

# nivell

Núm. 9 • gener 2008 REVISTA DEL CENTRE D'ESTUDIS DE LA CONSTRUCCIÓ I ANÀLISI DE MATERIALS



PACTE NACIONAL PER A L'HABITATGE

TERCER CONGRÉS NACIONAL  
D'ENGINYERIA SÍSMICA

REGLAMENT D'INSTAL·LACIONS TÈRMIQUES EN  
ELS EDIFICIS (RITE)

PLANTEJAMENT GENERAL DE LA FUTURA EHE:  
ASPECTES RELLEVANTS I CRITERIS PER A LA  
SEVA ELABORACIÓ

# EDITORIAL

Acabem de finalitzar un any complicat que s'assimilaria a una marató. Això ha fet que encetem aquest nou any amb certa eufòria constructiva, tot i que una mica menys que la d'anys anteriors. Però en aquests moments ens trobem amb un conjunt de competidors que estan desorientats i esgotats. Aquesta marató, no obstant, comença a mostrar greus símptomes que molts dels participants, inclòs alguns espectadors, no veuran l'arribada a la meta.

Per tant, quines poden ser algunes de les causes d'aquest desgavell? Personalment, opino que la marxa de la construcció ha estat molt forta en aquests últims anys. Si tenim en compte que s'han arribat a contractar uns 16.000 habitatges/any a les comarques gironines i si es compara amb la mitjana dels últims 15 anys, que no arribaven a 10.000 habitatges/any, crec que la diferència és massa gran per poder absorbir tot aquest excés d'una forma no traumàtica.

Tots dèiem que algun dia o altre això pararia i a més esperàvem que fos de manera suau. Sabíem que els cicles de pujada i baixada de la construcció duraven aproximadament entre 5 i 7 anys, però aquest últim període ha estat més llarg i ha durat més de 10 anys. Per explicar aquesta llarga etapa es pot al·legar que hi ha hagut molts factors que han ajudat que aquest cicle es prolongués i que, per altra banda, se'n trobin d'altres que l'estiguin aturant de cop.

Crec que seria bo per aquest país fer una anàlisi exhaustiva de totes les possibles causes que han produït tant l'acceleració com la frenada brusca del sector, a l'efecte d'evitar aquestes puntes en el sentit que són perjudicials per a l'economia del país i que de retruc afecten, i molt, una gran quantitat de ciutadans.

Espero que en aquest estudi els analistes de l'economia, tots els representants del sector i els polítics busquin fòrmules per anar corregint i defugint aquestes situacions extremes, perquè crec que tots som prou madurs per trobar-hi solució, ja sigui a través del pacte per a l'habitatge, donant sortida a tot l'estoc d'habitacions acabats i en construcció, incentivant l'obra pública, o d'altres actuacions. En tots aquests casos, hi haurà la nostra col·laboració i implicació sens dubte.

Per altra banda, i canviant de tema, voldria ressaltar la gran activitat que hem tingut al CECAM, ja que s'ha reflectit la nostra aposta per la qualitat i el bon servei en uns bons resultats econòmics. A part d'aquests resultats, que no són els nostres principals objectius, però són necessaris per a la nostra subsistència, dins la nostra aposta també hi ha altres objectius com són la participació en la formació i divulgació de normativa, per exemple la divulgació del Codi Tècnic o la nova llei d'urbanisme. En aquest sentit, voldria destacar la nostra participació en el III Congrés d'Enginyeria Sísmica que es va celebrar a Girona i que vam patrocinar, tema que s'explicarà més àmpliament en un article d'aquest número. Voldria afegir que aviat us comunicarem la propera jornada que estem preparant sobre la nova EHE.

No s'ha de deixar d'esmentar, també dins les nostres apostes, la participació com a patrons fundadors del primer centre tecnològic a Catalunya de la Construcció l'IMAT, on actualment participem més de 20 empreses.

Altres punts a destacar són la nostra col·laboració, tant en la cessió d'espais com a través de l'aportació econòmica, en el Viver d'Empreses de Celrà, dedicat al medi ambient i l'edificació. Creat amb la col·laboració de la Universitat de Girona, l'Ajuntament de Celrà i el Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona, ens permet dir amb molt d'orgull que actualment està en ple rendiment.

