

# CUADERNOS INTEMAC

## Patologías en estructuras de hormigón armado y pretensado

### Pathologies in reinforced and prestressed concrete structures

Justo Díaz Lozano      Raúl Rubén Rodríguez Escribano      Ismael Carpintero García  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos    Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos    Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



**INTEMAC**

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

N.º 52

4º TRIMESTRE '03



METIRE UT SCIAS

## INTEMAC

### INSTITUTO TÉCNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

CONTROL DE PROYECTO

CONTROL DE OBRA

GARANTÍA DE CALIDAD

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

INFORMES DE PATOLOGÍA, REHABILITACIÓN Y REFUERZOS DE CONSTRUCCIONES

OBRAS PÚBLICAS  
EDIFICACIÓN  
INSTALACIONES



## INTEMAC AUDIT

### 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 ECO

### AUDITORÍA TÉCNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas  
Edificación  
Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

Aire  
Agua  
Ruido

AUDITORÍA MEDIOAMBIENTAL

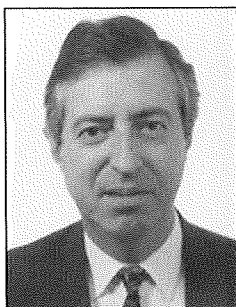
ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

---

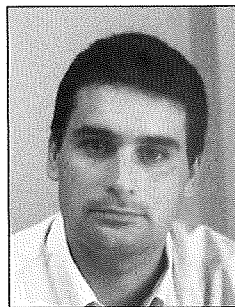
**PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN  
ARMADO Y PRETENSADO**

---

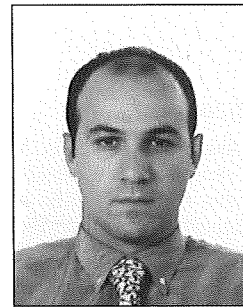
**PATHOLOGIES IN REINFORCED AND PRESTRESSED  
CONCRETE STRUCTURES**



**Justo Díaz Lozano**  
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos  
Civil Engineer



**Raúl Rubén Rodríguez Escribano**  
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos  
Civil Engineer



**Ismael Carpintero García**  
Ingeniero de Caminos Canales y Puertos  
Civil Engineer

Copyright © 2003, 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-40609-2004  
Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

---

## **CONTENTS**

- 1. INTRODUCTION**
- 2. DAMAGE GENERATED IN THE STAGE**
- 3. DAMAGE DUE TO MATERIALS**
- 4. CONSTRUCTION DAMAGE**
- 5. DAMAGE GENERATED DURING THE SERVICE LIFE OF A STRUCTURE**
- 6. REFERENCES**

## **ÍNDICE**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. DAÑOS ORIGINADOS EN LA ETAPA DE PROYECTO**
- 3. DAÑOS ORIGINADOS POR LOS MATERIALES**
- 4. DAÑOS ORIGINADOS EN LA EJECUCIÓN**
- 5. DAÑOS ORIGINADOS DURANTE LA VIDA EN SERVICIO DE LA ESTRUCTURA**
- 6. BIBLIOGRAFÍA**

## ABSTRACT

*Pathologies on reinforced and prestressed structures, considered as the study of the reasons, the structural implications and the damages predictable evolution on a construction are a range which is on a continual development process, and requires a high degree of training and specialization.*

*On this work we'll try to expose some of the most common cases related to pathologies on reinforced and prestressed structures caused by failures associated with design or construction, as well as with materials, illustrated with real examples from pathologies on this kind of structures.*

## 1. INTRODUCTION

The present article contains examples of some of the most common pathologies in reinforced and prestressed concrete structures caused by failures associated with design, materials or construction, or generated during the service life of the structure (damage caused by wear, deficient maintenance, accidents such as fire, explosions, etc.).

There is such a variety of possible pathologies that the paper does not, naturally, intend to be a guide for interpreting the mechanisms underlying the damage caused, but merely a review to provide the reader with examples of some of the most frequent sources of Pathology.

Due to the limited space available, case descriptions are brief and limited to the most relevant aspects of each type of Pathology.

## 2. DAMAGE GENERATED IN THE DESIGN STAGE

The absence of construction details in the design is one of the most frequent causes of structural failure in reinforced concrete. Indeed, designs often omit reinforcement detailing in the key parts of a structure. The resulting on-site improvisation by unqualified personnel during the construction phase may lead to flaws. In other cases, the construction detailing envisaged by the designer may prove to be impracticable.

Figure 1 illustrates a flaw that has been the cause of numerous Pathology problems in one-way concrete slabs with non-self-supporting joists. In this case the use of closely spaced pan forms and the placement of two rounds as negative reinforcing steel prevented the concrete from reaching and adequately covering the joists.



**Defectos de hormigonado en un forjado de viguetas semirresistentes  
Concreting flaws in a slab with non-self-supporting joists**

**Fig. 1**

## RESUMEN

*La Patología de obras de hormigón armado, como estudio de las causas, trascendencia estructural y evolución previsible de los daños que presenta una construcción, es un campo en constante crecimiento, que exige un alto grado de formación y especialización.*

*En este trabajo se exponen algunos de los casos más frecuentes relacionados con patologías de estructuras de hormigón armado y pretensado debidas a fallos de proyecto o ejecución, así como a los propios materiales, ilustrados con ejemplos reales de patologías en este tipo de estructuras.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento exponemos diversos ejemplos que ilustran algunos de los casos más frecuentes relacionados con patologías de estructuras de hormigón armado y pretensado debidas a fallos asociados al proyecto, a los materiales, a la ejecución, así como a los originados durante la vida de servicio de la estructura (daños provocados por el uso, por un insuficiente mantenimiento, por acciones extraordinarias como el fuego, explosiones, etc.).

Por supuesto, dada la gran diversidad de casos de Patología que pueden presentarse este documento no pretende ser una guía para la interpretación de los mecanismos de daño, sino una exposición de casos que permitan al lector conocer con ejemplos algunas de las fuentes de patologías estadísticamente más recurrentes.

Dada la limitación de espacio, la descripción de los casos es muy concisa y se limita a exponer los aspectos más relevantes de cada uno de ellos.

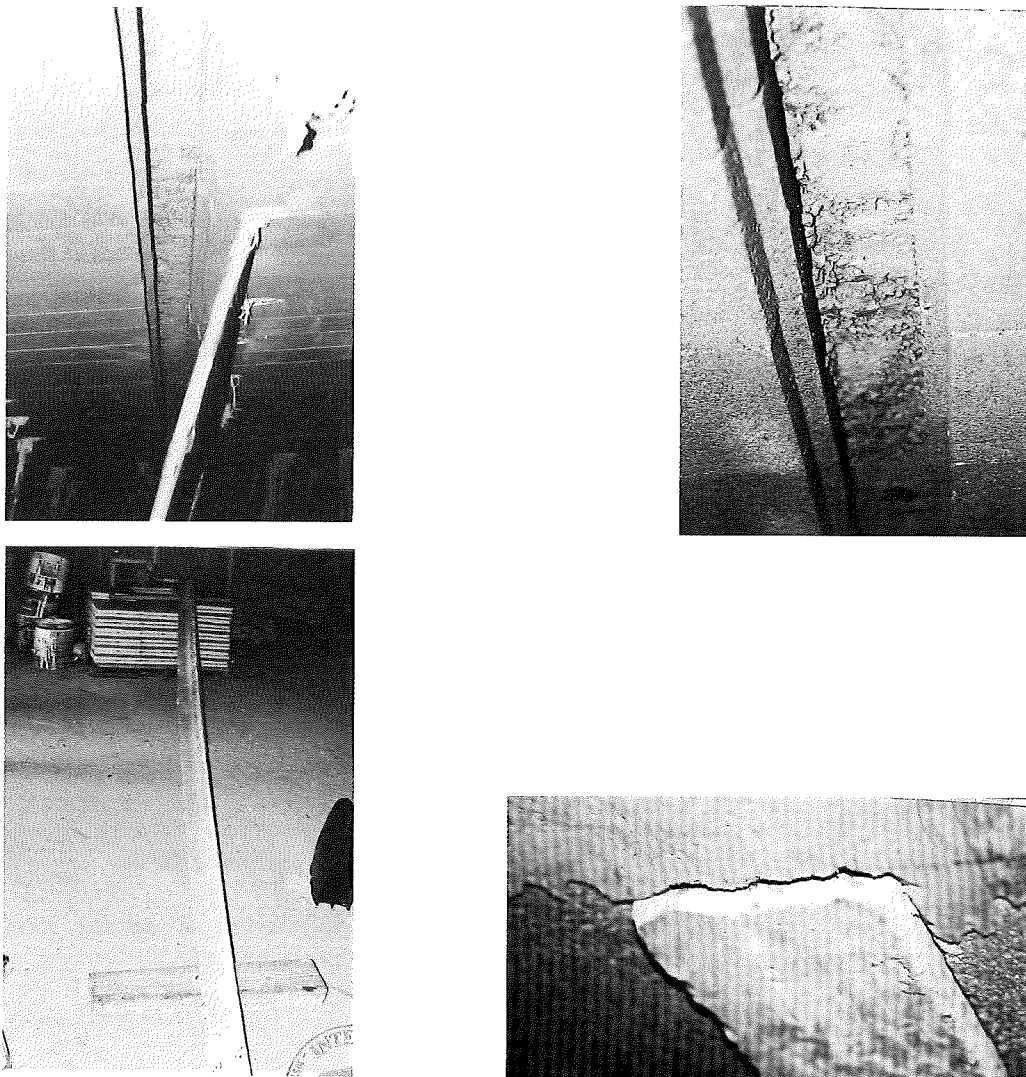
## 2. DAÑOS ORIGINADOS EN LA ETAPA DE PROYECTO

La ausencia de detalles constructivos en el Proyecto es una de las causas más frecuentes de fallos en estructuras de hormigón armado. En efecto, en muchas ocasiones se omiten en el Proyecto los detalles de armado en puntos singulares de la estructura, detalles que en ocasiones se improvisan durante la ejecución o se resuelven en obra por personal no cualificado, y que pueden finalmente resultar deficientes. En otros casos, lo que ocurre es que el detalle constructivo previsto no puede ser ejecutado en la práctica, o no responde a los supuestos adoptados en el cálculo.

En la Figura 1 se muestra un defecto que ha sido causa de numerosos problemas de patología en forjados unidireccionales de hormigón con viguetas semirresistentes. El empleo de bovedillas con reducida separación entre hombros y la disposición de dos redondos como armadura negativa impidieron una adecuada entrada del hormigón para relleno de los nervios.

En la Figura 2 mostramos un caso análogo al anterior, en el que además, como se muestra en la Figura, las viguetas semirresistentes eran suministradas en obra con una longitud igual a la luz libre entre caras de vigas de apoyo. La ausencia de hormigón *in situ* embebiendo las viguetas provocó el despegue de algunas viguetas, llegando a desprenderse íntegramente una de ellas.

Figure 2 depicts a similar case in which, as the Figure shows, the length of the non-self-supporting joists delivered on site was equal to the side-to-side span between the supporting beams. The absence of cast-in-place concrete to embed the joists caused some of them to slip out of place and one of them to pull away from the beam altogether.



**Defectos de hormigonado en un forjado de viguetas semirresistentes**  
**Concreting flaws in a slab with non-self-supporting joists**

[Colegio en Palos de la frontera]  
 [School in Palos de la Frontera]

**Fig. 2**

The problem can also arise in prestressed, precast concrete members if the steel ratios are high and the design fails to specify the most appropriate placement and consolidation systems. Figure 3 presents a precast bridge beam with this flaw.

Figure 4 shows a slab with prestressed concrete non-self-supporting joists and "porexpan" pan forms. The joists were supplied at a length equal to the span between support beams and the respective connecting reinforcement was placed between the beam and the slab rib. The pan form adjacent to the beam was not removed before the concrete was poured, however, and this, together with the scant spacing between forms and joists, prevented the concrete from fully covering the continuity reinforcement. The flaw was discovered on the occasion of an investigation into the cause for the detachment of one of the joists from the beam, as shown in the Figure.

A final example of construction detailing incompatible with proper concreting is given in Figure 5, showing a support whose reinforcement ratio was so dense that the spacing between bars was smaller than the 20 mm



En la Figura 3 mostramos el caso de un forjado de viguetas semirresistentes de hormigón pretensado y bovedillas de porexpán. Las viguetas fueron suministradas con una longitud igual a la luz libre entre las vigas de apoyo, disponiendo la correspondiente armadura de conexión entre viga y nervio de forjado. Sin embargo, no fue retirada la bovedilla adyacente a la viga, lo que unido al reducido espacio entre bovedillas y vigueta impidió que la armadura de conexión quedase adecuadamente hormigonada. El defecto se puso de manifiesto cuando se investigó la causa del despegue de una de las viguetas en apoyo que se muestra en la Figura.



