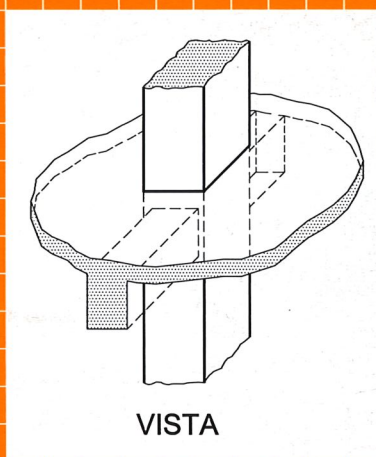


Notas de información
técnica (NIT)
INTEMAC



**Criterios de control de calidad de la resistencia del hormigón
en lotes de hormigón que incluyen nudos VIGA-PILAR**

Prof. José Calavera
Dr. Ingeniero de Caminos



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES

NIT 3 - 05
Diciembre 2005



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
A U D I T

AUDITORIA TÉCNICO-ECONÓMICA DE CONSTRUCCIONES

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



INTEMAC
E C O

AUDITORÍA TÉCNICA MEDIOAMBIENTAL

CONTROL DE IMPACTO AMBIENTAL

Obras Públicas

Edificación

Instalaciones

CONTROL DE CALIDAD AMBIENTAL

Aire

Agua

Ruido

AUDITORÍA MEDIOAMBIENTAL

ASESORAMIENTO EN MATERIA DE MEDIO AMBIENTE

**CRITERIOS DE CONTROL DE CALIDAD DE LA RESISTENCIA
DEL HORMIGÓN EN LOTES DE HORMIGÓN
QUE INCLUYEN NUDOS VIGA-PILAR**

PROF. JOSÉ CALAVERA RUIZ
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente de INTEMAC

Copyright © 2005, 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 1885-4575

Depósito legal: M-44128-2005

Infoprint, S.A. - San Vicente Ferrer, 40

INDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. INVESTIGACIONES REALIZADAS
3. EL PROBLEMA RESISTENTE DEL NUDO
4. ESPECIFICACIONES DE ACI 318-02
5. APLICACIÓN AL CONTROL DE CALIDAD DE LOTES DE HORMIGÓN DE VIGAS,
LOSAS Y FORJADOS QUE CONTENGAN NUDOS DE PILARES
6. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se emplean hormigones de diferente resistencia característica especificada en vigas y losas y en pilares, se presenta el problema indicado en la Figura 1.

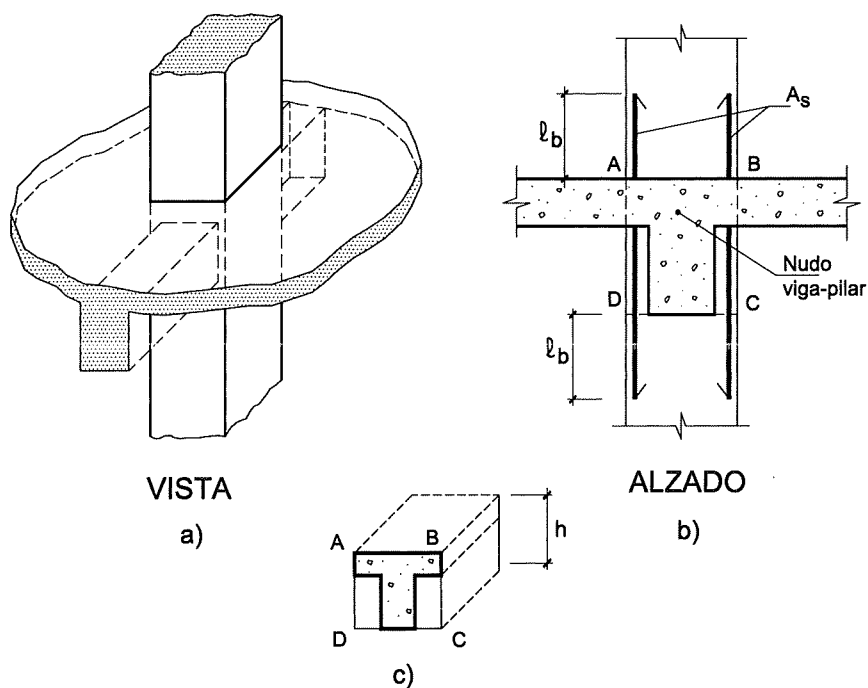


Figura 1

El hormigón de las vigas y la losa es de una resistencia $f_{ck,l}$, y el de los pilares de otra, igual o mayor, $f_{ck,p}$.