M'agrada poder anar exposant encara més activitats, però això no pertoca en un editorial i seria, per tant, motiu d'un article més en aquesta revista.

Per finalitzar, aprofito per desitjar-vos un molt bon any 2008 i que gaudiu de la lectura dels articles d'aquest nou número.

MIQUEL MATAS I NOGUERA

President del Consell d'Administració del CECAM

**Edita:** CECAM

**Assessorament lingüístic:** CPNL

**Traducció al castellà:** Marc Barrobés

**Coordinació i disseny:** Masgrau-Yani, SL

**Impressió:** Policrom, SA

**Dipòsit legal:** GI-1549/2002



- 2 PACTE NACIONAL PER A L'HABITATGE
- 5 TERCER CONGRÉS NACIONAL D'ENGINYERIA SÍSMICA
- 14 EL NOU DB-HR: PROTECCIÓ CONTRA EL SOROLL
- 21 REGLAMENT D'INSTAL·LACIONS TÈRMIQUES EN ELS EDIFICIS (RITE)
- 25 COMPRESSIÓ DE ROQUES AMB BANDES EXTENSOMÈTRIQUES: MÒDUL DE YOUNG (E) I COEFICIENT DE POISSON (v)
- 34 EL MARCATGE CE PER A MESCLES BITUMINOSSES
- 42 PLANTEJAMENT GENERAL DE LA FUTURA EHE: ASPECTES RELLEVANTS I CRITERIS PER A LA SEVA ELABORACIÓ
- 54 PROVES FINALS EN EDIFICACIÓ
- 61 PRESENTACIÓ DELS PRIMERS RESULTATS DEL BARÒMETRE DEL CLIMA DE CONFIANÇA DEL SECTOR DE L'HABITATGE
- 66 TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

# PACTE NACIONAL PER A L'HABITATGE

El dia 8 d'octubre va tenir lloc la signatura del Pacte Nacional per a l'Habitatge. José Montilla, president de la Generalitat; Francesc Baltasar, conseller de Medi Ambient i Habitatge; Carme Trilla, secretaria d'Habitatge, la majoria de grups parlamentaris, promotores i constructors, agents socials, ens locals, col·legis professionals –entre els quals el Consell de Col·legis d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Catalunya– i organitzacions ciutadanes, el van signar.

És el primer gran pacte per a l'habitatge que se signa a l'Estat que, partint d'unes necessitats i unes mancances, planteja pel període 2007-2016 les polítiques d'habitatge del Govern Català, per tal de facilitar “un habitatge digne i adequat”, reconegut per l'article 47 de la Constitució Espanyola i els articles 26 i 47 de l'Estatut de Catalunya. Les accions concretes d'aquest pacte s'estructuren en cinc reptes:

- Repte 1-** Millorar l'accés a l'habitatge, especialment dels joves, mitjançant la provisió d'un volum suficient d'habitació accessible i d'ajuts al pagament de l'allotjament.
- Repte 2-** Millorar les condicions del parc d'habitacions mitjançant el foment del manteniment i la rehabilitació dels edificis
- Repte 3-** Millorar l'allotjament de la gent gran i de les persones amb diversitat funcional mitjançant mesures d'accessibilitat i de suport econòmic
- Repte 4-** Prevenir l'exclusió social residencial mitjançant un sistema universal d'ajuts personals al pagament de l'habitatge, i la dotació suficient d'habitacions d'inclusió.
- Repte 5-** Garantir un allotjament digne i adequat a les llars mal allotjades mitjançant l'eradicació del fenomen dels sense sostre, la sobreocupació dels habitatges i l'infrahabitatge.



Representants de les entitats, organitzacions i grups parlamentaris, amb el President de la Generalitat al capdavant, van signar el PNH.



En xifres, el cost global és de 8.221 milions d'euros. La Generalitat n'aportarà el 81%, el Ministeri de Vivenda, el 13% i entitats privades el 6% restant. En aquesta legislatura (2007-2010) s'invertiran 2.503 milions d'euros.

