayos de hormigón. Refrentado de probetas con mortero de azufre"
 - 60 UNE 83304:84. "Ensayos de hormigón. Rotura por compresión"
 - 61 UNE 83306:85. "Ensayos de hormigón. Rotura por tracción indirecta (Ensayo Brasileño)"
 - 62 UNE 83309:90 EX. "Ensayos de hormigón. Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión"
 - 63 UNE 83313:90. "Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams"
 - 64 UNE 83315:96. "Ensayos de hormigón. Determinación del contenido de aire del hormigón fresco. Métodos de presión"
 - 65 YAMAGUCHI, M. et alies. "Development and application of underwater concrete K-Crete". Bridge Engineering, febero 1985.
 - 66 YAMAGUCHI, M., TSUCHIDA, T. y TOYOIZUMI, H. "Development of high-viscosity underwater concrete for maritime structures". Marine Concrete '86. The Concrete Society. Londres, 1986.
 - 67 YAMAMOTO, Y. "Studies of bond strength of reinforcement in concrete cast into bentonite suspension". Transactions-Architectural Institute of Japan. N° 148, julio de 1968.

International RILEM Conference on Production Methods and Workability of Concrete. Chapman & Hall/E & FN Spon. Paisley, 1996.

- 43 RILEM/CEB/FIP. "Bond Test for Reinforcement Steel:2. Pull-Out Test". Mayo de 1983
- 44 ROONEY, M. Y BARTOS, P. M. J. "Development of the settlement column segregation test for fresh selfcompacting concretes". 2nd International Symposium on SCC, Tokio 2001
- 45 SAKUTA, M., YOSHIOKA, Y. y KAYA, T. "Use of acryl-type polymers as admixture for underwater concrete"
- 46 SANTOS, M. "Muelles". 1979
- 47 SIMPSON, J. "Underwater concrete structures". The Dock & Harbour Authority. Abril 1972
- 48 SKAGGS, C. B., RAKITSY, W. G. y WHITAKER, S. F. "Applications of rheological modifiers and superplasticizers in cementitious systems". ACI, 1994
- 49 SOGO, S., HAGA, T. Y NAKAGAWA, T. "Underwater concrete containing segregation controlling polymers". 5th International Congress on Polymers in Concrete, 1987.
- 50 SOGO, S., MIURA, N. y TAMADA, S. "Properties of concrete containing segregation controlling admixture.". CAJ. Review 1984.
- 51 "Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete". EFNARC, febrero 2002.
- 52 STAYNES, B. W. y CORBETT, B. O. "The role of polymers in underwater and slurry trench construction"
- 53 STEIJAERT, P. D. et alies. "Underwater concrete" Heron, vol 1973 n° 3.
- 54 SAUCIER, K. L. y NEELEY, B. D. "Antiwashout admixtures in underwater concrete". Concrete International mayo de 1987.
- 55 TATTERSALL, G. H., y BANFILL, P. F. G. "The rheology of fresh concrete". Pitman Publishing Co., Boston, 1983
- 56 TOMLINSON, M. J. "Foundation design and construction". Longman, 5th edition. 1986
- 57 UNE 83300:84. "Ensayos de hormigón. Toma de muestras de hormigón fresco"
- 58 UNE 83301:91. "Ensayos de hormigón. Fabricación y conservación de probetas"
- 59 UNE 83303:84. "Ensayos de hormigón. Refrentado de probetas con mortero de azufre"
- 60 UNE 83304:84. "Ensayos de hormigón. Rotura por compresión"
- 61 UNE 83306:85. "Ensayos de hormigón. Rotura por tracción indirecta (Ensayo Brasileño)"
- 62 UNE 83309:90 EX. "Ensayos de hormigón. Determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión"
- 63 UNE 83313:90. "Ensayos de hormigón. Medida de la consistencia del hormigón fresco. Método del cono de Abrams"
- 64 UNE 83315:96. "Ensayos de hormigón. Determinación del contenido de aire del hormigón fresco. Métodos de presión"
- 65 YAMAGUCHI, M. et alies. "Development and application of underwater concrete K-Crete". Bridge Engineering, febero 1985.
- 66 YAMAGUCHI, M., TSUCHIDA, T. y TOYOIZUMI, H. "Development of high-viscosity underwater concrete for maritime structures". Marine Concrete '86. The Concrete Society. Londres, 1986.
- 67 YAMAMOTO, Y. "Studies of bond strength of reinforcement in concrete cast into bentonite suspension". Transactions-Architectural Institute of Japan. N° 148, julio de 1968.