**Despegue de una vigueta de forjado**  
**Detachment of a slab joist**  
**Fig. 3**

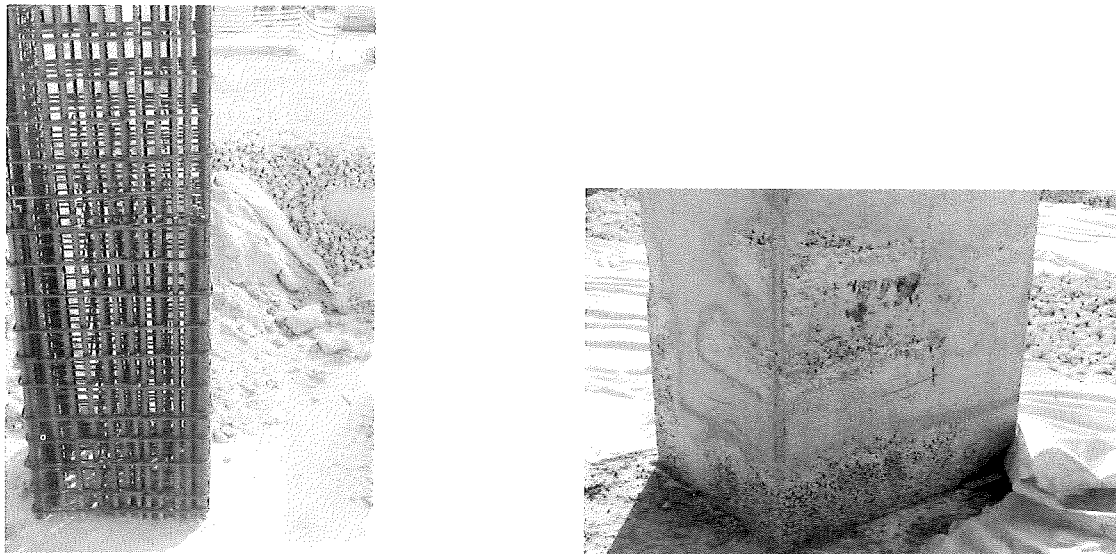
En piezas prefabricadas de hormigón pretensado también puede presentarse el problema si las cuantías de armado son elevadas y no se especifican sistemas de puesta en obra y compactación adecuados. En la Figura 4 mostramos un ejemplo, correspondiente a una viga prefabricada para un puente.



**Defectos de hormigonado en unas vigas prefabricadas para un puente**  
**Concreting flaws in precast bridge beams**  
**Fig. 4**

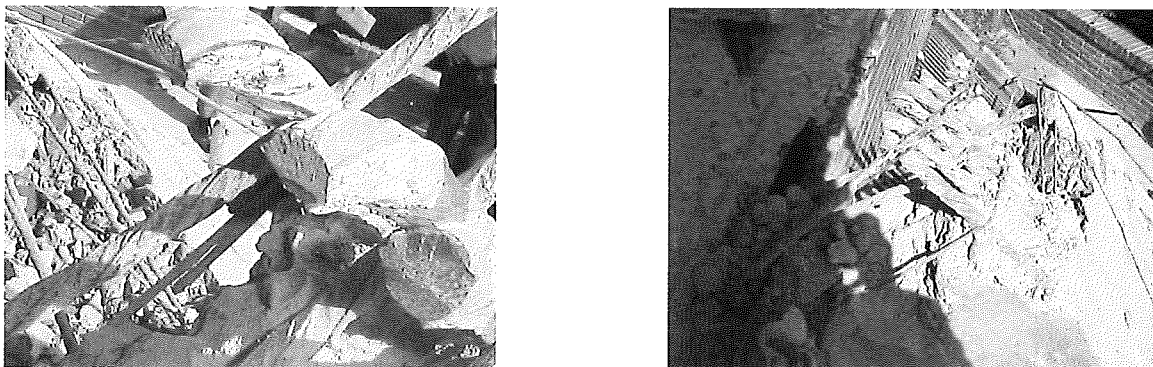
Como último ejemplo de detalle constructivo no compatible con un correcto hormigonado, en la Figura 5 mostramos el caso de un soporte cuya cuantía de armado era tal que la separación entre barras resultaba inferior a los 20 mm especificados como tamaño máximo del árido. La Figura corresponde a la base del soporte, zona en la que el problema se agrava como consecuencia de las dificultades de compactar dada la elevada cuantía de

specified as the maximum aggregate size. The Figure shows the bottom of the support, where concrete consolidation was particularly difficult, due to the high transverse reinforcement ratio in the column and the density of reinforcing steel in the area where column and foundation continuity rebar overlapped.



**Defecto de hormigonado en la base de un pilar**  
**Concreting flaw in a column base**  
[Eroski Leganés – Photo and sketch of reinforcement]  
**Fig. 5**

At times the construction detailing is defined, but only a rough sketch instead of a scale drawing is provided, masking the fact that it cannot be correctly placed in practice. Figure 6 depicts a collapsed cantilevered roof over a porch in a detached home. The negative reinforcement ratio was correct, but the diameters of the bars ( $\varnothing 25$  mm) were incompatible with the bend diameters required. During construction the bars were bent to place them as envisaged, however; the very small bend radii resulting from this operation caused the bars to crack.



**Derrumbe de un voladizo por un defecto en el doblado de barras de armado**  
**Collapse of a cantilevered roof due to rebar bending flaws**  
**Fig. 6**

Figure 7 shows a similar example, a car park building whose flat plate reinforced concrete slabs rested on reinforced concrete columns. The shear reinforcement ratio was correct, in principle. However, the slab depth was so small that it reduced the working depth of the various layers of reinforcement; as a result the shear reinforcement, which was placed underneath the flexural reinforcement, proved to be insufficient. This, in conjunction with other problems, led to a general collapse of slabs between expansion joints on several storeys of the building.

armadura transversal del pilar, así como por la congestión de armado que se produce en la zona de solape con las esperas de la cimentación.

En ocasiones ocurre que el detalle constructivo se encuentra definido, pero su dibujo esquemático y no a escala enmascara el hecho de que, en la práctica, no puede ejecutarse correctamente. En la Figura 6 mostramos el caso de un voladizo que servía de cubierta a una terraza en una vivienda unifamiliar. La cuantía de armadura negativa era correcta, pero los diámetros dispuestos ( $\varnothing 25$  mm) resultaban incompatibles con los diámetros de doblado necesarios. Sin embargo, en obra se doblaron para colocarlos según estaba previsto, aunque con radios de doblado muy reducidos que provocaron la fisuración de las barras.



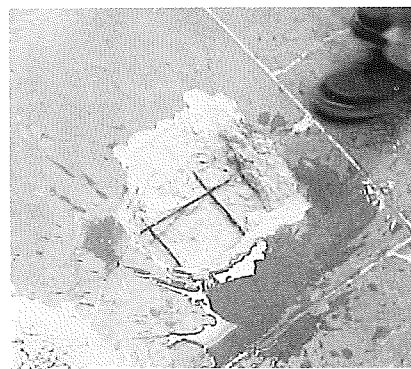
**Hundimiento de un edificio de aparcamiento**  
**Collapse of a car park building**  
**Fig. 7**

En la Figura 7 mostramos un ejemplo, correspondiente a un edificio para aparcamiento, cuya estructura fue resuelta con losas macizas de hormigón armado sin vigas con apoyo en pilares también de hormigón armado. La cuantía de armadura prevista frente a punzonamiento era, en principio, correcta. Sin embargo, el reducido espesor de la losa hacía que las diferentes capas de armado fuesen perdiendo canto útil, llegando a tener la armadura de punzonamiento, que fue la que se dispuso bajo las capas de armadura de flexión, un canto en la práctica insuficiente. Esta circunstancia, junto con algunos otros problemas añadidos, provocó un hundimiento generalizado del forjado entre juntas de dilatación que afectó a varias plantas.

Un error relativamente frecuente es la ausencia en el Proyecto de especificaciones relativas a la posición de la armadura para control de fisuración por retracción y contracción térmica inicial en soleras. Para que esta armadura resulte eficaz debe situarse en la parte superior del espesor de la solera. Sin embargo, cuando no se especifica dónde debe ir situada, es muy frecuente que se coloque próxima a la cara inferior, teniendo en cuenta que en esta posición la ejecución se simplifica. En la Figura 8 mostramos un ejemplo.



**Fig. 8.a**



**Fig. 8.b**

**Daños en soleras por una incorrecta disposición de la armadura**  
**Damage in slabs on grade due to incorrectly placed rebar**  
**Fig. 8**

One relatively frequent design error is the absence of specifications on the position of the reinforcement to reduce shrinkage and initial thermal contraction cracking in floor slabs on grade. For this type of reinforcement to be effective, it must be placed on the top of the slab. Where this is not specified, however, it is often placed close to the bottom to simplify placement operations. Figure 8 provides an example of this flaw.

Durability problems associated with the absence or incorrect specification of construction details are common. They tend to be related to insufficient cover (see Figure 9.a), aggravated on occasion by the existence of surfaces lacking suitable rainwater removal or subject to runoff from overhead structures due, for instance, to the absence of a drip (see Figure 9.b).

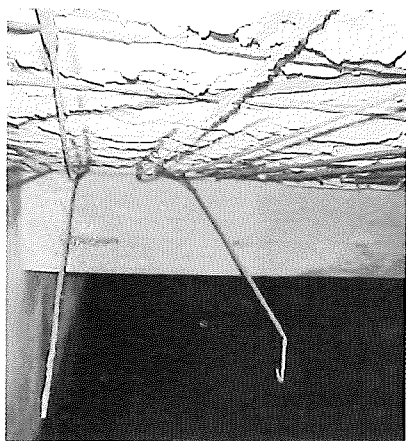


Fig. 9.a



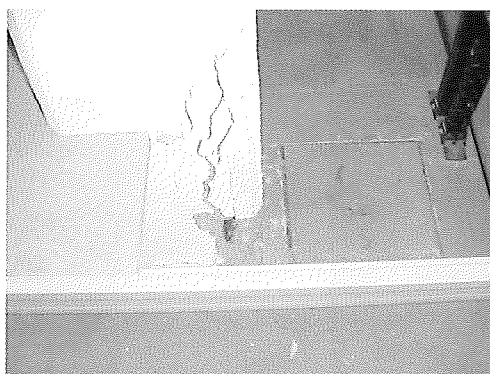
Fig. 9.b

**Daños por corrosión de armaduras  
Damage due to reinforcement corrosion**

**Fig. 9**

Figure 10 illustrates the durability problems generated in an industrial bay with columns bearing embedded downpipes, where, moreover, poor quality concrete had been used.

Some structures sited in marine environments are built with precast beams with a record of satisfactory performance, but in less aggressive climates. An example of the long-term results of such practice is given in Figure 11.



**Daños por corrosión en un pilar en el que está embebida una bajante  
Corrosion damage in a column with an embedded downpipe**

**Fig. 10**

Another issue that sometimes generates problems is the failure to take account of service penetrations in structural design. If this happens and the M&E and structural teams are not closely co-ordinated, holes may be drilled or penetrations made in the structure that affect safety conditions. Figure 12 shows a few examples.

Son muy frecuentes los casos de problemas de durabilidad asociados con la ausencia o especificación incorrecta de detalles constructivos. En general están asociados con recubrimientos insuficientes (ver Figura 9.a), a lo que se suma en ocasiones la existencia de superficies sin una adecuada capacidad de evacuación del agua o en la que se favorece el escurrimiento de ésta por ausencia, por ejemplo, de goterón (ver Figura 9.b).

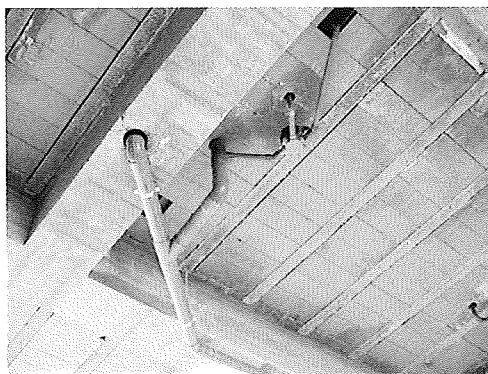
En la Figura 10 mostramos los problemas de durabilidad que se originaron en unos soportes de una nave que tenían embebidas las bajantes, en el que además el hormigón tenía una calidad deficiente.



**Daños por corrosión en vigas prefabricadas en ambiente marino**  
**Corrosion damage in precast beams in a marine environment**  
Fig. 11

Algunas estructuras situadas en ambiente marino han sido construidas con vigas prefabricadas previstas para puentes en ambientes más favorables en los que han presentado un comportamiento satisfactorio desde el punto de vista de la durabilidad. En la Figura 11 mostramos un ejemplo de los resultados que esta práctica puede suponer a largo plazo.

Otro aspecto que en ocasiones genera problemas es la no consideración, en el diseño de la estructura, de la posición de los huecos necesarios para las instalaciones. Si esto ocurre, y el equipo encargado de las instalaciones no está coordinado con el de la estructura, puede suceder que se practiquen taladros y huecos en dicha estructura que pueden afectar a sus condiciones de seguridad. En la Figura 12 mostramos algunos ejemplos.



**Taladro practicado en una viga para paso de instalaciones**  
**Hole drilled in a beam for service ducting**  
Fig. 12

No es infrecuente que las juntas estructurales se resuelvan sin doblar pilares, mediante el apoyo del forjado de un lado de la junta *a media madera* en el otro paño. Si el detalle de apoyo no está adecuadamente resuelto para permitir los movimientos relativos a ambos lados de la junta, pueden aparecer esfuerzos horizontales en el plano de contacto no previstos, que den lugar a daños. En la Figura 13 mostramos las fisuras que se produjeron en la ménsula de apoyo del forjado en una junta de este tipo.

Other sources of design errors are structural dimensioning, modelling and evaluation of actions.