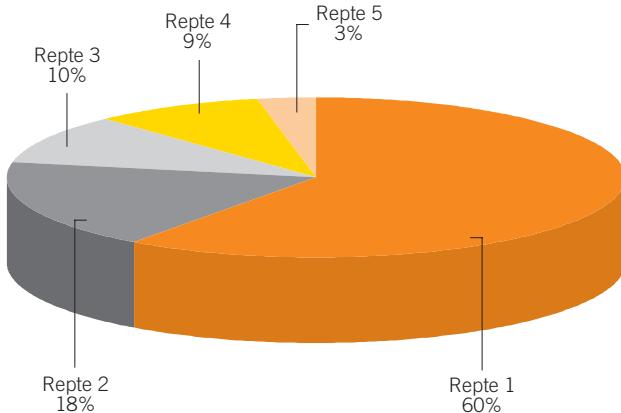
#### DISTRIBUCIÓ DE COSTOS 2007-2016

	Accions	Imports (millions €)
<b>Repte 1</b>	382.000	4.974,00
<b>Repte 2</b>	300.000	1.449,00
<b>Repte 3</b>	70.000	798,00
<b>Repte 4</b>	60.000	751,00
<b>Repte 5</b>	23.000	250,00
<b>TOTAL</b>	835.000	8.221,00

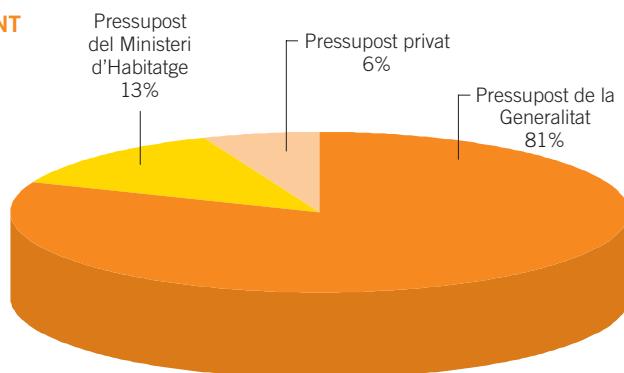
Es preveuen 835.000 actuacions per a l'habitatge en 10 anys, de les quals 393.000 durant aquesta legislatura. Cal destacar la construcció o inici de les 160.000 nous habitatges de protecció oficial, especialment per a joves, i la mobilització i posada en el mercat de 62.000 habitatges del parc desocupat, així com l'augment als ajuts directes fins a 140.000 llars per al pagament del lloguer, la rehabilitació o la compra de la primera vivenda.

Aquest conjunt de propostes pretén aconseguir que tant els municipis de més de 5.000 habitants com les capitals de comarca disposin, en un termini de 20 anys, d'un parc del 15% dels seus habitatges principals susceptible d'ésser utilitzat per a polítiques socials.

#### COSTOS 2007-2016, SEGONS ELS REPTES



#### COSTOS 2007-2016, SEGONS FONTS DE FINANÇAMENT





Un moment de la signatura del Pacte Nacional per a l'Habitatge al Palau de la Generalitat.

Pel que fa al repte de millorar la qualitat del parc d'habitatge, està prevista la rehabilitació i millora de 300.000 habitatges, garantir l'habitabilitat del parc d'habitatge i millorar-ne l'accessibilitat física amb la concessió d'ajuts per a la instal·lació de 10.000 ascensors i itineraris practicables que donaran serveis a 100.000 habitatges.

També es millorarà la sostenibilitat en la construcció i el comportament dels habitatges, així com la millora de la qualitat de la nova construcció, apostant per la innovació en la seva construcció.

En el vessant més social, planteja millorar l'allotjament a la gent gran i a les persones amb discapacitats. Es pretén assolir aquest repte garantint i allargant l'autonomia residencial de 35.000 llars encapçalades per persones de més de 65 anys. També està previst estabilitzar el sistema d'ajuts al pagament del lloguer i incrementar l'oferta d'habitatge de lloguer per a la gent gran.