Relación de Personal Titulado de INTEMAC

Arquitectos

Benito Díez, María Pilar
Fernández Sáez, Ana María
Fraile Mora, Serafín
González Balseyro, María José
López-Nava Muñoz, Alberto Ignacio
Luzón Cánovas, José M^a
Sánchez Arroyo, Jesús M^a
Sevilla Bombín, Esther María
Sicilia Mañá, Beatriz

Ingeniero Aeronáutico

* París Loreiro, Angel
Moreno Toriz, Juan José

Ingenieros de Caminos

Baena Alonso, Eva
Barrios Corpa, Jorge
Barrios Corpa, Roberto
Brandán Gordillo, Rubén
* Calavera Ruiz, José
Calderón Bello, Enrique
Castillo Fernández, Luis Javier
Corbacho Vicioso, José Angel
Cortés Bretón, Juan María
Corral Folgado, Claudio
De la Cuerda del Olmo, Francisco Javier
De la Fuente Gómez, Ana Isabel
Dávila Sánchez-Toscano, Suyapa
Díaz Heredia, Elena
Díaz Lozano, Justo
Díaz Pavón Cuaresma, Eduardo
Encinar Arroyo, Antonio
Fernández García, Susana
* Fernández Gómez, Jaime Antonio
Fernández Montes, David Constantino
García de Diego Cano, Eva María
González González, Juan José
González Reyero, Carlos
* González Valle, Enrique
* Hostalet Alba, Francisco
* Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M^a
Jiménez Ortiz, Gonzalo
..... * Ley Urzaiz, Jorge
Martínez Hidalgo, José
Munugarren Martínez, Miguel Angel
Penadés Olaso, Sergio
Pérez García, Noemí
Rodríguez Escribano, Raúl Rubén
* Rodríguez Romero, Jesús M^a
Rueda Contreras, Jorge Ladislao
Ruiz Fuentes, María Josefa
Ruiz Jiménez-Alfaro, Felipe
Sanz Pérez, Lorenzo
Sirvent Sirvent, Enrique
Tapia Menéndez, José
Torre Cobo, María Carmen

Torres Pérez, Elisa
Valdés Fernández de Alarcón, Pablo
Villanueva Ramírez, Santiago

Ingeniero en Cartografía y Geodesia

López-Canti Casas, Elisa

Ingenieros Civiles

Almeida da Silva, Pedro Miguel
Sarabando Diamantino, Francisco José
Teixeira Martins, Hermano Tiago

Ingenieros Geólogos

Catalán Navarro, Antonio
Hernández Alvarez, José Luis

Ingeniero I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo

Ingenieros Industriales

* Alvarez Cabal, Ramón Amado
Argüelles Galán, Manuel
Arroyo Arroyo, José Ramón
Armengou Lacalle, María Teresa
Bayonne Sopo, Enrique
De la Cruz Morón, Diego
De la Iglesia Rodríguez, Beatriz Marta
Estrada Gómez, Rafael
García Malpartida, Javier
González Carmona, Manuel
Ibañez Mayayo, Miguel
Liébana Ramos, Miguel Angel
Loriente Otal, Iván
López Bravo, Soraya
Martos Ojanguren, Víctor
Pou Esquiús, Carles
Ramírez de la Pinta, Rubén
Rioja San Martín, Oscar
Suárez Fernández, Antonio
Torruella Martínez, Josep M^a
* Valenciano Carles, Federico

Ingeniero de Materiales

Sáez Comet, Carlos

Ingeniero de Minas

González Feito, Pedro Victorino
Ramos Sánchez, Adelina

Ingeniero de Montes

Pérez Fuentes, María Esther

Dra. en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

Licenciada en Administración y Dirección de Empresas

Perales Gómez, Natalia

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 parcial.