El problema es diferente cuando los valores de $f_{ck,l}$ y $f_{ck,p}$ son iguales o difieren poco, del caso de empleo en pilares de hormigón de alta resistencia, en cuyo caso, en general es forzoso hormigonar la losa y las eventuales vigas en una cierta superficie alrededor del pilar con el hormigón de la calidad de éste, para evitar que si se emplea la práctica habitual de hormigonar el conjunto de losas y vigas con hormigón de $f_{ck,l}$, el nudo viga-pilar constituya un punto débil en la resistencia del pilar.

La única Norma que considera específicamente este caso es el Código de ACI-318-02 (1) y varias versiones anteriores, que recomiendan, para caso de pilares de hormigón de alta resistencia, dos alternativas.

- Hormigonar el nudo viga-pilar (ABCD en la Figura 1-b y 1-c) con hormigón de resistencia igual a la del pilar, extendiendo este hormigonado alrededor del nudo, en vigas y losas al menos a 60 cm de distancia.
- Hormigonar el nudo viga-pilar con hormigón igual al de la viga, lo que es constructivamente más simple, pero empleando una armadura vertical adicional en el pilar en la zona del nudo, anclada de acuerdo con lo que se indica en la Figura 1-b), de forma que el nudo, con hormigón de resistencia $f_{ck,l}$ más esta armadura suplementaria, alcance la resistencia necesaria en zonas de pilar construidas con hormigón de alta resistencia.

En lo que sigue, nos referimos al caso de nudos en los que los valores de $f_{ck,p}$ y $f_{ck,l}$ difieren, pero no en valores tan elevados como los que se dan en el caso de pilares con hormigón de alta resistencia.

Las situaciones que pueden darse son variadas y alcanzan al menos once casos que se indican en la Figura 2.