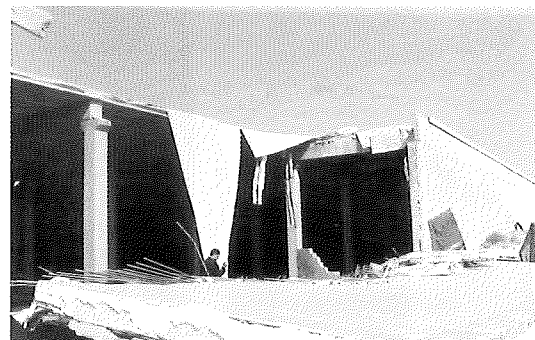
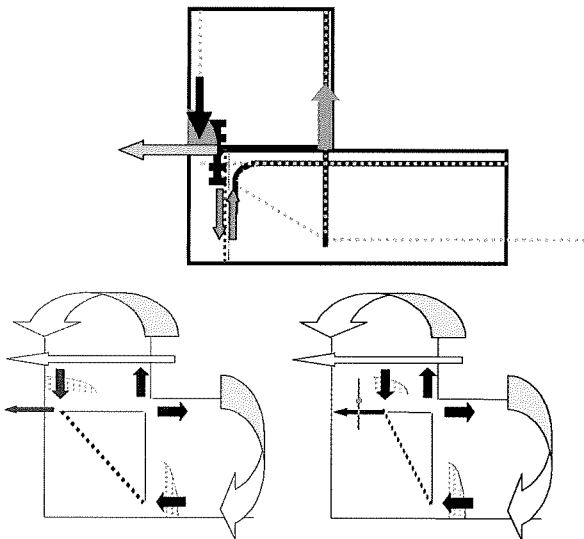
For instance, one effect not usually considered in structural dimensioning is the action due to concrete thermohygroscopy. Although not often, such effects may be design determinants in some cases, such as in slabs on grade, for which this phenomenon is crucial. The failure to take it into account when dimensioning slabs may result in cracking.

Worksite traffic may also be a design determinant in some cases, such as in foundation members, ducting and the like (see Figure 13).



**Daños en una ménsula para apoyo de un paño de forjado**  
**Duct broken due to work site traffic**  
**Fig. 13**

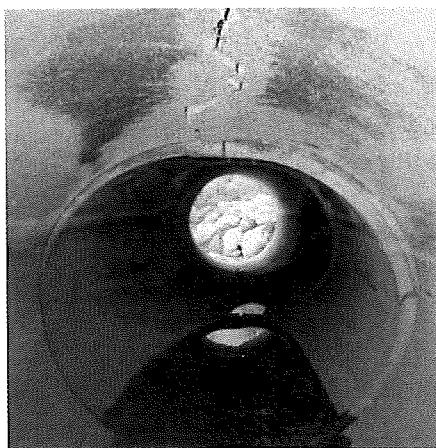
It is not uncommon to design structural joints without doubling columns, but rather halve-jointing the slabs on either side. If the detail of the support is not appropriately designed to allow for differential movement on the two sides of the joint, unforeseen horizontal stress appearing on the plane of contact may cause damage. Figure 14 shows cracking in a slab support bracket for a joint of this nature.



**Hundimiento de un depósito por un detalle no adecuado en el nudo de arranque del muro sobre la solera**  
**Damage in a slab support bracket**  
**Fig. 14**

Insufficient consideration is sometimes given to the actions to which precast members will be subject during on-site stocking, shipping and placement. Figure 15 shows a bridge beam that, due to shipping requirements, had to be transported to the worksite with one end projecting beyond the end of the lorry, a condition for which it was not designed and which gave rise to the cracks that can be seen in the Figure. Lateral deflection in precast members due to prestressing may condition member assembly if, as a result of such deflection, the centre of gravity of the

Los detalles constructivos están relacionados en muchas ocasiones con regiones de discontinuidad. Este es el caso, por ejemplo, de la esquina de arranque del muro de un depósito sobre la solera. En la Figura 14 mostramos la red de isostáticas en la zona y un modelo de bielas y tirantes que puede adoptarse para resolver el detalle constructivo. En la misma figura se muestra cómo fue resuelto el detalle para el caso en el que se dispuso banda de estanqueidad. Como puede observarse comparando el modelo de bielas y tirantes y el detalle constructivo adoptado, la presencia de la banda de estanqueidad interrumpe el paso de la armadura y con ello la colaboración del tirante correspondiente del modelo, reduciéndose así drásticamente la capacidad del nudo. Ello produjo el hundimiento que se muestra en la misma Figura 14.



**Rotura en un conducto por el paso de tráfico de obra**  
**Cracks appearing on a precast beam during shipping**  
**Fig. 15**

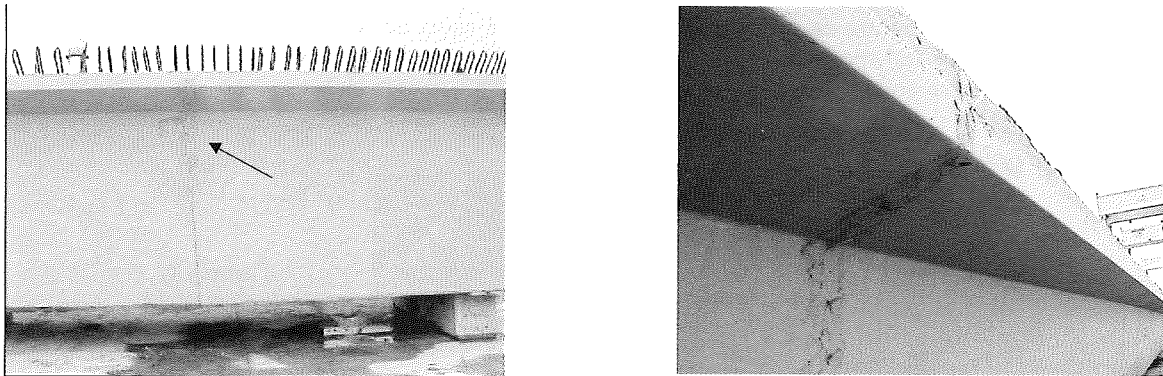
Otra fuente de errores en la fase de proyecto se produce en la fase de dimensionamiento de la estructura, en su modelización y en la evaluación de las acciones.

Por ejemplo, un tipo de acción en general no considerada en el dimensionamiento de estructuras es la debida a los efectos termohigrométricos del hormigón. Si bien es cierto que, en muchos casos, su efecto no es condicionante en el diseño, no ocurre así en otros casos. Este es el caso de las soleras, para las cuales este fenómeno es crítico en el dimensionamiento, y su no consideración puede provocar la aparición de fisuras.

En ocasiones el tráfico de obra durante la ejecución puede resultar condicionante en el diseño de elementos de cimentación, conducciones, etc. (Figura 15).

En ocasiones no son suficientemente consideradas las acciones que las piezas prefabricadas sufrirán durante el acopio, transporte y puesta en obra. En la Figura 16 mostramos el caso de una viga de puente que, por condicionantes de transporte, debió ser trasladada a obra con un extremo en voladizo, aspecto que no fue previsto en el diseño, y que dio lugar a la aparición de fisuras como las que se observan en la Figura. La flecha lateral en piezas prefabricadas debida al pretensado puede condicionar el montaje de las piezas si, como consecuencia de dicha flecha, el centro de gravedad de la pieza queda fuera de la línea de apoyos y éstos no pueden absorber el intento de vuelco de la pieza. Esto ha sido causa o factor colaborante en el hundimiento de algunas estructuras prefabricadas en fase de montaje (Figura 17).

member is not aligned squarely over the supports and the system is unable to offset the tendency of the member to capsize. This has been a cause or a contributing factor to the collapse of a number of precast structures during the assembly phase (see Figure 16 for example).



**Fisuras aparecidas durante el transporte en una viga prefabricada**  
**Collapse of an industrial bay during assembly**  
**Fig. 16**

Design flaws may appear if the discontinuity regions are not appropriately identified and the member is dimensioned without taking account of the local effect in such areas. One relatively frequent flaw involves the point loads in portal frames close to lintel supports. The conventional portal frame model makes no provision for the local effect of such loads, which may lead to the sort of damage shown in Figure 17.

The local effect of prestressing action in the transfer area must also be properly analysed. It is not uncommon, for instance, for the prestressing diffusion effect to be insufficiently analysed in the transfer zone; here the stress on the tendon is gradually transmitted to the concrete, creating a system of stresses normal to the cross section. Figure 18 shows the cracks that appeared in prestressed beams on a ship deck for the failure to take this effect into account.



**Hundimiento de una nave durante su montaje**  
**Crack on a lintel subject to a point load near a support**  
**Fig. 17**

Construction details are often related to regions of discontinuity. This is the case, for instance, of the corner of the wall to the deposit in Figure 19, built over a slab on grade. The Figure depicts the system of isostatic curves in the zone and a strut-and-tie model that can be adopted for construction detailing. It also gives the detail for laying a water-tight band. Comparing the strut-and-tie model to the construction detail used, it may be readily deduced that the presence of the water-tight band interrupts the continuity of the reinforcement and with it the contribution of the respective tie in the model, thereby drastically reducing the strength of the structural joint. This caused the collapse illustrated in Figure 19.

Computers have simplified engineering design. Yet insofar as modelling entails representing the actual structure to be built, serious problems may arise if the model does not accurately reflect actual circumstances. The collapse of the deposit shown in Figure 20, for instance, was due to such a mis-match. The walls of this deposit were modelled

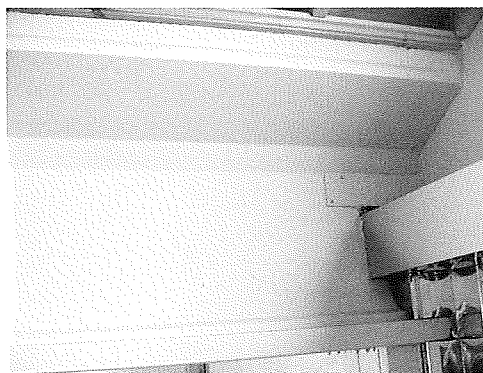




**Fisura en un dintel que recibe una carga puntual próxima a un apoyo**  
**Cracks in the web of a precast beam**  
**Fig. 18**

El defecto de diseño puede producirse si no se identifican adecuadamente las regiones de discontinuidad y la pieza se dimensiona sin tener en cuenta los efectos locales en estas zonas. Un caso relativamente frecuente es el de las cargas puntuales en pórticos próximos a los apoyos del dintel. En estos casos, el modelo tradicional del pórtico no recoge el efecto local de dichas cargas, pudiendo producirse daños como los que se muestran en la Figura 18.

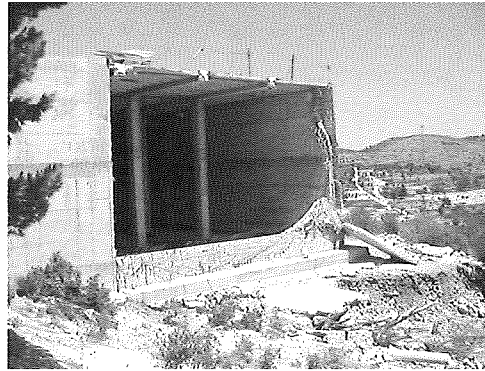
El efecto local de la fuerza de pretensado en la zona de transferencia también debe ser adecuadamente analizado. No es infrecuente, por ejemplo, que no se analice con suficiente detalle el efecto de la difusión del pretensado en la zona de transferencia, en la que la fuerza en el tendón se transmite progresivamente al hormigón hasta crear una ley plana de tensiones normales en la sección transversal. En la Figura 19 mostramos las fisuras que aparecieron en unas vigas pretensadas de la cubierta de una nave por no haber considerado este efecto.



**Fisuras en el alma de unas vigas prefabricadas**  
**Collapse of a deposit caused by inappropriate detailing at the abutment between**  
**the wall and the slab on grade**  
**Fig. 19**

El uso del ordenador ha simplificado las operaciones de cálculo. Sin embargo, no debe olvidarse que la modelización es una representación de la estructura real que se prevé construir. Si el modelo no representa satisfactoriamente la situación real, pueden presentarse problemas. Este es el caso, por ejemplo, del depósito que se muestra en la Figura 20. En él, los muros fueron modelizados como placas empotradas en su arranque y en las esquinas del depósito, y con apoyo simple (sin capacidad de empotramiento) en la cubierta. Sin embargo, el diseño de los muros incluía una junta intermedia en el paño de muro entre esquinas, un detalle de apoyo de la cubierta que no impedía el libre desplazamiento en coronación del muro, y un detalle en las esquinas del depósito que no garantizaba su empotramiento. Los esfuerzos difieren enormemente en ambos casos, y ello dio lugar al hundimiento del muro durante el primer llenado del depósito.

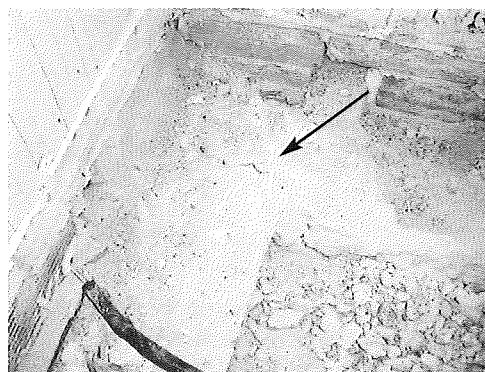
as though they were restrained at the bottom and corners, with simple supports (no restraint possible) on the roof. However, the actual design of the walls included a joint midway between the corners, a detail of the roof support that did not hinder movement at the top of the wall and a detail for the corners of the deposit that did not guarantee their restraint. Due to the enormous differences in the stress generated in the two approaches, the deposit collapsed the first time it was filled.



**Hundimiento de un depósito cuya ejecución no se correspondía con el modelo de cálculo**  
**Collapse of a deposit not built to the structural model**  
**Fig. 20**

Figure 21 shows a self-supporting joist slab dimensioned to simply rest on the supports. However, the joists were monolithically concreted to the beam: the restraint generated, which was not provided for in the design, caused the joist to crack.