Licenciado en Ciencias Ambientales

Gil Esteban, Luis Miguel

Licenciado en C. Económicas y Empresariales

González Chavero, Antonio

Licenciado en Ciencias Físicas

Salas Roa, Luis David

Licenciados en Ciencias Químicas

Fernández Sendino, Marta
Grandes Velasco, Sylvia María
Iglesias Hernaiz, María Angeles
López Sánchez, Pedro
Morgado Sánchez, José Carlos

Licenciados en Derecho

González del Olmo, Alfredo
Jarillo Cerrato, Pedro

Licenciada en Filología Hispánica

Valentín Sierra, M^a Consuelo

Licenciados en Geología

Blanco Zorroza, Alberto
Casado Chinarro, Alejandro
Catalán Navarro, Antonio
López Velilla, Oscar
Martín López, Jesús Heliodoro
Salado Rodilla, Luis
Usillos Espín, Pablo

Arquitectos Técnicos

Carrato Moñino, Rosa M^a
Fernández Jiménez, Amelia
Galán Rivera, Sofia
Montejano Jiménez, María del Carmen
Muñoz Mesto, Angel
Muñoz Ortega, Andrés
Sanz Burgueño, Miguel Angel
Suárez Leira, Víctor
Vaquero Navarro, Carlos
Vicente Minguela, Francisco

Ingenieros Técnicos Industriales

Alcubilla Villanueva, Rubén
Alvarez Pascual, Javier
Bernal Romero, Manuel Angel
Campano Pérez, María Josefa
Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio
García Campos, María de la Luz
Gil Ginesta, Juan Carlos
Madueño López, Javier
Madueño Moraño, Antonio
Martos Sánchez, Rafael
Muñoz Garijo, Francisco Javier
Pérez Berenguer, José Gil
Piñeiro Herrero, Alberto
Rodríguez Luque, Ana María
Sáez Comet, Carlos

Sánchez Bueno, Juan Jesús
Santos Barrero, Francisco Javier
Villar Riñones, Jesús

Ingeniero Técnico en Informática de Gestión

Esteban Pérez, Ramón

Ingeniero Técnico de Minas

Fernández Terán, Francisco Javier
Sillero Arroyo, Andrés

Ingenieros Técnicos Obras Públicas

Carrero Crespo, Rafael
Galán de Cáceres, M^a del Puerto
González Isabel, Germán
González Nuño, Luis
Hernández Velasco, M^a Concepción
Llort Mac Donald, Daniel
Martínez Vicente, Cristina
Mata Soriano, Juan Carlos
Mazuecos Salas, Ildefonso
Montiel Sánchez, Ernesto
Muñoz Martín, Jesús
Muñoz Mesto, Angel
Ortiz del Campo, Natalia
Ozaetta Cabrera, José Aníbal
Pino Vaquero, José Angel
Prieto Malillos, Raquel
Rivera Jiménez, Marta
Romero García, Daniel
Rosa Moreno, José Andrés
Rozas Hernando, José Juan
Sánchez Tomé, Elena
Sillero Olmedo, Rafael
Soto López, Elena del
Vicente Girón, Susana

Ingeniero Técnico de Telecomunicación

Vicent Cantero, Francisco José

Ingenieros Técnicos Topógrafos

Barragán Bermejo, M^a Vicenta
Carreras Ruiz, Francisco
Lana Campos, Rebeca
López Jiménez, Luis
Molero Vicente, M^a Isabel
Sánchez Martín, María de la O
Torés Campos, Ana M^a

Técnicos en Administración de Empresas

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

Técnico en Internet y Correo Electrónico

Calavera Vayá, Rafael

Técnico en Publicidad

Blanco Armas, Cristina

Topógrafo

Alquézar Falceto, Ricardo

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 parcial.

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 2007: 31€



ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno N° 64

"Instalaciones en aparcamientos subterráneos"

Autor: F. VALENCIANO CARLES

Cuaderno N° 65

"Incidencia de los aditivos antilavado en los hormigones puestos en obra bajo el agua (hormigones sumergidos)"

Autor: L. SANZ PÉREZ

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno N° 66

"Patología de los pavimentos cerámicos"

Autor: J. M^a LUZÓN CÁNOVAS
J. SÁNCHEZ ARROYO

Consulte lista completa de la Colección

MONOGRAFÍAS 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 N° 5

"Mantenimiento y reparación de paramentos de hormigón".