El repte de prevenció de l'exclusió social residencial preveu evitar que cap persona quedi exclosa d'un habitatge per motius econòmics, i es facilitaran ajuts a 60.000 llars i es garantirà la seguretat i l'estabilitat dels residents més vulnerables (supressió de l'assetjament immobiliari).

Pocs dies després de la signatura del Pacte, concretament el dia 16 d'octubre, el Govern de la Generalitat aprova el seu primer Decret Llei, en virtut de les competències estableties pel nou Estatut. En concret el Decret Llei de mesures urgents en matèria urbanística té com a objectiu dotar les administracions catalanes d'instruments per tal d'obtenir de manera immediata sòl per a la construcció d'habitatge assequible. Pretén fer possible l'assoliment dels objectius del Pacte Nacional per a l'Habitatge, establint un nou procediment per qualificar de manera expedita sòl per a usos residencials. Introduceix modificacions a la legislació actual per potenciar l'obtenció d'habitatge amb diferents graus de protecció, tot augmentant les reserves obligatòries d'habitatge protegit ja previstes en la legislació vigent.

Es preveu que en el termini màxim de 16 mesos, a comptar des de l'entrada en vigor del Decret Llei, es disposarà de planejament aprovat que permeti, com a mínim, la construcció de la meitat dels habitatges previstos.

Aquest Pacte és un full de ruta que guiarà l'acció de Govern del proper decenni, així sortirà properament la nova llei d'habitatge, el nou decret d'habitabilitat i d'altres per fer possible aquests objectius.

ERNEST OLIVERAS I AUMALLÉ  
Arquitecte Tècnic  
President del Consell de Col·legis d'Aparelladors  
i Arquitectes Tècnics de Catalunya

# TERCER CONGRÉS NACIONAL D'ENGINYERIA SÍSMICA

## 1 PRESENTACIÓ

L'Associació Espanyola d'Enginyeria Sísmica (AEIS) agrupa tècnics, científics i professionals de l'àmbit nacional amb responsabilitats en el disseny, la construcció i la recerca relacionats d'una manera o d'una altra amb alguna activitat de l'ampli espectre multidisciplinari de l'Enginyeria Sísmica. La inquietud i la utilitat de l'AEIS s'estenen avui dia als àmbits de les grans obres civils, l'edificació i la construcció en general, per la qual cosa aglutina professionals de tots aquests camps i hi consolida la seva presència i actuacions.

Al llarg dels seus més de quaranta anys d'activitat, l'AEIS ha organitzat esdeveniments de gran rellevància: el II Simposi Europeu d'Enginyeria Sísmica (1969), la X Conferència Mundial d'Enginyeria Sísmica (1992) i el II Congrés Iberoamericà

d'Enginyeria Sísmica (2001). Però, sens dubte, l'èxit de més importància de l'Associació, pel seu significat i d'acord amb les seves finalitats estatutàries, ha estat la reeixida celebració del Primer Congrés Nacional d'Enginyeria Sísmica a Múrcia, l'abril del 1999, i del Segon Congrés Nacional d'Enginyeria Sísmica a Málaga, l'abril del 2003. Com a continuació d'aquesta tradició, s'ha celebrat ara el Tercer Congrés Nacional d'Enginyeria Sísmica al Palau de Congressos de Girona, del 8 a l'11 de maig del 2007.

Aquest tercer congrés, organitzat per l'Associació Espanyola d'Enginyeria Sísmica (AEIS) juntament amb el Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials (CECAM) de Girona, tenia com a objectiu oferir un marc adequat a tots els tècnics i científics interessats en l'Enginyeria Sísmica per a la trobada professional, l'intercanvi d'experiències, la difusió



D'esquerra a dreta, Ramon Ceide, Ernest Oliveras, Joaquim Nadal, Antoni Roca i Miquel Matas al hall del Palau de Congressos el dia de la inauguració.