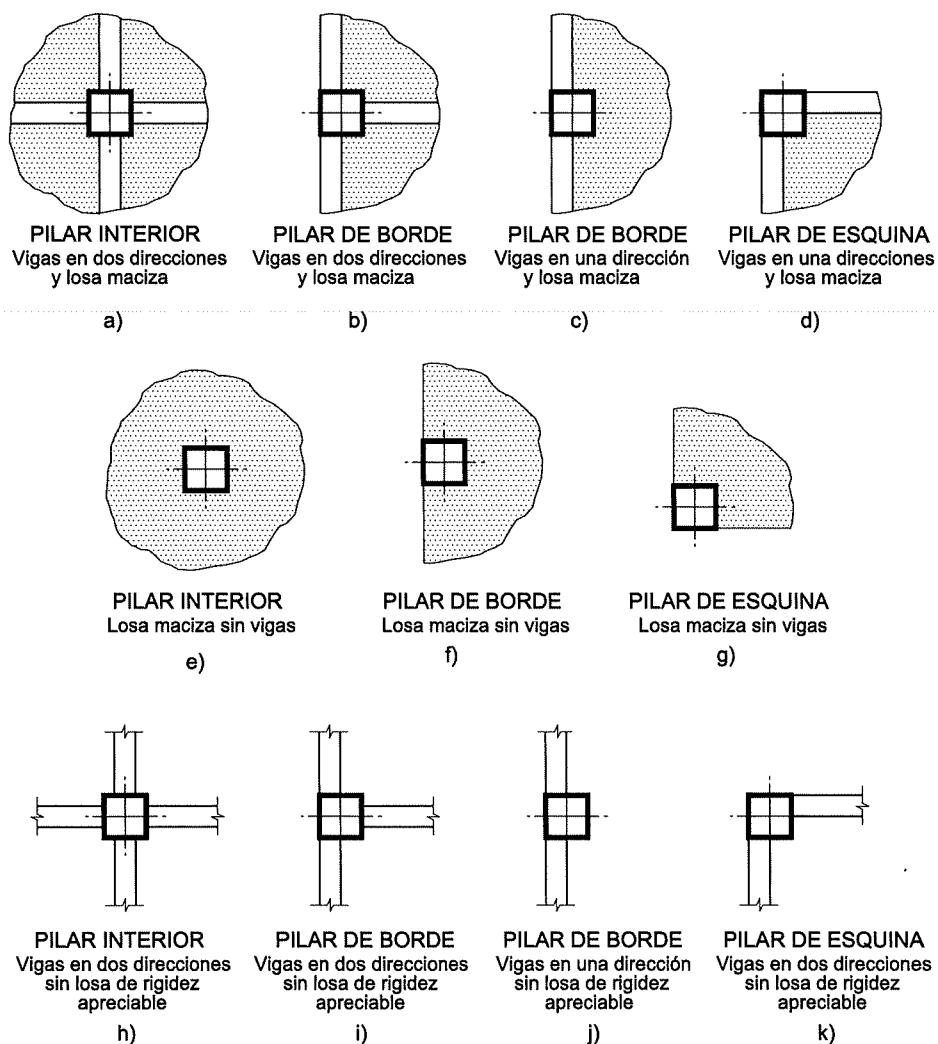


Figura 2

2. INVESTIGACIONES REALIZADAS

El tema ha sido investigado teórica y experimentalmente pero las investigaciones no son numerosas y, como sus autores indican, no pueden considerarse completas.

El primer trabajo sobre el tema, fue el de BIANCHINI, WOODS y KESLER de la Universidad de Illinois (2) titulado “*Effect of Floor Concrete Strength on Column Strength*” publicado en el *Journal of the American Concrete Institute (ACI)*, en Mayo de 1960. Es un trabajo, que aparte de su carácter pionero y de las limitaciones que sus propios autores señalan, contempla los nudos interiores, extremos y de esquina y sirvió de base a la primera normativa sobre la materia.

Un segundo trabajo, también de gran interés pero menos divulgado, y de hecho no citado en la bibliografía del ACI 318, es el de GEORGOUSSIS y PHIPS, de la Universidad de MANCHESTER y publicado en la revista “*The Structural Engineer*” en Junio de 1981 (3) titulado “*The influence of low-strength concrete beams on the axial load capacity of concrete columns*”.

GEORGOUSSIS y PHIPS, conocían el trabajo de BIANCHINI *et alii* (2) y fueron más allá, pues a partir de los ensayos que realizaron, elaboraron métodos analíticos para el cálculo de la resistencia de los nudos viga-pilar.

Finalmente, en Junio de 1998 aparece en el *JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING* de la American Society of Civil Engineers (ASCE) un trabajo de OSPINA y ALEXANDER de la Universidad de Alberta, en Canadá, titulado “*Transmission of Interior Concrete Column Loads Through Floors*” (4). Este trabajo, si bien restringido a pilares interiores, analiza, a diferencia de los otros, la influencia de la flexión de vigas y losas sobre la resistencia del nudo, cuestión de primordial importancia en el estudio del problema. Proporciona conclusiones que, en una versión simplificada, son tenidas en cuenta en las últimas versiones de ACI 318 y en particular en la última, de 2002.

3. EL PROBLEMA RESISTENTE DEL NUDO

Simplificadamente adoptaremos el caso de la Figura 3a), de un pilar interior con losa maciza enlazada a él. Es esencial, en la resistencia del nudo, considerar no solamente el esfuerzo axial N , con la eventual excentricidad derivada del cálculo, sino también las acciones transversales introducidas por la flexión de la losa, (derivadas de las acciones actuantes sobre ella) en el nudo.