Autores: R. Barrios Corpa, C. Beteta Cejudo, E. Díaz Heredia, Prof. J. Fernández Gómez, J. M^a. Rodríguez Romero.

Precio de la Monografía 38 €

MONOGRAFÍA INTEMAC N° 6

"Patología, técnicas de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo".

Autores: P. López Sánchez, J. M^a. Luzón Cánovas, I. Martínez Pérez, A. Muñoz Mesto, A. Fernández Sáez.

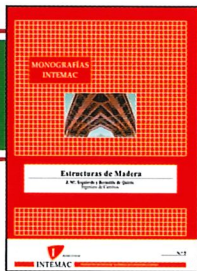
Precio de la Monografía 38 €

MONOGRAFÍA INTEMAC N° 7

"Estructuras de madera".

Autores: J. M^a. Izquierdo y Bernaldo de Quirós.

Precio de la Monografía 38 €



NOTAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA NIT

En INTEMAC se producen, con frecuencia, notas de información sobre temas que pensamos que no solamente tienen una utilidad interna sino que pueden resultar interesantes para muchos Técnicos de la Construcción.

NOTAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA NIT 1 (05)

"Estudio experimental sobre la influencia de distintos procedimientos de curado inicial en obra, en la resistencia a compresión de probetas de hormigón".

Autores: J. Calavera Ruiz, J. Fernández Gómez, G. González Isabel, J. Ley Urzaiz

Edición bilingüe (español e inglés) en color.

Precio 11 €



NOTAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA NIT 2 (05)

"El Incendio del Edificio Windsor de Madrid. Investigación del comportamiento al fuego y de la capacidad resistente residual de la estructura tras el incendio".

Autores: J. Calavera Ruiz, E. González Valle, J. Díaz Lozano, J. L. Cano Muñoz, J. Fernández Gómez, J. M^a. Izquierdo y Bernaldo de Quirós, J. Ley Urzaiz.

Edición bilingüe (español e inglés) en color.

Precio 15,5 €

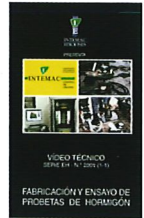
VÍDEOS TÉCNICOS Y DVD'S

Muestreo de hormigón fresco. Fabricación y ensayo de probetas de hormigón.

N° 2001 (1-1)

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 vídeo 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 - 25 €



Fabricación y control de calidad de barras y mallas para hormigón armado.

N° 2002 (1-2)

Muestra el proceso de laminación en fábrica de las barras y alambres, la fabricación de mallas y los ensayos de tracción, doblado, arrancamiento de nudos y determinación de las características geométricas del corrugado y el ensayo de Beam-test para la determinación de las características de adherencia. 30 minutos - 25 €



Compresión centrada en hormigón armado.

N° 2002 (1-4)

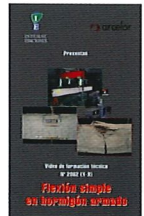
Contempla la rotura de siete pilares a escala real, variando resistencias de hormigón desde 25 N/mm² a 100N/mm², las cuantías de armaduras, la separación de estribos y la velocidad de carga conectando todo ello con las fórmulas de cálculo. 35 minutos - 25 €



Flexión simple en hormigón armado.

N° 2002 (1-3)

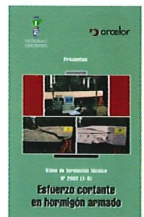
Incluye el ensayo a rotura de cinco vigas a escala real, con diferentes cuantías y diferentes desarrollos de adherencia conectando todo ello con las fórmulas de cálculo. 35 minutos - 25 €



Esfuerzo cortante en hormigón armado.

N° 2002 (1-5)

Muestra el ensayo a rotura de cinco vigas a escala real, con diferentes formas de rotura por corte (Tracción diagonal, corte flexión, compresión diagonal, etc.) conectando todo ello con las fórmulas de cálculo. 25 minutos - 25 €



BOLETÍN BIBLIOGRÁFICO

INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETÍN BIBLIOGRÁFICO 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 BOLETÍN BIBLIOGRÁFICO incluye:

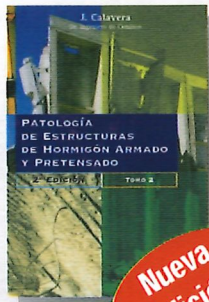
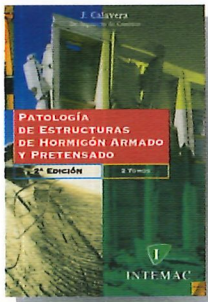
Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo. Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera. Secciones de Bibliografía y Cursos.