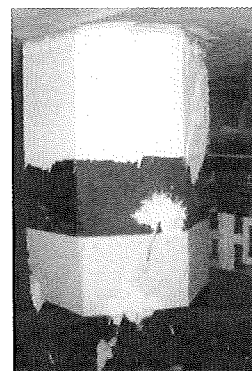
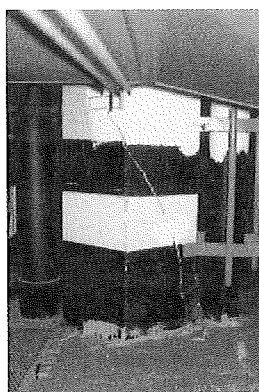
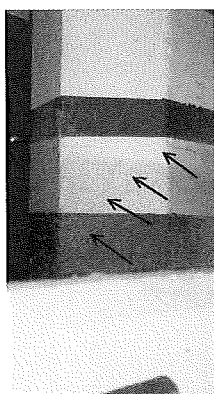
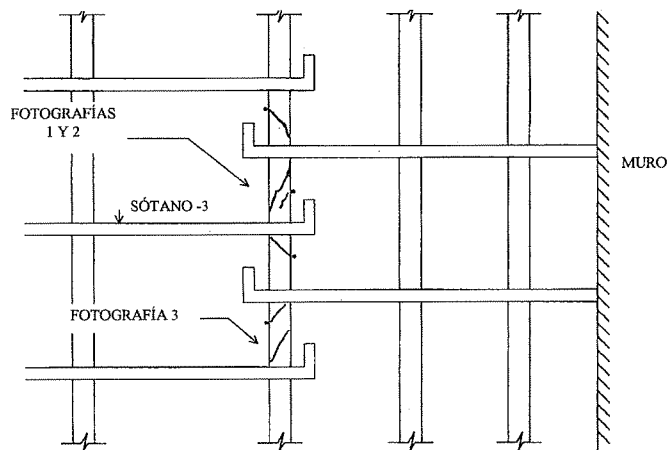
Many diaphragm and basement walls are designed assuming that the floor slabs counter the thrust of the terrain against the wall by transmitting the reaction to the opposite wall. This generally accepted hypothesis holds providing the floor/ceiling slabs are continuous. Figure 22 shows an underground car park in which the slabs, as can be seen from the Figure, were discontinuous along a line of columns. The transmission of the reactions described by the columns prompted the cracking shown in the Figure.



**Fisura en el extremo de una viga por empotramiento no previsto**  
**Crack at one end of a joist due to restraint not envisaged in the design**  
**Fig. 21**

Even today, highly deformable horizontal members in structures continue to cause much damage to non-structural members whose stiffness is not compatible with such deformability. Figure 23 shows the cracking that typically appears in partitions as a result of horizontal structure deformability. One question that should not be overlooked is that, when the usual construction system consisting of erecting the partitions from the lower storeys up is implemented, loads are transmitted vertically through these walls. If the structure is highly deformable, removing the partitions in any given storey destabilises the load transmission equilibrium system and may cause damage to the walls in the storey immediately above the one refurbished.

En la Figura 21 se muestra el caso de un forjado de viguetas autoportantes dimensionado como simplemente apoyado en las vigas. Sin embargo, la vigueta fue hormigonada monolíticamente con la viga y ello dio lugar a un momento de empotramiento no previsto que provocó la fisuración de la propia vigueta.

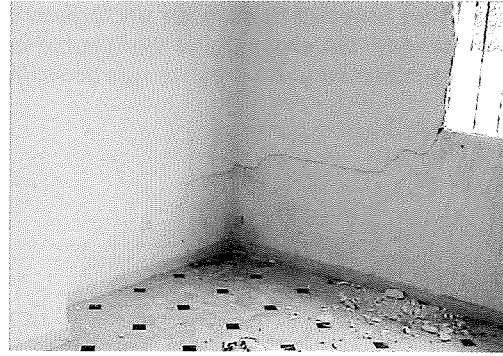
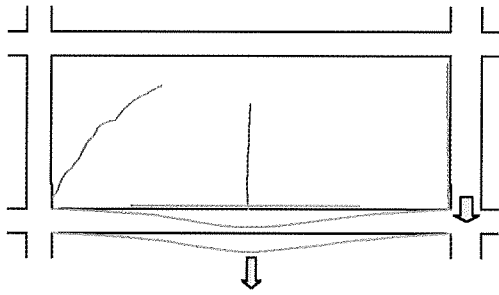


**Daños por apoyos no compensados de muros de sótano en placas de forjado**  
**Damage due to not compensated reactions on basement walls**

**Fig. 22**

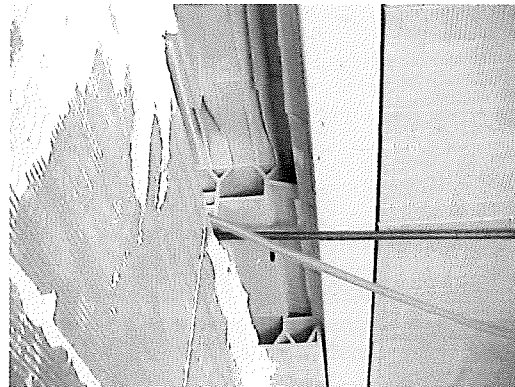
Muchas de las pantallas y muros de sótano se diseñan suponiendo que los forjados sirven de apoyo al muro frente a los empujes del terreno, transmitiendo la reacción hasta el muro opuesto. Esta hipótesis totalmente habitual exige que, efectivamente, exista continuidad en la placa de forjado. En la Figura 22 mostramos el caso de un aparcamiento subterráneo en el que los forjados no tienen continuidad, según se observa en la Figura, al quedar interrumpidos en una línea de pilares. Dichos pilares deben, pues, transmitir las citadas reacciones, ante lo cual se produjo la fisuración que se muestra en la misma Figura.

La excesiva deformabilidad de la estructura horizontal sigue siendo en la actualidad causa de múltiples daños en elementos no estructurales cuya rigidez no es compatible con dicha deformabilidad. En la Figura 23 mostramos la fisuración típica que aparece en tabiques como consecuencia de una deformabilidad excesiva de la estructura horizontal. Un aspecto que no debe olvidarse es que, con el sistema constructivo habitual de ejecutar las particiones desde los niveles inferiores hacia los superiores, se origina una transmisión de cargas en vertical a través de las fábricas. Si la deformabilidad de la estructura es importante, al retirar los tabiques en alguna planta se altera el equilibrio alcanzado en este proceso de transmisión de cargas, y pueden aparecer daños en las particiones de las plantas por encima de la remodelada.



**Daños en particiones por deformabilidad de la estructura horizontal**  
**Damage to partitions caused by horizontal structure deformability**  
**Fig. 23**

Deformation in the horizontal structure may also cause the pan forms to break if for any reason differential deformations appear in slab joists (where, for instance, one of the joists rests on a partition wall). If partitions are bonded directly to the forms and the slab subsequently sags, the forms may be pierced by the walls to which they are attached. An example is given in Figure 24.



**Rotura de bovedillas de forjados por la deformabilidad del propio forjado**  
**Pan form rupture caused by slab deformability**  
**Fig. 24**

For cast-in-place slabs, the longitudinal deformability of portal frame beams induces transverse flexure in the slab that in turn generates tensile stress on the bottom of the forms which may cause them to crack. This is the mechanism involved in the cracking shown in Figure 25, for example.

When the transverse distribution of stresses in the slab is inappropriate, cracks may often appear in the ceiling finishes along the slab joists. This was a relatively common occurrence in older slabs with no reinforced topping to distribute loads.

Exceedingly high deformability in a roof slab may even reverse the slope intended for water removal. This is illustrated in Figure 26, where sumps had to be installed *a posteriori* at mid-span, to replace the initial sumps, located alongside the columns. Since usually there are no masonry members on the roof liable to be damaged by slab deformability, this question is often overlooked in the design.

Las deformaciones de la estructura horizontal pueden, además, provocar la rotura de bovedillas si por alguna circunstancia se producen deformaciones diferenciales entre nervios de forjado (por ejemplo, por el apoyo de uno de los nervios sobre un tabique), o si existen tabiques retacados a la propia bovedilla que puedan punzonarla al flectar el forjado. En la Figura 24 mostramos un ejemplo.

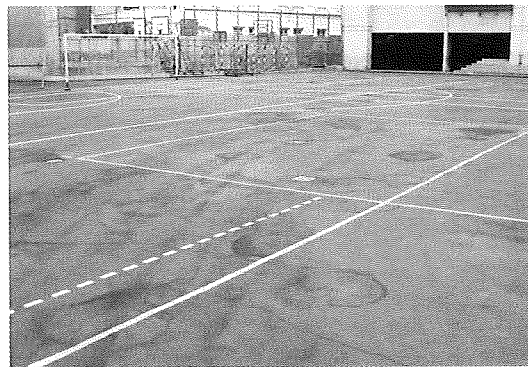
En el caso de forjados hormigonados *in situ*, la deformabilidad longitudinal de las vigas de pórtico induce una flexión transversal en el forjado que origina tracciones en el fondo de las bovedillas que pueden llegar a fisurarlas. Este es el caso, por ejemplo, del forjado que se muestra en la Figura 25.



**Fisuras en fondos de bovedillas por la flexión de las vigas de pórticos**  
**Cracks in bottoms of pan forms due to portal frame beam bending**  
**Fig. 25**

Cuando no existe un adecuado reparto transversal del forjado es frecuente que se produzcan fisuras en los acabados de techo marcando la posición de los nervios de forjado. Este era un caso relativamente habitual en forjados antiguos en los que no se disponía una losa superior armada de reparto.

Una excesiva deformabilidad en un forjado de cubierta puede llegar a anular las pendientes de evacuación de aguas. Este es el caso que se muestra en la Figura 26, en el que incluso fue necesaria la disposición de sumideros a posteriori en zonas de centro de vano, cuando los originales se situaban junto a los pilares. Al no existir elementos de albañilería en las cubiertas susceptibles de ser dañados por la deformabilidad del forjado, es frecuente que ésta no se tenga en cuenta en el diseño.



**Pérdida de las pendientes de evacuación de agua en una cubierta por la deformabilidad del forjado**  
**Reversal of runoff slopes due to slab deformability**  
**Fig. 26**

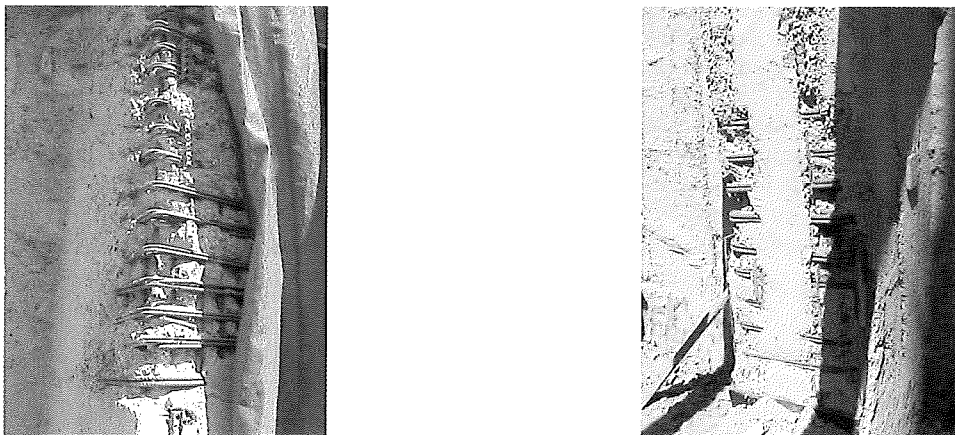
En el proyecto debe ser cuidadosamente estudiado el proceso de ejecución. Por ejemplo, en la construcción de forjados de edificación debe tenerse en cuenta el efecto del cimbrado de plantas consecutivas sobre los propios forjados. En el caso de estructuras prefabricadas deben estudiarse con detalle los arriostramientos provisionales de las piezas durante su montaje, pues en caso contrario pueden producirse accidentes graves como el que se muestra en la Figura 27.

The construction process should be carefully studied during the design stage. For instance, when pouring building slabs, account should be taken of the shoring action exerted by the consecutive storeys on the slabs themselves. Where precast structures are used, the provisional bracing of members during erection must be studied in detail to prevent accidents, which may be severe, such as the one illustrated in Figure 27.



**Hundimiento de una nave no suficientemente arriostrada durante su montaje**  
**Collapse of an industrial bay during construction due to insufficient shoring**  
**Fig. 27**

When the reinforcement is very dense, appropriate concrete placement and consolidation must be ensured. Otherwise, anomalies such as shown in Figure 28 may arise.



**Defectos de hormigonado en unas pantallas para excavación de sótanos**  
**Concreting flaws in basement diaphragm walls**  
**Fig. 28**

### 3. DAMAGE DUE TO MATERIALS

The loss of concrete strength is one of the problems caused by materials in concrete structures. Nonetheless, since a decline in concrete strength does not necessarily imply a reduction of the same order in the strength of the member involved, the impact of any strength loss must be analysed case-by-case.

Concrete shrinkage and initial thermal contraction, as noted above, often cause cracking in structures. Figure 29 shows a concrete wall with cracks typical of such phenomena.

Concrete shrinkage and initial thermal contraction primarily affect members with exposed surfaces, such as walls, slabs on grade, floor/ceiling slabs, and the like. Figure 30 shows cracks in two-way slabs appearing under these circumstances. These phenomena are primarily mediated by temperature and relative humidity, curing and the water/cement ratio, as well as considerations such as cement content, type, fineness and the like.

Cuando la densidad de armado sea muy importante deben preverse los medios de puesta en obra y compactación del hormigón adecuados. Si no es así, pueden producirse anomalías como las que se presentan en las pantallas que se muestran en la Figura 28.