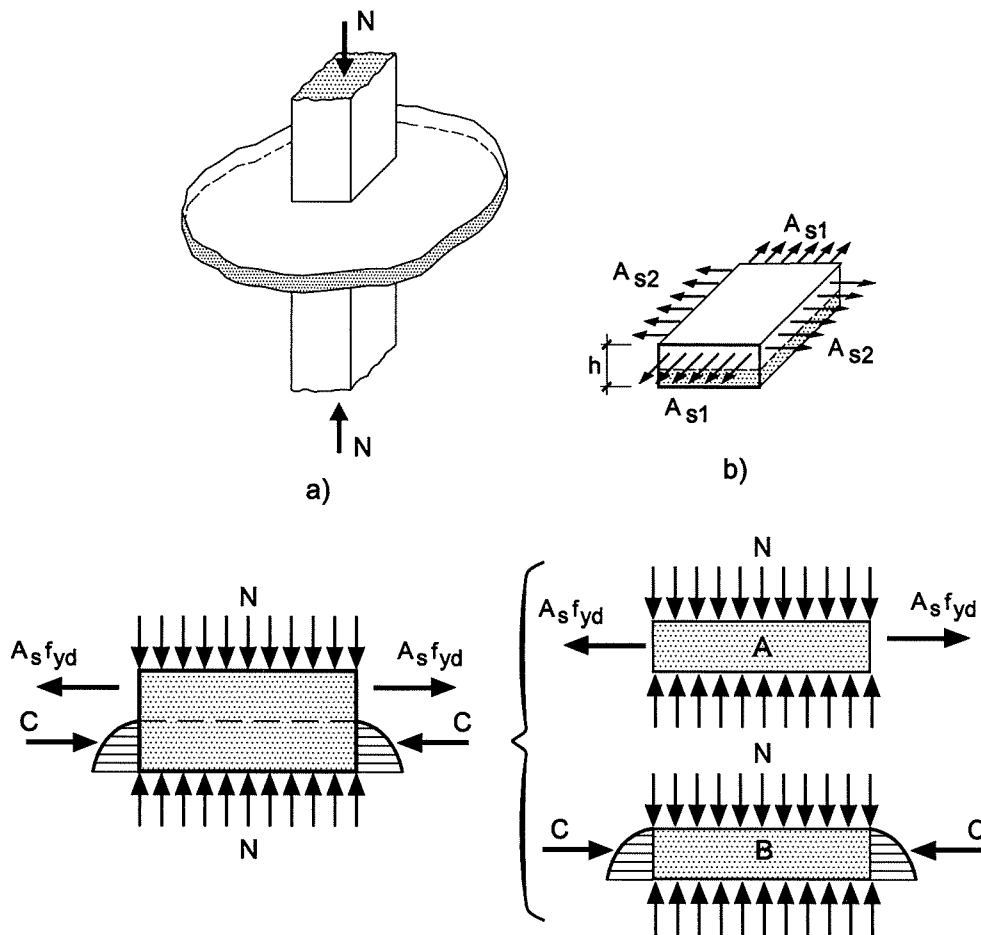


Figura 3

En la Figura 3 b) se indican estas acciones y en la Figura 3 c) se descompone el nudo en dos piezas virtuales. El fallo de cualquiera de ellas produce el del nudo.

La pieza virtual A, está sometida a una compresión vertical y a dos tracciones horizontales ortogonales.

La pieza virtual B está sometida a tricompresión.

Las referencias (3) y (4) contienen instrucciones para estudios de casos específicos, aunque como decimos las investigaciones son todavía incompletas, dada la gran cantidad de variables en juego.

4. ESPECIFICACIONES DE ACI 318-02

Como resultado de las investigaciones realizadas, la Norma establece para el problema reglas simples, naturalmente del lado de la seguridad.