Una sección de Congresos, Reuniones Técnicas y Ferias de próxima celebración en todo el mundo.

Tarifa de suscripción anual (6 números) 200 €

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

Consulte otras publicaciones
www.intemac.es

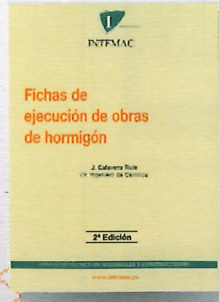


Nueva edición

Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado 2ª edición (2 tomos)

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 135 €

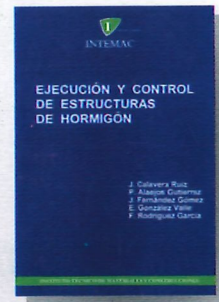


Nueva publicación

Fichas de ejecución de obras de hormigón 2ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 56 €



Nueva publicación

Ejecución y control de estructuras de hormigón

J. Calavera, P. Alaejos Gutiérrez,
J. Fernández Gómez, E. González Valle,
F. Rodríguez García

Precio: 113 €



Manual para la redacción de informes técnicos en construcción

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 80 €



Manual de Ferralla 3ª edición

J. Calavera, E. González Valle,
J. Fernández Gómez, F. Valenciano

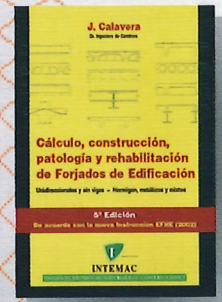
Precio: 45 €



Proyecto de estructuras de hormigón con armaduras industrializadas

J. Calavera, E. González Valle,
J. Fernández Gómez, F. Valenciano

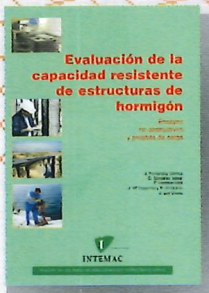
Precio: 50 €



Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación 5ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

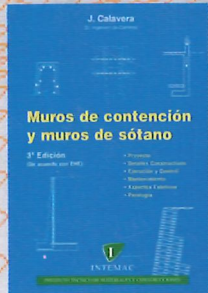
Precio: 113 €



Evaluación de la capacidad resistente de estructuras de hormigón

J. Fernández Gómez, G. González Isabel,
F. Hostalet Alba, J. Mº Izquierdo, J. Ley Urzaiz

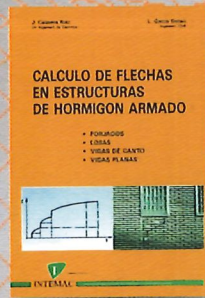
Precio: 64 €



Muros de contención y muros de sótano 3ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 80 €



Cálculo de flechas en estructuras de hormigón armado

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)
L. García Dutari (Ingeniero Civil)

Precio: 53 €



Manual de detalles constructivos en obras del hormigón armado

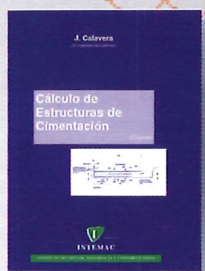
J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Libro: 123 € - Paquete informático 198 €



INTEMAC

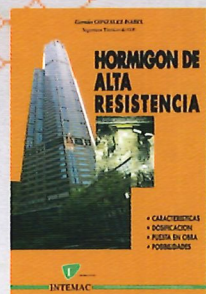
Mario Roso de Luna, 29, Ed. 12 - 28022 MADRID
TEL.: 91 327 74 00 • FAX: 91 327 74 20
e-mail: intemac@intemac.es
www.intemac.es



Cálculo de estructuras de cimentación 4ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 80 €



Hormigón de alta resistencia

G. González-Isabel (Ingeniero Técnico de O. P.)

Precio: 47 €



Tecnología y propiedades mecánicas de hormigón

A. Delibes (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 57 €