El Conseller de Política Territorial i Obres Públiques, en un moment del seu discurs de l'acte inaugural.

de coneixements i tècniques aplicades i, també, per al debat de les idees. El Congrés va reunir més de 170 especialistes que pertanyen a camps tan diversos com la geologia, la sísmologia, l'enginyeria i l'arquitectura, i que desenvolupen la seva activitat no solament en el disseny, la construcció i la recerca, sinó també en la protecció civil, la seguretat, l'ensenyament, etc. Així mateix, es va garantir la participació d'un nombre rellevant d'estudiants d'enginyeria que van disposar d'un ambient immillorable per ampliar els seus coneixements. La interacció de tots aquests col·lectius va crear una sinergia important i aprofitable per a tots els participants, en fomentar-se la col·laboració entre institucions, entitats i particulars amb responsabilitats públiques o privades. També va permetre avançar en la consideració dels fenòmens sísmics tant en l'estudi científic i tècnic com en el tractament dels aspectes socials, de prevenció i de planificació. En el Congrés es va prestar una atenció particular als avenços normatius, a l'aplicació de noves metodologies i a l'ús de nous materials en el disseny i la construcció.

#### INICI I COMITÈS DEL CONGRÉS

L'acte protocol·larí d'obertura va ser efectuat per l'Hble. Sr. Joaquim Nadal Farreras, conseller de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya, que es va dirigir als prop de dos-cents assistents que van ocupar la sala de Cambra del Palau. També vam poder veure cares conegudes com: Francesc Francisco, subdelegat del Govern Espanyol a Girona, Isabel Salamaña, tinent alcalde de mobilitat de l'Ajuntament de Girona, Sr. Joaquim Velayos, director de l'Escola Politècnica Superior de la UdG, Sr. Domènec Espadalé, president de la Cambra de Comerç de Girona, Sr. Lluís Gorgorió, delegat de carreteres de la Generalitat de Catalunya, Srs. Josep M. Parramon i Marc Torra tots dos del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, entre d'altres.

Un cop finalitzats els parlaments, l'Orquestra La Principal de la Bisbal va oferir un concert d'una hora de durada que va ser àmpliament aplaudit per tot el públic. Una nota lúdica que, amb elegància, va aportar un moment de lleure a les que, sens dubte, serien unes jornades intenses.

Els tres Comitès van quedar configurats de la manera següent:

### COMITÈ D'HONOR

Excma. Sra. **María Teresa Fernández de la Vega**  
*Vicepresidenta primera del Govern i ministra  
 de la Presidència*

Hble. Sr. **Joaquim Nadal i Farreras**  
*Conseller de Política Territorial i Obres Públiques  
 de la Generalitat de Catalunya*

II-Ima. Sra. **Anna Pagans i Gruartmoner**  
*Alcaldessa de l'Ajuntament de Girona*

Excma. i Magfca. Sra. **Anna Maria Geli**  
*Rectora de la Universitat de Girona*

Excm. Sr. **Edelmiro de la Rua Álvarez**  
*President del Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports*

Sr. **Ernest Oliveras i Aumallé**  
*President del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes  
 Tècnics de Girona*

Sr. **Ramon Ceide i Gómez**  
*Director dels Serveis Territorials a Girona del Departament  
 de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de  
 Catalunya*

### COMITÈ ORGANIZZADOR

**President**  
 Sr. **Álex H. Barbat** (AEIS)

**Vicepresident**  
 Sr. **Miquel Matas i Noguera** (CECAM)

**Directors**  
 Sr. **Xavier Goula i Suriñach** (AEIS)  
 Sr. **Jaume Espíglol i Camps** (CECAM)

### Vocals

Sr. **Antoni Roca i Adrover** (AEIS)  
 Sra. **M. Mercè Pareta i Marjanedas** (CAATG)  
 Sra. **María Hausen** (AEIS)  
 Sra. **Mia Masgrau i Ventura** (CECAM)  
 Sr. **Joan-Baptista Martínez Guevara** (AEIS)  
 Sr. **Eduard Bonmatí i Lladó** (CAATG)