En su apartado 10.15 "Transmission of column loads through floor system", establece lo siguiente:

- Si la resistencia especificada para el hormigón de los pilares es superior a 1,4 veces la especificada para vigas y losas, la zona del nudo y la de losas y vigas hasta una distancia no menor de 60 cm a partir del contorno del pilar, debe hormigonarse con hormigón del pilar.
- Alternativamente, la armadura vertical del pilar en la zona del nudo debe suplementarse para que, con la resistencia del hormigón del nudo igual a la de vigas y losas más la armadura suplementaria, se iguale al menos la de los pilares en la zona exterior al nudo.
- Para el caso de pilares con vigas de cantos aproximadamente iguales enlazadas a ellos por los cuatro lados o por losas^(*), puede suponerse al hormigón del nudo una resistencia

$$f_{ck,n} = 0,75 f_{ck,p} + 0,35 f_{ck,l} \quad [1]$$

donde $f_{ck,n}$ = Resistencia característica del hormigón del nudo

$f_{ck,p}$ = Resistencia característica del hormigón del pilar

$f_{ck,l}$ = Resistencia característica del hormigón de losas, forjados y vigas

5. APLICACIÓN AL CONTROL DE CALIDAD DE LOTES DE HORMIGÓN DE VIGAS, LOSAS Y FORJADOS QUE CONTENGAN NUDOS DE PILARES

La Instrucción EHE define los lotes de acuerdo con la tabla siguiente:

Límite superior	Tipo de elementos estructurales		
	Estructuras que tienen elementos comprimidos (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Estructuras que tienen únicamente elementos sometidos a flexión (forjados de hormigón con pilares metálicos, tableros, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Número de amasadas (1)	50	50	100
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m ²	1.000 m ²	---
Número de plantas	2	2	---

(1) Este límite no es obligatorio en obras de edificación.

^(*)Evidentemente la Norma se refiere a las macizas o ábacos macizos de forjados sin vigas aligerados. No existe evidencia alguna de que esto pueda aplicarse a forjados aligerados o a forjados de viguetas y bovedillas.

Según ella, un lote de forjado y vigas con pilares de hormigón no debe considerarse, pues incluye elementos del tipo de la primera columna y de la segunda. Sin embargo ello puede no ser así, tal y como se demuestra a continuación.

a) De acuerdo con 4, puede establecerse la regla siguiente para todo tipo de pilares (interiores, extremos y de esquina)

– Si el hormigón del lote conduce a una resistencia del lote $f_{ck,est}$ tal que

$$f_{ck,est} \geq \frac{f_{ck,p}}{1,4} \quad [2]$$

o bien $f_{ck,est} \geq 0,71 f_{ck,p} \quad [3]$

desde el punto de vista de los nudos, el lote es aceptable

– De acuerdo con la posibilidad de aceptar hormigones con bajas de hasta el 10% en la resistencia^(*) las ecuaciones [2] y [3] se transforman en

$$f_{ck,est} \geq \frac{f_{ck,p}}{1,55} \quad [4]$$

o bien $f_{ck,est} \geq 0,64 f_{ck,p} \quad [5]$

b) Para pilares interiores enlazados a vigas de aproximadamente el mismo canto por las cuatro caras o a losas macizas, si $f_{ck,p} > 1,4 f_{ck,\ell}$ la fórmula [1] conduce a tomar como resistencia del hormigón del nudo

$$f_{ck,n} = 0,75 f_{ck,p} + 0,35 f_{ck,\ell} \quad [6]$$

Aceptando una baja del 10% en la resistencia del hormigón [6] se transforma en

$$f_{ck,n} = 0,83 f_{ck,p} + 0,39 f_{ck,\ell} \quad [7]$$

y el nudo deberá comprobarse mediante la fórmula general de compresión centrada

^(*)EHE considera, acertadamente, que salvo en casos sumamente especiales, una baja de ese orden no supone un riesgo inadmisibles y por tanto el lote es técnicamente aceptable. Otra cosa es que dado que se ha producido un incumplimiento contractual, se apliquen las penalizaciones previstas en el Pliego de Condiciones.