### 3. DAÑOS ORIGINADOS POR LOS MATERIALES

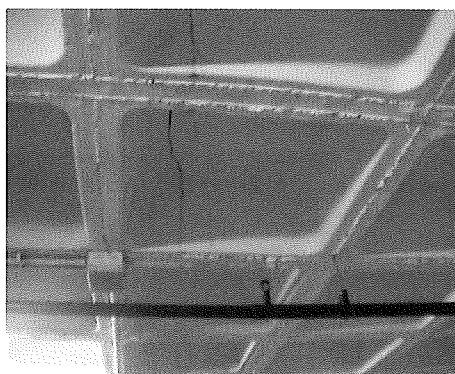
La baja de resistencia del hormigón es uno de los problemas originados por los materiales en estructuras de hormigón. Debe recordarse aquí que una baja en la resistencia del hormigón no implica necesariamente una baja de resistencia en la pieza afectada del mismo orden. Por ello, en cada caso debe analizarse la trascendencia de la baja de resistencia.

La retracción y contracción térmica inicial del hormigón es, como hemos indicado, también causa de numerosos casos de fisuración en estructuras. En la Figura 29 mostramos el caso de un muro de hormigón que presenta una fisuración típica de estos fenómenos.



**Fisuración en un muro por retracción y contracción del hormigón**  
**Cracks in a wall due to concrete shrinkage and contraction**  
**Fig. 29**

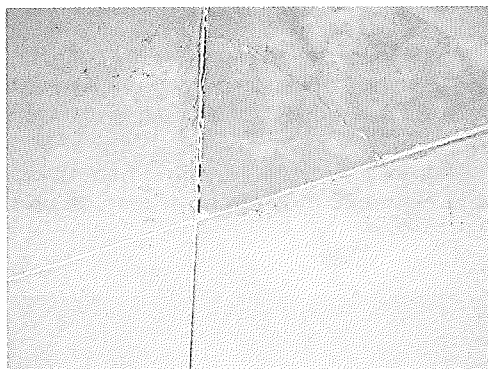
La retracción y contracción térmica inicial del hormigón tienen especial incidencia en elementos superficiales, como muros, soleras, forjados, etc. En la Figura 30 mostramos algunas fisuras en forjado reticular asociadas con estos fenómenos. Los aspectos más importantes que inciden en estos fenómenos son las condiciones de temperatura y humedad del ambiente, el curado y la relación agua/cemento, sin olvidar otros aspectos tales como el contenido, tipo y finura del cemento, etc.



**Daños por retracción y contracción en un forjado reticular**  
**Damage in a two-way slab due to shrinkage and contraction**  
**Fig. 30**

Aparte de fisuras, la retracción puede inducir deformaciones que pueden dar lugar a daños. Es el caso, por ejemplo, del *combado* de soleras de reducido espesor en relación con las separaciones entre juntas, combado que da lugar a un levantamiento en las esquinas que pueden acabar por fisurarse ante el paso de vehículos (véase por ejemplo la Figura 31).

In addition to cracks, shrinkage may cause deformation giving rise to more serious damage. An example is the sagging that takes place in thin slabs on grade, i.e., slabs whose depths are small in comparison to the inter-joint spacing. Such sagging may cause the corners to rise and eventually crack under the weight of vehicle traffic (see Figure 31).



**Daños en recuadros de solera entre juntas por *combad*o de las esquinas**  
**Damage in slabs on grade between joints due to sagging**  
**Fig. 31**

Damage due to material deterioration is often associated with poor concrete quality, either because it is too permeable, has an unduly low cement content or contains aggressive substances (chloride ions, for instance). Figure 32 shows a concrete member whose high permeability favoured reinforcement corrosion.



**Daños por corrosión de armadura en un hormigón muy permeable**  
**Corrosion of reinforcing steel in very permeable concrete**  
**Fig. 32**

One of the most relevant aspects in reinforced and prestressed concrete structure durability is concrete carbonation. Very briefly, this consists in the chemical reaction between the atmospheric carbon dioxide that penetrates into the pores of the concrete mix and the free lime and other calcium-based compounds in the concrete. The process involves a substantial reduction of the original pH of the concrete, and with it the deterioration of its ability to protect the reinforcement from corrosion. Figure 33 shows the corrosion damage in a bridge abutment caused by carbonation – which penetrated the entire concrete cover through to the reinforcing steel – in conjunction with adverse humidity conditions. The Figure also shows the results of an *in situ* phenolphthalein solution test from which it may be deduced that the carbonated front actually reached the reinforcing steel (the coloured surfaces were the ones unaffected by carbonation).

Chloride ions also have a local depassivating effect on the reinforcement and cause considerable steel corrosion in structures built in marine environments (see Figure 34).



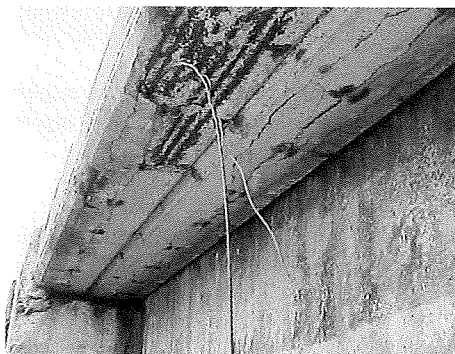
Los daños por degradación de materiales están asociados en muchos casos a una deficiente calidad del hormigón, por ejemplo por resultar excesivamente permeable, por poseer un reducido contenido en cemento, o por tener sustancias agresivas en la propia masa (por ejemplo, iones cloruro). En la Figura 32 mostramos el caso de una pieza con un hormigón muy permeable, lo que favoreció la corrosión de la armadura.

Uno de los aspectos más relevantes en la durabilidad de las estructuras de hormigón armado y pretensado es la carbonatación del hormigón. Este fenómeno, de forma muy resumida, consiste en la reacción del dióxido de carbono atmosférico que penetra en la masa del hormigón a través de su estructura de poros con la cal libre y otros compuestos cálcicos del propio hormigón. En este proceso se produce una reducción notable del pH original del hormigón, lo que conlleva la destrucción del efecto protector del hormigón frente a la corrosión de las armaduras. En la Figura 33 se muestra un estribo de un puente con daños por corrosión originados por el avance del frente carbonatado hasta la posición de las armaduras, junto con unas condiciones adversas de humedad. En la misma figura se muestra cómo el frente carbonatado ha alcanzado la posición de la armadura, según se desprende del ensayo *in situ* con una solución de fenoftaleína (las superficies coloreadas son aquellas en las que no se ha producido aún la carbonatación).



**Daños por corrosión en armaduras a las que ha llegado el frente carbonatado**  
**Corrosion in reinforcing steel attacked by the carbonated front**  
**Fig. 33**

Los iones cloruro también producen el efecto despasivador, con carácter local, en la armadura, y son causa de numerosos daños por corrosión de armaduras en estructuras en ambientes marinos (obsérvese la Figura 34).



**Daños de corrosión de armaduras por ataque de iones cloruro**  
**Corrosion in reinforcing steel due to chloride ion attack**  
**Fig. 34**

El tamaño máximo del árido debe ser compatible con las separaciones entre armaduras, y entre éstas y los encofrados. Si no es así, pueden producirse defectos de compacidad como se muestra en la Figura 35, correspondiente a una estructura antigua.

The maximum aggregate size must be compatible with reinforcement spacing, as well as with the spacing between rebar and formwork. Otherwise, consolidation flaws may appear such as in the structure – admittedly built many years ago - depicted in Figure 35.



**Defecto de compactación por excesivo tamaño de los áridos**  
**Consolidation flaws due to overly large aggregate**  
**Fig. 35**

Plastic creep in concrete, the result of exudation during the first few hours after placement, can give rise to damage if it is inhibited - by the reinforcing steel, for instance. Figure 36 shows a bridge abutment footing in which the steel at the top hindered plastic creep, causing cracking over the bars. The horizontal cracks that tend to appear in column heads are typical of this phenomenon.



**Fisuras por asiento plástico del hormigón en cara superior de una zapata**  
**Cracks due to concrete plastic creep at the top of a footing**  
**Fig. 36**

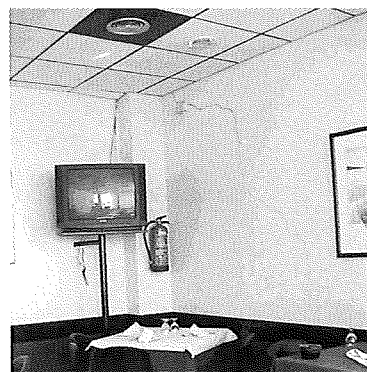
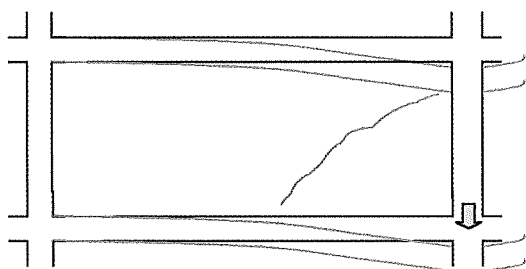
Another common cause of concrete structure damage that should be discussed in this section on materials is differential foundation subsidence. Figure 37 shows the typical cracking pattern in reinforced concrete portal frames associated with foundation subsidence, as well as an example of cracks in non-structural members also caused by such yielding.

The distortion in portal frames due to subsidence modifies not only the stress in lintels, but also occasions variations in the stress on columns and may compromise their safety. Figure 38 shows a column that collapsed as a result of the increase in its axial load caused by subsidence in an adjacent column.

The damage associated with the presence of high alumina cement as a binder in slab joists is a frequently studied cause of Pathology. This type of cement was used primarily to manufacture prestressed joists from the nineteen fifties to the nineteen seventies. High alumina cement is subject to alterations over time (essentially crystalline conversion, alkaline hydrolysis and carbonation) that affect concrete porosity and strength. Figure 39 shows a slab

El asiento plástico del hormigón, que se produce como consecuencia de la exudación en el hormigón en las primeras horas desde su puesta en obra, puede dar lugar a daños si dicho asiento se ve coartado, por ejemplo por la propia armadura. En la Figura 36 mostramos el caso de una zapata del estribo de un puente en el que la armadura superior ha coartado el asiento plástico, dando lugar a la aparición de fisuras sobre las barras. Son típicas de este fenómeno algunas fisuras horizontales que se presentan en cabeza de pilares.

Cabe citar en este apartado dedicado a los materiales, como causa de múltiples daños en estructuras de hormigón, los asientos relativos de la cimentación. En la Figura 37 mostramos el esquema de fisuración típico en pórticos de hormigón armado asociado a asientos de la cimentación, junto con un ejemplo de unas fisuras en elementos no estructurales por esta causa.



**Daños en un edificio por asentamientos de su cimentación**  
**Damage to a building due to foundation subsidence**

**Fig. 37**

Las distorsiones en los pórticos provocadas por los asentamientos no sólo modifican los esfuerzos en los dinteles, sino que también provocan variaciones de esfuerzos en los pilares, que pueden llegar a ver comprometidas sus condiciones de seguridad. En la Figura 38 mostramos un pilar que sufrió un colapso como consecuencia del incremento en el axil por el asiento de un pilar adyacente.

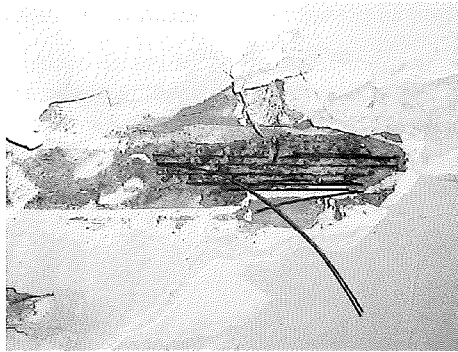
Los daños asociados a la presencia de cemento aluminoso como conglomerante en viguetas de forjado son causa frecuente de estudios de Patología. Este tipo de cemento fue empleado fundamentalmente en la fabricación de viguetas pretensadas entre los años 50 y 70 aproximadamente. El cemento aluminoso sufre alteraciones con el paso del tiempo (conversión cristalina, hidrólisis alcalina y carbonatación, fundamentalmente) que afectan a su porosidad y resistencia. En la Figura 39 mostramos un forjado en el que se empleó este tipo de cemento en la fabricación de las viguetas, y en el que se produjo la corrosión intensa de los alambres de pretensado como consecuencia de la pérdida de la protección que les confería el hormigón al producirse la citada degradación.



**Colapso de un pilar adyacente a otro que había asentado**  
**Collapse of a column adjacent to a subsiding support**

**Fig. 38**

with joists manufactured with this type of cement, in which the deterioration of the concrete cover and concomitant loss of the protection it afforded the prestressing wires in the joists led to intense corrosion of the steel.



**Daños en un forjado de viguetas fabricadas con cemento aluminoso**  
**Damage in a slab with high alumina cement joists**  
**Fig. 39**

Other types of damage that can be attributed to materials include aggregate-alkali reactions, inappropriate doses of admixtures and/or additions, frost, organic compound pollution in the concrete mix and so on.

#### **4. CONSTRUCTION DAMAGE**

One of the most frequent causes of damage associated with construction is the failure to meet design specifications for concrete cover. In some cases the non-conformity consists in insufficient cover, which has an adverse effect on structure durability (see Figure 40 for instance). This often occurs at the bottom of cast-in-place members.



**Insuficiente recubrimiento de la armadura inferior en una pieza hormigonada *in situ***  
**Insufficient cover on bottom rebar in a cast-in-place member**  
**Fig. 40**

Too much cover, in turn, has an adverse effect on safety and functionality because it reduces the working depth. Figure 41 shows reinforcement in a false tunnel with excess concrete cover. This is a relatively common occurrence in the reinforcement at the top of beams, slabs on grade and ceiling slabs.

Damage may also be caused by the incorrect positioning of falsework, or to geometry that does not conform to the dimensions envisaged for the member. Finally, stake-out errors are sometimes made, such as in the misaligned column depicted in Figure 42.