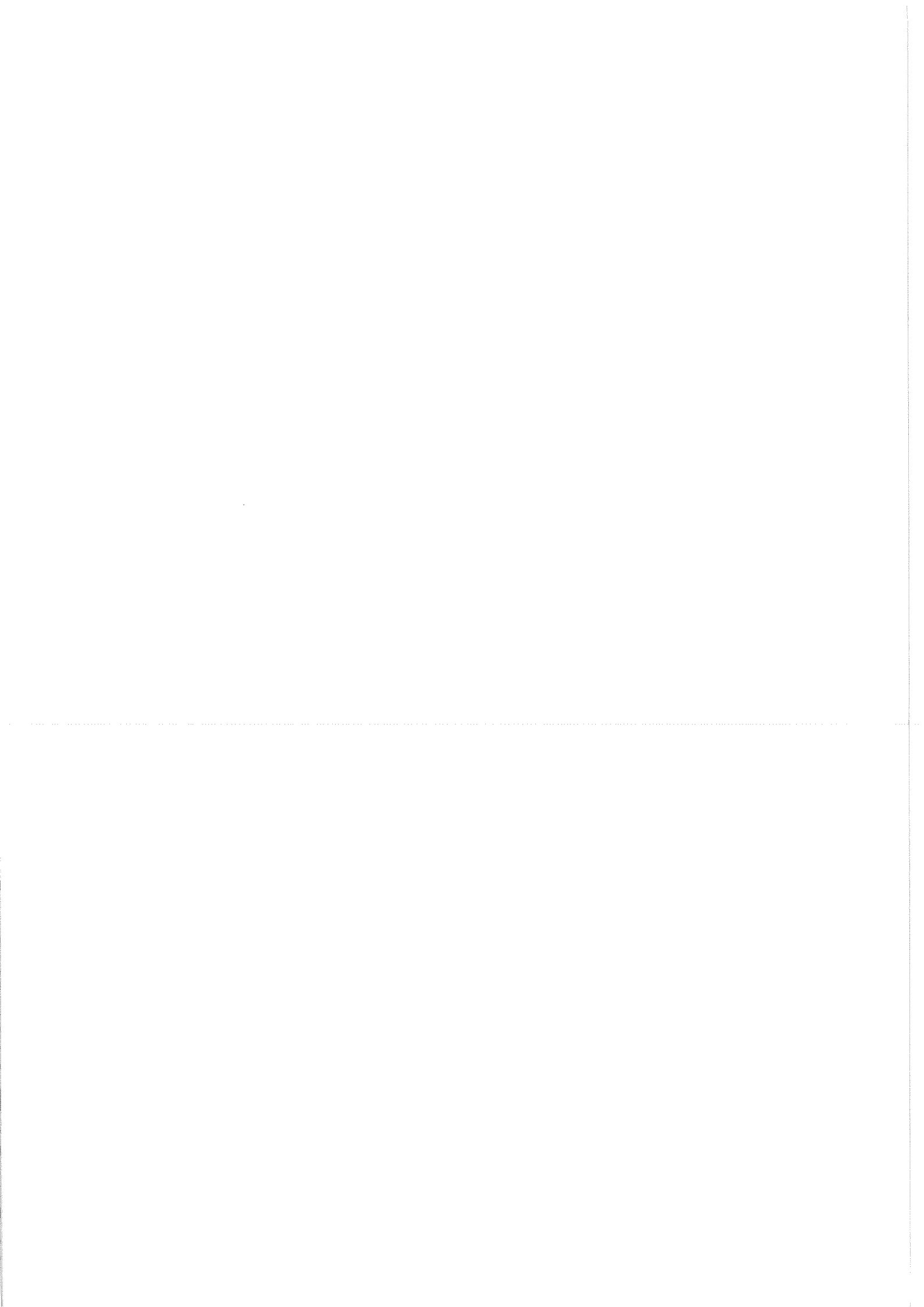
$$N_d \leq 0,85 \frac{f_{ck,n}}{1,5} A_c + A_s \cdot f_{yd} \quad [8]$$

donde N_d = Esfuerzo axial de cálculo
 A_c = Área de la sección transversal de hormigón
 A_s = Área de armadura longitudinal
 f_{yd} = Límite elástico de cálculo de la armadura longitudinal

Esta comprobación exige revisar el cálculo del pilar a partir de los valores reales de N_d y A_s y puede ser de interés en casos en que $f_{ck,p} > f_{ck,l}$ pero por los motivos que sean, los pilares están sobredimensionados.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ACI-318-02. “*Building Code Requirements for Structural Concrete*”. American Concrete Institute. Detroit. 2002.
- (2) BIANCHINI, A.C.; “*Effect of Floor Concrete Strength on Column Strength*”. Journal of the ACI. May. 1960.
- (3) GEORGOUSSIS, G.K.; PHIPPS, M.E.; “*The Influence of Low-Strength Concrete Beams on the Axial Load Capacity of Concrete Columns*”. The Structural Engineers. June. 1981.
- (4) OSPINA, C.E.; ALEXANDER, S.D. “*Transmission of Interior Concrete Column Loads Through Floors*”. Journal of Structural Engineering ASCE. June. 1998.



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 2005: 27 €



ULTIMOS TITULOS PUBLICADOS

Cuaderno Nº 57

"Influencia del tipo de refrentado y de la clase de probeta: cúbica o cilíndrica, en la medida de la resistencia del hormigón".

Autores: **CLAUDIA PATRICIA**
Dra. Ing. de Caminos,
GARAVITO; J. CALAVERA RUIZ
Dr. Ing. de Caminos.

Cuaderno Nº 58

"Sistema de posicionamiento global. Fundamentos y aplicación en obras de ingeniería".

Autores: **E. LÓPEZ-CANTÍ CASAS;**
P. VALDÉS FDEZ.
DE ALARCÓN.

CUADERNOS DE PROXIMA APARICION

Cuaderno Nº 59

"Las pruebas de carga de recepción de estructuras de la circunvalación de Madrid M-50 y las radiales R-3 y R-5".

Autores: **ÁNGEL HUERTOS RODRÍGUEZ,**
Ing. Tec.O.P, **J. LEY URZAIZ**
Dr. Ing. de Caminos, **SERGIO DE LA ROCHA MUÑOZ,** Ing. de Caminos,
JOSÉ JUAN ROZAS
HERNANDO, Ing. Tec. O.P.

Cuaderno Nº 60

"Recintos y huecos para instalaciones en edificios de viviendas".

Autores: **G. MARTÍ ESTÉVEZ;**
F. VALENCIANO CARLES.

Consulte lista completa de la Colección

MONOGRAFÍAS INTEMAC

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

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 5

"Mantenimiento y reparación de paramentos de hormigón".

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

Precio de la Monografía 33 €

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 6

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

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

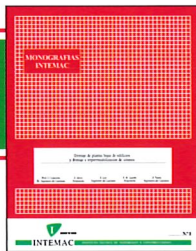
Precio de la Monografía 33 €

MONOGRAFÍA INTEMAC Nº 7

"Estructuras de madera".

Autores: **J. M^o. Izquierdo y Bernaldo de Quirós.**

Precio de la Monografía 33 €



NOTAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA NIT

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

NOTAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA NIT 1 (05)

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

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

Edición bilingüe (español e inglés) en color.

Precio 11 €



NOTAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA NIT 2 (05)

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

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

Edición bilingüe (español e inglés) en color.

Precio 15,5 €

VÍDEOS TÉCNICOS

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

Nº 2001 (1-1)

Contempla de forma completa y detallada el proceso de toma de muestras de hormigón fresco en obra, la medida de la consistencia con el Cono de Abrams, fabricación de probetas, curado en obra, transporte al laboratorio, curado en cámara, refrentado y ensayo a compresión.

Esta nueva versión del vídeo 8801 (1), introduce las modificaciones de EHE y un sistema de estudio de la distribución de presiones de la prensa sobre la probeta así como los aspectos particulares del ensayo de hormigones de alta resistencia. 30 minutos - 25 €



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

Nº 2002 (1-2)

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



Compresión centrada en hormigón armado.

Nº 2002 (1-4)

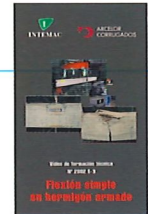
Contempla la rotura de siete pilares a escala real, variando resistencias de hormigón desde 25 N/mm² a 100N/mm², las cuantías de armaduras, la separación de estribos y la velocidad de carga conectando todo ello con las fórmulas de cálculo. 35 minutos - 25 €



Flexión simple en hormigón armado.