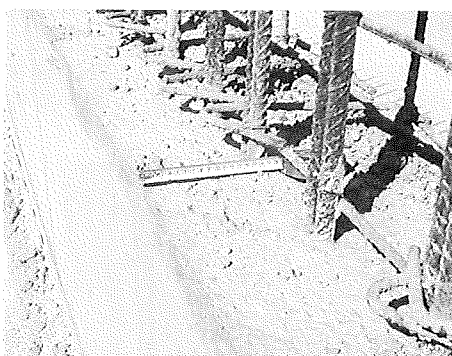
The support under the falsework shoring may yield during concrete placement. This is illustrated in Figure 43: the incompetent ground under the shores yielded, causing deformations in the beam formwork, which were subsequently mis-diagnosed as excessive beam deflection.

Existen otros aspectos que pueden imputarse a los materiales como causa de daños, como son las reacciones árido-álcali, dosificaciones no adecuadas de aditivos y/o adiciones, efecto de heladas, contaminaciones con compuestos orgánicos en la masa del hormigón, etc.

#### 4. DAÑOS ORIGINADOS EN LA EJECUCIÓN

Una de las causas más frecuentes de daños asociados a la ejecución reside en la disposición de recubrimientos que no cumplen las especificaciones del Proyecto. En algunos casos el incumplimiento se produce por defecto, con lo que se afecta negativamente a las condiciones de durabilidad de la estructura (Figura 40). Este caso es frecuente que ocurra en la armadura inferior de piezas hormigonadas *in situ*.

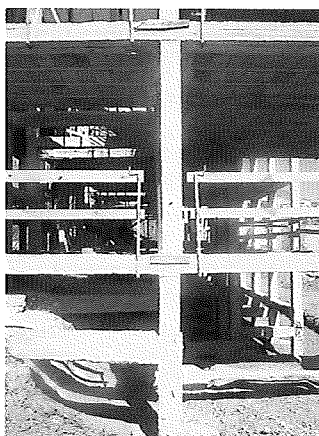
Cuando se dispone un recubrimiento excesivo, pueden verse afectadas las condiciones de seguridad y funcionalidad por reducción del canto útil. En la Figura 41 mostramos una armadura dispuesta en un falso túnel con un excesivo recubrimiento. Este hecho se produce con relativa frecuencia en la armadura superior en vigas, losas y forjados



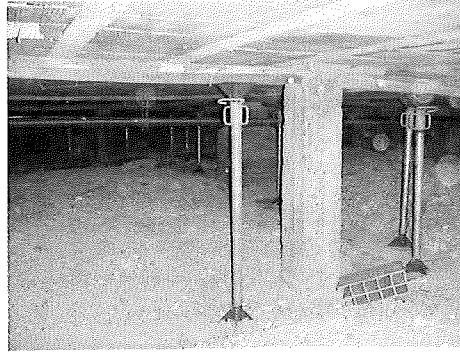
**Armadura con excesivo recubrimiento en un hastial de un falso túnel**  
**Sidewall reinforcement with excess cover in a false tunnel**  
**Fig. 41**

En algunos casos se originan daños asociados con la disposición de los encofrados. Muchas veces la geometría no respeta las dimensiones previstas para la pieza. A veces se producen errores de replanteo, como el que se muestra en la Figura 42 correspondiente a un defecto de alineación en un pilar en dos plantas consecutivas.

Puede ocurrir que se produzca un cedimiento del apoyo del apuntalamiento del encofrado durante la puesta en obra del hormigón. Este es el caso de las vigas que se muestran en la Figura 43, en las que, al ceder el terreno no competente sobre el que apoyaban los puntales, se originaron deformaciones en el encofrado que posteriormente fueron erróneamente diagnosticadas como una excesiva flecha de las vigas



**Falta de alineación entre dos tramos consecutivos de un pilar**  
**Misalignment of two consecutive sections of a column**  
**Fig. 42**



**Aspecto de una viga en la que cedieron los apoyos de un encofrado**  
**Damage caused to a beam due to formwork shore yielding**  
**Fig. 43**

Insufficient falsework stiffness may also cause damage before the concrete hardens. Figure 44 shows a wall whose formwork moved when the shores that held it in place yielded before the concrete had hardened.



**Daños en un muro de hormigón por movimientos en el encofrado**  
**Damage to a concrete wall due to formwork movement**  
**Fig. 44**

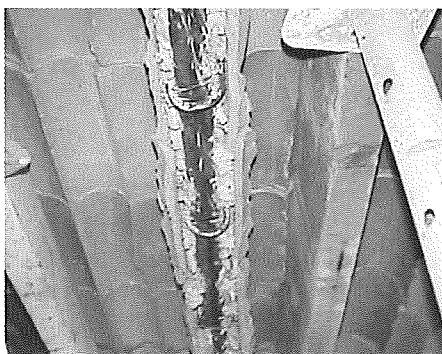
Reinforcement must be placed in such a way as to ensure that both the concrete and the consolidation tools fit between bars. Figure 45 shows a ceiling slab in which the steel prevented the concrete from properly filling the section, with the concomitant adverse effects on slab safety and durability.

Another cause of damage is the lack of a flat surface on which to rest slab-like precast members. If the support is not flat the resulting distortion may cause the members to crack. This is the case of the waffle slabs shown in Figure 46: set on a warped beam surface, they buckled and eventually cracked under loading.

When cast-in-place members are used in conjunction with precast members, it is not uncommon to find that the tolerances in the former do not meet the requirements of the latter. Figure 47 shows a deposit whose final geometry was impacted by the erroneous stake-out of the wells housing the precast columns.

La falta de rigidez de los encofrados puede ser también causa de daños cuando el hormigón aún no ha endurecido. En la Figura 44 mostramos el caso de un muro en el que se produjo el movimiento del encofrado por asiento de los puntales que lo sujetaban cuando el hormigón aún no había endurecido.

En la colocación de la armadura debe tenerse en cuenta que el hormigón y los medios de compactación deben pasar entre las barras. En la Figura 45 mostramos un forjado en el que la armadura ha impedido el paso del hormigón para el relleno adecuado de la sección, lo que afecta a las condiciones de seguridad y durabilidad del forjado.



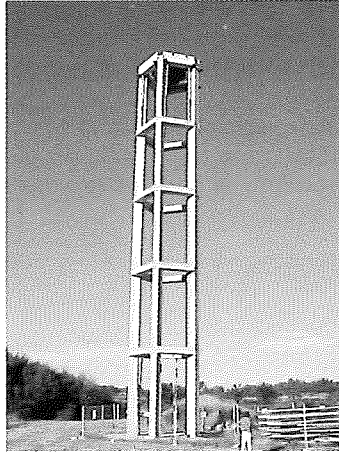
**Defecto de hormigonado por el tamizado del hormigón producido por las barras de armado dispuestas**  
**Rebar obstruction of concrete flow**  
**Fig. 45**

Una causa de daños es la falta de una superficie regular para apoyo de piezas superficiales prefabricadas. En efecto, si el apoyo no es uniforme pueden originarse distorsiones en las piezas que provoquen su fisuración. Este es el caso de las losas alveolares que se muestran en la Figura 46, en las que por una insuficiente planeidad de la superficie de apoyo en la viga se produjeron alabeos en las losas que, al materializarse las cargas, provocaron su fisuración.



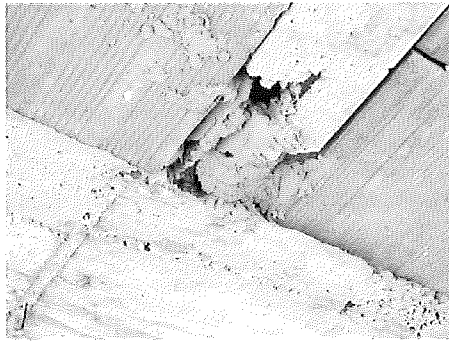
**Fisuras en losas alveolares por la irregularidad superficial de su plano de apoyo**  
**Cracks in waffle slabs due to a warped support surface**  
**Fig. 46**

No es infrecuente que, cuando se combinan elementos ejecutados *in situ* con elementos prefabricados, las tolerancias en los primeros no respeten las exigencias requeridas por los segundos. En la Figura 47 se muestra un caso en el que el replanteo de los cálices para alojar los pilares prefabricados en un depósito no fue correctamente realizado, lo que afectó a la geometría final del depósito.



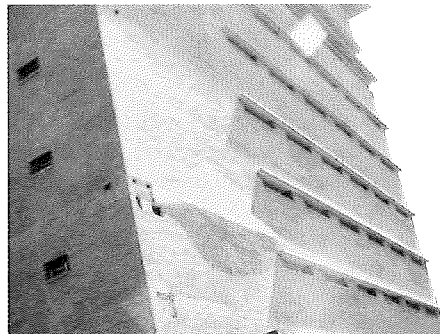
**Defectos de replanteo en un depósito prefabricado**  
**Stake-out flaws in a prefabricated deposit**  
**Fig. 47**

Figure 48 shows a slab joist broken on site under uncontrolled conditions to correct its excess length.



**Aspecto de una vigueta que fue parcialmente demolida para corregir su longitud**  
**Joist broken to correct length**  
**Fig. 48**

A structure's stake-out often conditions the arrangement of masonry members and finishes. Thus, for instance, unless corrective measures are taken, the stability of the support of the exterior face of an enclosure may be adversely affected by the incorrect stake-out of the edge of the slab (see Figure 49).



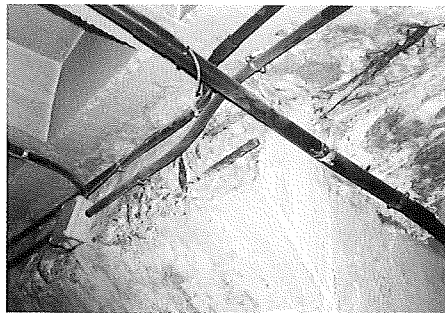
**Daños en un cerramiento por un insuficiente apoyo en el borde del forjado**  
**Enclosure insufficiently supported by the slab edge**  
**Fig. 49**



En la Figura 48 mostramos una vigueta de forjado que fue presentada en obra con una longitud excesiva, hecho que fue corregido en obra demoliendo de forma incontrolada el exceso de longitud.

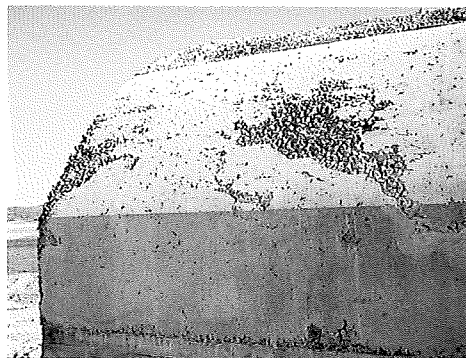
Debe tenerse en cuenta que en muchos casos el replanteo de la estructura condiciona la disposición de elementos de albañilería y acabados. Así, por ejemplo, la estabilidad del apoyo de la hoja exterior del cerramiento puede quedar afectada por un replanteo incorrecto del borde del forjado, si no se adoptan medidas correctoras (véase un ejemplo en la Figura 49)

Los errores de replanteo en la colocación de esperas de armadura son a veces corregidos con el grifado de las barras. También cabe destacar en este apartado los errores que se comenten con relativa frecuencia en el armado de ménsulas cortas, que da lugar a recubrimientos insuficientes desde el punto de vista de la durabilidad, o excesivos de manera que quedan zonas sin armar con alta propensión a la fisuración (ver Figura 50).



**Daños en ménsulas cortas por defectos en el recubrimiento de las armaduras**  
**Damage in short cantilevers caused by undue reinforcement cover**  
**Fig. 50**

Son también frecuentes los daños que se producen por una insuficiente compactación del hormigón, que da lugar a la aparición de coqueras y nidos de grava. En la Figura 51 mostramos el ejemplo de las coqueras que se produjeron en el hormigonado de la bóveda de un falso túnel.



**Coqueras en el hormigón por una insuficiente compactación**  
**Bugholes in concrete due to insufficient consolidation**  
**Fig. 51**

Otra causa de daños relacionada con el proceso de ejecución es la falta de suficientes juntas de hormigonado, o una excesiva distancia entre dichas juntas. En la Figura 52 mostramos una placa de cimentación en la que, como consecuencia de haber dispuesto las juntas con excesiva separación, se produjo la fisuración de la placa. En este caso la trascendencia fue muy importante ya que, al encontrarse el nivel freático por encima de la cota superior de la placa, se producían filtraciones a través de las fisuras.

Stake-out errors in the placement of continuity steel are sometimes corrected by bending the bars. Errors commonly committed in the reinforcement of short cantilevers, in turn, often lead to insufficient or excess cover, with adverse effects on durability in the former case or a proneness to cracking in the latter, specifically in the areas lacking reinforcing steel (see Figure 50).

Insufficient concrete consolidation, giving rise to bugholes and honeycombing, is another common cause of damage. Figure 51 shows an example of bugholes appearing in the concrete vault of a false tunnel.

Another cause of construction-related damage is an insufficient number of, or overly wide spacing between construction joints. Figure 52 shows a foundation slab that cracked as a result of placing the joints too far apart. The consequences in this case were rather serious: since the slab was positioned below the water table, water was able to seep in to the building through the cracks.

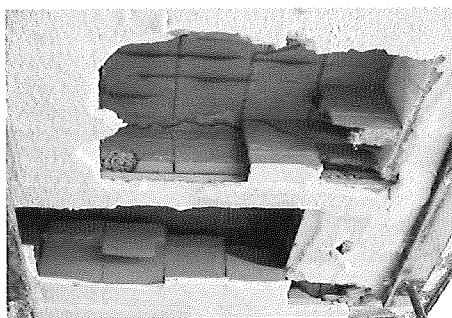


**Daños en una placa de cimentación por una incorrecta materialización de las juntas de hormigonado**  
**Damage to a foundation slab caused by improper execution of the construction joints**  
**Fig. 52**

## 5. DAMAGE GENERATED DURING THE SERVICE LIFE OF A STRUCTURE

Not all pathologies appearing in concrete structures can be attributed to design, construction or materials. Damage may also be caused by undue use of the structure, insufficient maintenance or the effects of exceptional actions.

Figure 53 shows part of an underground car park roof slab - which was designed for use as a pedestrian square - that sank under the weight of a heavy vehicle.



**Fig. 53**

A frequent cause of concrete structure deterioration is insufficient maintenance of the waterproof membrane on the roof. Figure 54 shows two examples of slab damage caused by deterioration of the rooftop waterproofing.

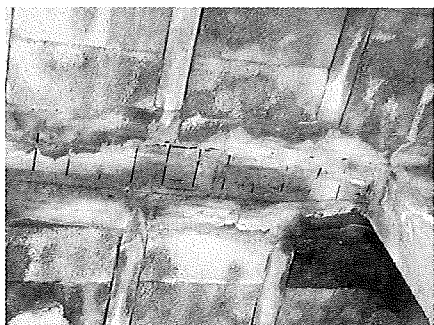
The joints in a structure are particularly sensitive to deterioration of the waterproofing. Figure 55 shows the damage appearing in a bridge deck and a car park roof slab as a result of deficient maintenance in this regard.

## 5. DAÑOS ORIGINADOS DURANTE LA VIDA EN SERVICIO DE LA ESTRUCTURA

No todas las patologías que aparecen en las estructuras de hormigón son directamente atribuibles a las fases de proyecto y ejecución o a los materiales. Éste es el caso de los daños debidos a un uso no adecuado de la estructura, a un insuficiente mantenimiento, o a los efectos de acciones extraordinarias.

En la Figura 53 mostramos una vista de una zona de un forjado de cubierta de un aparcamiento destinada a plaza de viandantes que se hundió ante el paso de un vehículo pesado.

Una causa frecuente de degradación de estructuras de hormigón es un mantenimiento insuficiente de la impermeabilización de las cubiertas. En la Figura 54 mostramos algunos casos de daños en forjados de cubierta debidos a la degradación de la impermeabilización.



Cubierta de un depósito  
Deposit roof  
Fig. 54.a

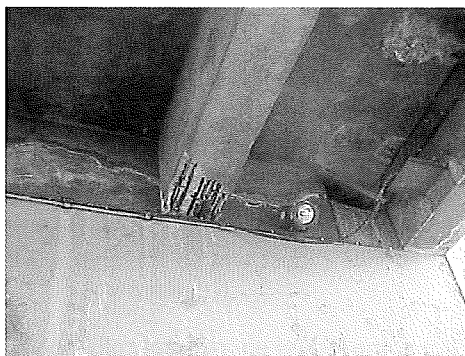


Cubierta de un aparcamiento  
Car park roof  
Fig. 54.b

**Daños en estructuras de cubierta por degradación de la impermeabilización**  
**Roof structure damage due to deterioration of the waterproofing**  
Fig. 54

Las juntas de la estructura son zonas especialmente sensibles a la degradación de su impermeabilización. En la Figura 55 mostramos los daños aparecidos en un tablero de un puente como consecuencia de la degradación de la impermeabilización de las juntas.

En una estructura, para garantizar un adecuado comportamiento a lo largo del tiempo es necesario tener un programa de mantenimiento que prevea la realización de inspecciones sistemáticas por personal cualificado y de reparaciones periódicas. En particular el mantenimiento de las estructuras es muy importante en aquellas estructuras que se encuentran sometidas a ambientes especialmente agresivos. En la Figura 56 mostramos los daños por ataque de sulfatos que existían en una chimenea de una refinería de petróleo y en la Figura 57 los daños por corrosión de armaduras en una estructura portuaria.



**Daños por degradación de la impermeabilización de juntas**  
**Damage due to deterioration of joint waterproofing**  
Fig. 55

Good long-term performance of a structure calls for a maintenance programme with systematic inspection by qualified personnel and periodic repairs. Structural maintenance is of utmost importance in especially aggressive environments. Figure 56 shows damage to an oil refinery smokestack due to sulfate attack, and Figure 57 reinforcement corrosion in a port structure.

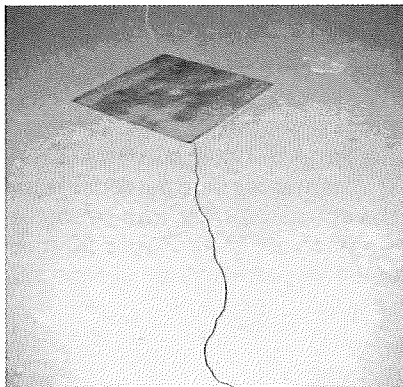


**Daños en una chimenea de una refinería de petróleo**  
**Damage in an oil refinery smokestack**  
**Fig. 56**

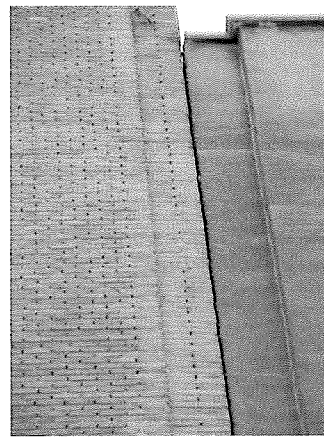


**Daños en una estructura portuaria por corrosión de armaduras**  
**Reinforcement corrosion in a port structure**  
**Fig. 57**

Concrete structure pathology may also be the result of exceptional actions. These include the effect of nearby works, especially ground alterations caused by diaphragm wall or tunnel excavations. Figure 58 shows damage appearing in a concrete slab on grade as a result of ground movements induced by diaphragm wall deformation, and Figure 59 the damage appearing in a building adjacent the construction site for an urban tunnel.



**Daños en una solera adyacente a una excavación**  
**Damage to a slab on grade adjacent to an excavation**  
**Fig. 58**



**Daños en un inmueble adyacente a un túnel en construcción**  
**Damage to a building adjacent to a tunnel construction site**  
**Fig. 59**

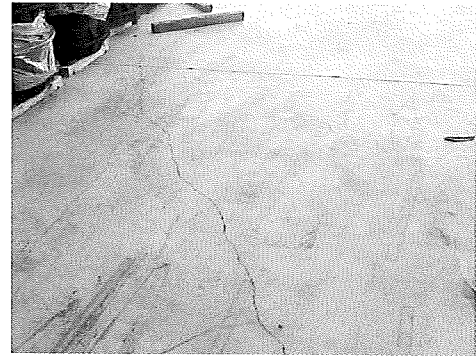
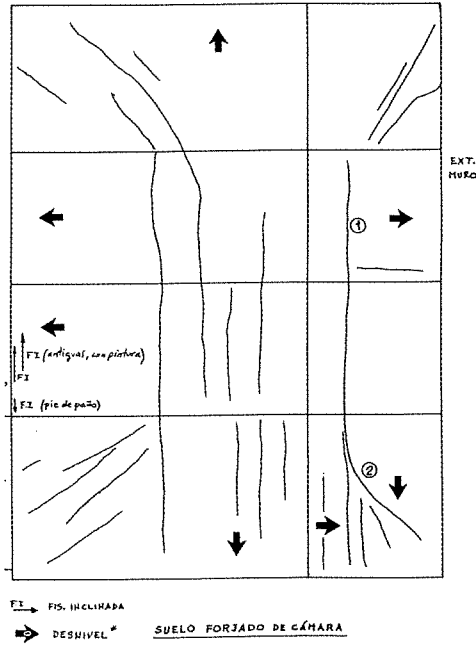
Other causes of ground alterations that lead to concrete structural damage are variations in humidity in expansive terrain, ground washed away by leaks in service pipes, and so on. Figure 60 shows frost damage appearing in an industrial cold storage room.

Figure 61 shows the deck of a port viaduct damaged when a vessel collided with the facility.

Finally, some mention should be made of the effect of fire and explosion on concrete structures. In the former case, the high temperatures of the gas may alter concrete properties (primarily its strength and reinforcing steel bondability), which may lead to damage such as illustrated in Figure 62.

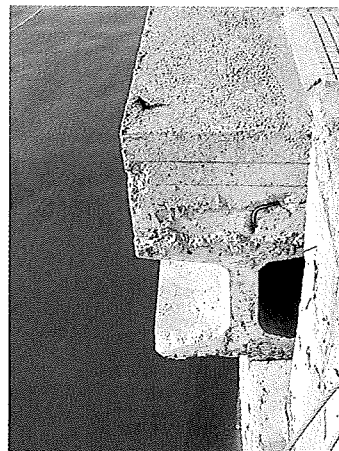
Un caso especial de patologías en estructuras de hormigón es el efecto de acciones de carácter extraordinario. Entre este tipo de acciones cabe incluir el efecto de la ejecución de obras próximas, en particular cabe destacar en este sentido la alteración del terreno por la ejecución de excavaciones con pantallas o de túneles. En la Figura 58 mostramos los daños aparecidos en una solera de hormigón como consecuencia de los movimientos en el terreno inducidos por las deformaciones de unas pantallas y en la Figura 59 los daños aparecidos en un edificio adyacente a la embocadura de un túnel urbano que se estaba construyendo.

Otros aspectos que pueden provocar alteraciones en el terreno que den lugar a daños en estructuras de hormigón son variaciones de humedad en terrenos expansivos, lavado del terreno por fugas en conductos de instalaciones, etc. En la Figura 60 recogemos unas vistas de los daños aparecidos en una cámara frigorífica de unas instalaciones industriales como consecuencia de la congelación del terreno.

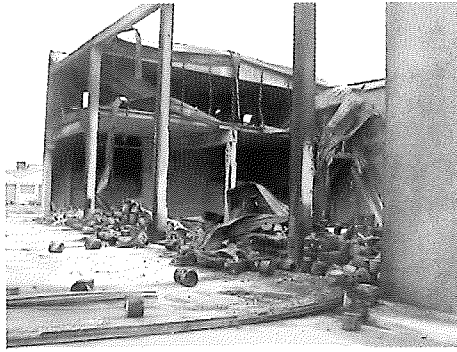


**Daños en unas instalaciones industriales por congelación del terreno**  
**Frost-induced damage in industrial facilities**  
**Fig. 60**

En la Figura 61 mostramos un tablero de un viaducto en unas instalaciones portuarias que sufrió un desplazamiento como consecuencia del impacto de un buque.



**Vista del tablero de un viaducto tras el impacto de un buque**  
**Viaduct deck after impact from a vessel**  
**Fig. 61**



**Daños en una estructura de hormigón tras un incendio**  
**Structural damage after a fire**  
**Fig. 62**

Figures 63 and 64 show the effect of pressure waves caused by explosions in an apartment building and an above grade car park, respectively.



**Efecto de una explosión en un edificio de viviendas**  
**Effect of an explosion on an apartment building**  
**Fig. 63**

## 5. REFERENCES

- CALAVERA, J. *Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado*. Ed. INTEMAC, 1996.
- GARCÍA MESEGUER, A.. *La patología y el Lenguaje. Informes de Patología*. BICE, Febrero 1993.
- NEVILLE, A.M.. *High Alumina Cement Concrete*. THE CONSTRUCTION PRESS. Lancaster, 1975.
- CALAVERA, J. *Compatibility of Structures with the other parts of the Buildings*. IX CONGRESS CIB STOCKHOLM, 1983.
- FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. 3ª Edición. COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, 1994.
- CALAVERA, J. *Manual para la Redacción de Informes Técnicos en Construcción*. Ed. INTEMAC, 2003.
- Structural Failures: Modes, Causes, Responsibilities*. RESEARCH COUNCIL ON PERFORMANCE OF STRUCTURES. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. New York, 1973.
- CALAVERA, J. *Cálculo, Construcción, Patología y Rehabilitación de Forjados de Edificación*. 5ª Edición. Ed INTEMAC, 2002
- CALAVERA, J. *Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón*. Ed. INTEMAC, 1999.

Por último cabe comentar el efecto de los incendios y las explosiones sobre las estructuras de hormigón. En el primer caso, la alta temperatura del gas puede alterar las características del hormigón (fundamentalmente su resistencia y su capacidad de adherencia en las barras de armado), pudiendo provocar daños como los que se muestran en la Figura 62.

En las Figuras 63 y 64 mostramos el efecto de las ondas de presión producidas por sendas explosiones en un edificio de viviendas y en un aparcamiento de vehículos en altura.



**Efecto de una explosión en un aparcamiento en altura**  
**Effect of explosion on an above-grade car park**  
**Fig. 64**

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- CALAVERA, J. *Patología de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado*. Ed. INTEMAC, 1996.
- GARCÍA MESEGUER, A.. *La patología y el Lenguaje. Informes de Patología*. BICE, Febrero 1993.
- NEVILLE, A.M.. *High Alumina Cement Concrete*. THE CONSTRUCTION PRESS. Lancaster, 1975.
- CALAVERA, J. *Compatibility of Structures with the other parts of the Buildings*. IX CONGRESS CIB STOCKHOLM, 1983.
- FERNÁNDEZ CÁNOVAS, M. *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. 3ª Edición. COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, 1994.
- CALAVERA, J. *Manual para la Redacción de Informes Técnicos en Construcción*. Ed. INTEMAC, 2003.
- Structural Failures: Modes, Causes, Responsibilities*. RESEARCH COUNCIL ON PERFORMANCE OF STRUCTURES. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. New York, 1973.
- CALAVERA, J. *Cálculo, Construcción, Patología y Rehabilitación de Forjados de Edificación*. 5ª Edición. Ed INTEMAC, 2002
- CALAVERA, J. *Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón*. Ed. INTEMAC, 1999.