Nº 2002 (1-3)

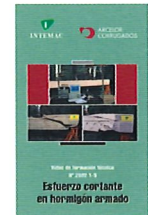
Incluye el ensayo a rotura de cinco vigas a escala real, con diferentes cuantías y diferentes desarrollos de adherencia conectando todo ello con las fórmulas de cálculo. 35 minutos - 25 €



Esfuerzo cortante en hormigón armado.

Nº 2002 (1-5)

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



BOLETÍN BIBLIOGRÁFICO

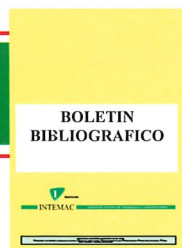
INTEMAC viene realizando desde su fundación un BOLETIN BIBLIOGRAFICO para uso interno, que ofrece, en una lectura rápida, un panorama general de todas las publicaciones técnicas disponibles. Desde 1991, esta publicación bimestral, ha sido puesta a disposición del público.

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) 152 €



PUBLICACIONES



Nueva edición

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

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 120 €



Nueva publicación

Fichas de ejecución de obras de hormigón

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 30 €



Nueva publicación

Ejecución y control de estructuras de hormigón

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

Precio: 100 €



Manual para la redacción de informes técnicos en construcción

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 72 €



Manual de Ferralla 3ª edición

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

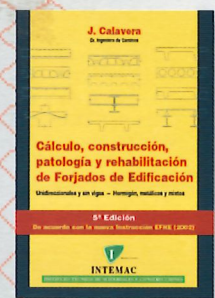
Precio: 38 €



Proyecto de estructuras de hormigón con armaduras industrializadas

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

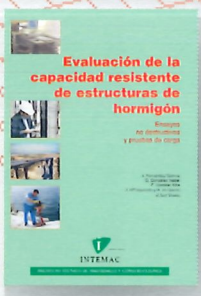
Precio: 47 €



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

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. Mª Izquierdo, J. Ley Urzaiz

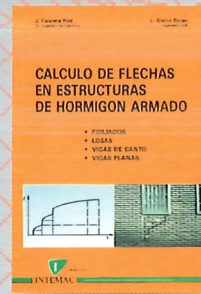
Precio: 58 €



Muros de contención y muros de sótano 3ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 71 €



Cálculo de flechas en estructuras de hormigón armado

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

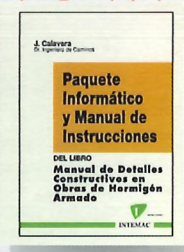
Precio: 50 €



Manual de detalles constructivos en obras del hormigón armado

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

Libro: 112 € - Paquete informático: 198 €



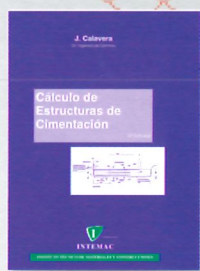
INTEMAC

Mario Roso de Luna, 29, Ed. 12 - 28022 MADRID

TEL.: 91 327 74 00 • FAX: 91 327 74 20

e-mail: intemac@intemac.es

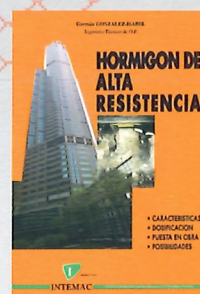
www.intemac.es



Cálculo de estructuras de cimentación 4ª edición

J. Calavera (Dr. Ingeniero de Caminos)

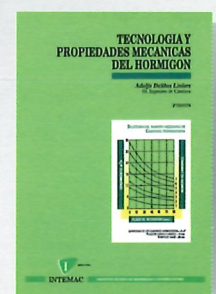
Precio: 71 €



Hormigón de alta resistencia

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

Precio: 44 €



Tecnología y propiedades mecánicas de hormigón

A. Delibes (Dr. Ingeniero de Caminos)

Precio: 54 €