# Relación de Personal Titulado de INTEMAC

## Arquitectos

Fernández Sáez, Ana María  
Fraile Mora, Serafín  
Gibernau Ponsa, Luis  
López-Nava Muñoz, Alberto Ignacio  
Luzón Cánovas, José M<sup>a</sup>  
Sánchez Arroyo, Jesús M<sup>a</sup>  
Sicilia Mañá, Beatriz

## Ingenieros de Caminos

Anlló Rodríguez, María  
Baena Alonso, Eva  
Barrios Corpa, Jorge  
Barrios Corpa, Roberto  
Beteta Cejudo, M<sup>a</sup> Carmen  
\* Calavera Ruiz, José  
Calderón Bello, Enrique  
Carpintero García, Ismael  
Castillo Fernández, Luis Javier  
Cortés Bretón, Juan María  
Corral Folgado, Claudio  
De la Cuerda del Olmo, Francisco Javier  
Dávila Sánchez-Toscano, Suyapa  
Díaz Heredia, Elena  
Díaz Lozano, Justo  
Díaz Pavón Cuaresma, Eduardo  
Fernández Fenollera, Salvador  
\* Fernández Gómez, Jaime Antonio  
Froilán Torres, Ramiro  
Gil García, Alfonso  
González González, Juan José  
\* González Valle, Enrique  
\* Hostalet Alba, Francisco  
\* Izquierdo Bernaldo de Quirós, José M<sup>a</sup>  
Jiménez Ortiz, Gonzalo  
Ley Urzaiz, Jorge  
Molero Rodríguez, Teresa  
Munugarren Martínez, Miguel Angel  
Recio Cañadas, Alba  
Rocha Muñoz, Sergio de la  
Rodríguez Escribano, Raúl Rubén  
Rodríguez Romero, Jesús M<sup>a</sup>  
Ruiz Fuentes, M<sup>a</sup> Josefa  
Ruiz Jiménez-Alfaro, Felipe  
Sanz Pérez, Lorenzo  
Sirvent Sirvent, Enrique  
Tapia Menéndez, José  
Torre Cobo, María Carmen  
Valdés Fernández de Alarcón, Pablo  
Velázquez Calleja, Beatriz

## Ingeniero en Cartografía y Geodesia

López-Canti Casas, Elisa

## Ingenieros I.C.A.I.

Marín Estévez, Gonzalo  
Escarpizo-Lorenzana Martínez, Jorge

## Ingenieros Industriales

\* Alvarez Cabal, Ramón Amado

Arroyo Arroyo, José Ramón  
Bayonne Sopo, Enrique  
Estrada Gómez, Rafael  
Muñoz Fuentes, Miguel Angel  
\* Santos Olalla, Francisco  
Torruella Martínez, Josep M<sup>a</sup>  
\* Valenciano Carles, Federico

## Ingeniero de Minas

Ramos Sánchez, Adelina

## Dra. en Geografía e Historia

Calavera Vayá, Ana María

## Licenciado en Ciencias Ambientales

Gil Esteban, Luis Miguel

## Licenciados en Geología

Abajo Clemente, Angel  
Blanco Zorroza, Alberto  
Casado Chinarro, Alejandro  
García Tascón, Jorge  
López Velilla, Oscar  
Orejas Contreras, M<sup>a</sup> Carmen  
Usillos Espín, Pablo

## Licenciados en Ciencias Químicas

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

## Licenciados en Derecho

González del Olmo, Alfredo  
\* Jarillo Cerrato, Pedro

## Arquitectos Técnicos

Carrato Moñino, Rosa M<sup>a</sup>  
Domínguez Peris, Eva María  
Gago Morales, Ana María  
Gallego Castro, Sergio  
Martínez Pérez, Inmaculada  
Merlo Rey, Daniel  
Montejano Jiménez, María del Carmen  
Muñoz Mesto, Angel  
Ochoa Marañón, Ainara

## Ingenieros Técnicos Industriales

Alcubilla Villanueva, Rubén  
Díaz-Trechuelo Laffón, Antonio  
Gascón García, Alberto  
González Carmona, Manuel  
Madueño Moraño, Antonio  
Verdú Hoys, David  
Villar Riñones, Jesús

## Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas

Rodríguez Alfonso, Iván

## Ingeniero Técnico de Minas

Sillero Arroyo, Andrés

### **Ingenieros Técnicos Obras Públicas**

Carrero Crespo, Rafael  
Ferrerías Reguilón, Gabriel  
Freire Peláez, M<sup>a</sup> Isabel  
Galán de Cáceres, M<sup>a</sup> del Puerto  
García Menéndez, David  
González Isabel, Germán  
González Nuño, Luis  
Gutiérrez Garrosa, Raul  
Huertos Rodríguez, Angel  
Mata Soriano, Juan Carlos  
Millá Níguez, Luis  
Montiel Sánchez, Ernesto  
Muelas Moro, Elena  
Muñoz Mesto, Angel  
Ortiz del Campo, Natalia  
Prieto Antón, Eva Sonia  
Ramos Valdés, Raquel  
Rodríguez García, M<sup>a</sup> Vanessa  
Romero García, Daniel  
Rosa Moreno, José Andrés  
Rozas Hernando, José Juan  
Sánchez Tomé, Elena  
Sánchez Vicente, Andrés  
Sillero Olmedo, Rafael  
Soto López, Elena del  
Suárez Ramos, M<sup>a</sup> Pilar  
Vicente Girón, Susana  
Zamora Pérez, Angel

### **Ingenieros Técnicos Topógrafos**

Barragán Bermejo, M<sup>a</sup> Vicenta  
Campos Delgado, Juan Carlos  
Carreras Ruiz, Francisco  
López Jiménez, Luis  
Molero Vicente, M<sup>a</sup> Isabel  
Salado Rodilla, Rafael  
Sánchez Martín, María de la O  
Torés Campos, Ana M<sup>a</sup>  
Vicente Conde, M<sup>a</sup> Isabel

### **Licenciado en C. Económicas y Empresariales**

González Chavero, Antonio

### **Profesor Mercantile**

Sampedro Portas, Arturo

### **Técnicos en Administración de Empresas**

Cebrián Sobrino, M<sup>a</sup> José  
González del Olmo, M<sup>a</sup> de la Peña de F.

### **Técnico en Publicidad**

Blanco Armas, Cristina

### **Topógrafo**

Alquézar Falceto, Ricardo

---

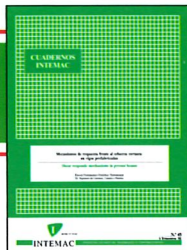
\*NOTA: Todo el personal de INTEMAC trabaja en dedicación completa y exclusiva, con la excepción de las personas arriba indicadas con\*, a las que se autoriza la dedicación a la Enseñanza Universitaria en régimen de dedicación personal.

## CUADERNOS INTEMAC

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

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

Precio de la suscripción Año 2002: 21,97 €



### ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

**Cuaderno Nº 51**  
"Estimación de cuantías en forjados de edificación".

Autor: **J. CALAVERA RUIZ**  
Dr. Ingeniero de Caminos.  
**ENRIQUE GONZÁLEZ VALLE**  
Dr. Ingeniero de Caminos.

**Cuaderno Nº 52**  
"Patología en estructuras de hormigón armado y pretensado".

Autores: **JUSTO DÍAZ LOZANO**,  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
**RAÚL RUBÉN RODRÍGUEZ**  
**ESCRIBANO**,  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
**ISMAEL CARPINTERO GARCÍA**,  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

### CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

**Cuaderno Nº 53**  
"Trazado y estabilidad de la arquitectura gótica".

Autora: **Mª JOSEFA CASSINELLO PLAZA**,  
Dr. Ingeniero

**Cuaderno Nº 54**  
"Influencia del área relativa de resalto de la armadura en el comportamiento estructural del hormigón armado".

Autores: **U. MAYER**  
Dr. Ingeniero Civil  
**R. ELIGEHAUSEN**  
Dr. Ingeniero Civil

## 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 Nº 5

"Mantenimiento y reparación de parámetros de hormigón".

Autores: **J. R. Barrios Corpa, C. Bateta Cejudo, E. Díaz Heredia, Prof. J. Fernández Gómez, J. Mª. Rodríguez Romero**.

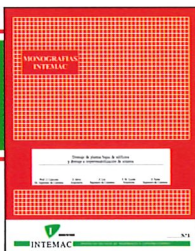
Precio de la Monografía 33 €

### MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 6

"Mantenimiento y reparación de parámetros de ladrillo".

Autores: **P. López Sánchez, J. Mª. Luzón Cánovas, I. Martínez Pérez A. Muñoz Mesto, A. Fernández Sáez**.

Precio de la Monografía 33 €



## VIDEOS TECNICOS

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

### SERIE OBRAS DE HORMIGÓN EN MASA, ARMADO Y PRESENTADO.

REFERENCIA	TÍTULO	CONTENIDO	DURACIÓN	PRECIO
Nº 2001 (1-1)	MUESTREO DE HORMIGÓN FRESCO, FABRICACIÓN Y ENSAYO DE PROBETAS DE HORMIGÓN	Contempla de forma completa y detallada el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, la medida de la consistencia con el Cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte del 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 €



## BOLETIN BIBLIOGRAFICO

BOLETIN BIBLIOGRAFICO  
9207  
SERVICIO DE DOCUMENTACION

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

EL BOLETIN BIBLIOGRAFICO incluye:

Fotocopia del índice y de los resúmenes de los artículos contenidos en las 105 revistas técnicas que se reciben en el Instituto referentes a los campos de la Edificación, Instalaciones, Obras Públicas y Urbanismo.

Una sección de Normativa reciente, nacional y extranjera.

Secciones de Bibliografía y Cursos.

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

Tarifa de suscripción anual (6 números) . . . . . 144,24 €



## CONSULTAS E INFORMES BIBLIOGRAFICOS

INFORMES BIBLIOGRAFICOS  
SERVICIO DE DOCUMENTACION

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

Apertura de expediente . . . . .	18 €
Cantidad a abonar por referencia . . . . .	0,36 €
Cantidad a abonar por hoja de fotocopia de documento . . . . .	0,18 €

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

Tarifa correspondiente al Informe Bibliográfico: 90,15 € más la tarifa de la consulta.



## ARTICULOS TECNICOS

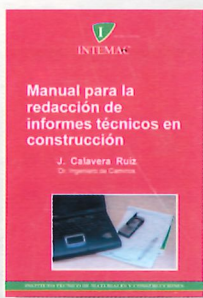
ARTICULOS TECNICOS  
SERVICIO DE DOCUMENTACION

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

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

P.V.P. 2,40 € / ejemplar.





**NUEVA  
PUBLICACIÓN**

## Manual para la redacción de informes técnicos en construcción

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 72 €



**NUEVA  
EDICIÓN**

## Manual de Ferralla

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

*Nueva edición: Noviembre 2003*

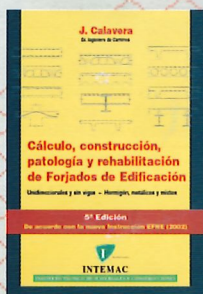
Precio: 38 €



## Proyecto de estructuras de hormigón con armaduras industrializadas

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

Precio: 47 €



## Cálculo, construcción, patología y rehabilitación de forjados de edificación

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 100 €



## Evaluación de la capacidad resistente de estructuras de hormigón

J. Fernández Gómez, G. González Isabel,  
F. Hostalet Alba, J. M<sup>a</sup> Izquierdo, J. Ley Urzaiz

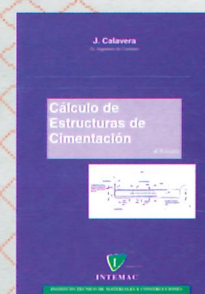
Precio: 58 €



## Muros de contención y muros de sótano

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

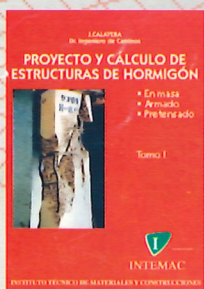
Precio: 71 €



## Cálculo de estructuras de cimentación

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 71 €



## Proyecto y cálculo de estructuras de hormigón

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

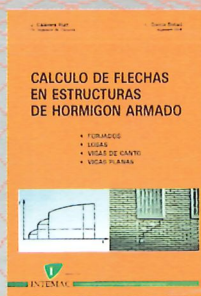
Precio: 156 €



## Cálculo de flechas en estructuras de hormigón armado

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

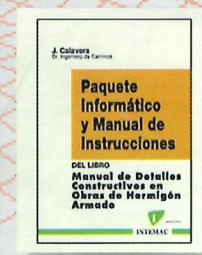
Precio: 50 €



## Manual de detalles constructivos en obras del hormigón armado

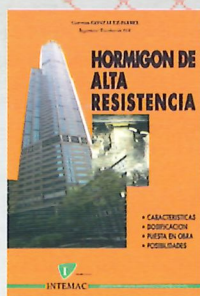
J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Libro: 112 € - Paquete informático: 198 €



INTEMAC

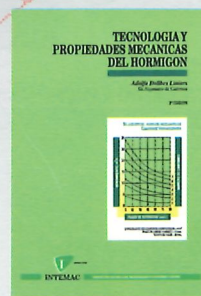
Monte Esquinza, 30, 4<sup>o</sup> D - 28010 MADRID  
TEL.: 91 310 51 58 • FAX: 91 308 36 09  
E-mail: [intemac@intemac.es](mailto:intemac@intemac.es)  
[www.intemac.es](http://www.intemac.es)



## Hormigón de alta resistencia

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

Precio: 44 €



## Tecnología y propiedades mecánicas de hormigón

A. Delibesl (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 54 €

## PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO

J. CALAVERA (Dr. Ingeniero de Caminos)

*Nueva edición: Noviembre 2004*

AGOTADO