### COMITÈ CIENTÍFIC

Prof. <b>Enrique Alarcón</b>	Dr. <b>Mariano García</b>
Prof. <b>Belén Benito</b>	Dr. <b>Alfonso López-Arroyo</b>
Dr. <b>Alberto Bernal</b>	Dr. <b>Antonio Jesús Martín</b>
Prof. <b>Rafael Blázquez</b>	Prof. <b>Sergio Oller</b>
Prof. <b>Elisa Buforn</b>	Prof. <b>Lluís Pujades</b>
Prof. <b>Ramón Capote</b>	Prof. <b>Pere Santanach</b>
Dr. <b>Emilio Carreño</b>	Prof. <b>Carlos Sousa Oliveira</b>
Prof. <b>Miquel Herraiz</b>	Prof. <b>Agustín Udías</b>
Prof. <b>Ángel García Yagüe</b>	Dr. <b>Julio Villacañas</b>



## 1 CONTINGUT

El Congrés es va estructurar a partir de dos grans blocs:

- El primer consistent en vuit conferències convidades.
- El segon, en sessions tècniques estructurades en tres àmbits principals.

Totes les conferències convidades i les ponències presentades figuren en el CD de *Memòries del Congrés* i representen en total més de 1.700 pàgines escrites.

### 1.1 Conferències convidades

Durant els tres dies del Congrés van tenir lloc dues conferències cada matí i una al vespre, de 45 minuts de durada. L'objectiu d'aquestes conferències era mostrar la situació en diversos temes clau de l'enginyeria sísmica tant en l'àmbit nacional com en l'internacional. A continuació es presenta la llista de conferenciants amb els temes tractats. S'ofereix un resum de cada una de les conferències.

- Millora de la resistència sísmica dels edificis considerats patrimoni cultural: conceptes i avenços recents

**Paulo B. Lourenço**, *Universidade do Minho, Departament d'Enginyeria Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal*

Els països europeus han desenvolupat una àmplia experiència en el camp de la conservació i la restauració del patrimoni construït. En els darrers anys, s'han fet grans inversions en aquest camp, que han permès un ampli desenvolupament a les àrees d'inspecció i de monitorització, proves no destructives i ànalisi estructural de construccions històriques. Aquests desenvolupaments, així com les recents directrius per a l'enginyeria de la conservació, fan que es puguin proposar solucions d'intervenció més adequades, econòmiques i segures. Com que els sismes són una de les principals fonts de destrucció del patrimoni arquitectònic, aquest article s'enfoca cap als avenços més recents de la situació sobre aquest tema. Recentment, s'han aprovat les Recomanacions ICO-



Una de les conferencies invitades amb els Srs. Paulo B. Lourenço i Àlex Barbat.

MOS per a l'Anàlisi, la Conservació i la Restauració Estructural del Patrimoni Arquitectònic. Aquestes recomanacions volen ser útils per a tots aquells implicats en els problemes de conservació i de restauració, sense que siguin exclusives per als enginyers.

- Risc sísmic en entorns urbans: es pot controlar aquest risc?

**Pierre Yves Bard<sup>1,2</sup>, P. Guéguen<sup>1,2</sup>, J. L. Chazelas<sup>3</sup>, M. Kham<sup>4</sup> and J. F. Semblat<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universitat Joseph Fourier, Grenoble, França,  
*bard@obs.ujf-grenoble.fr*

<sup>2</sup> Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, París, França

<sup>3</sup> Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, Nantes, França

<sup>4</sup> EDF, Clamart, França

En general es considera que el moviment sísmic bàsic és la convolució de font, trajectòria i efectes sobre l'emplaçament. La qüestió que es tracta avui aquí és si s'hauria d'afegir un quart element, anomenat "Interacció emplaçament-ciutat" (SCI, per les seves sigles en anglès) en zones densament urbanitzades, que correspondria als efectes produïts per la tremolor dels edificis sobre el sòl. Després de fer un breu estudi de les diverses observacions obtingudes de forma constant, es poden resumir diversos resultats específicament experimentals i numèrics. Mitjançant unes simulacions nu-

mèriques, es controla la resposta sísmica d'un "model urbà" senzill, representat per un grup d'edificis; aquests valors permeten establir les condicions sota les quals els dits efectes SCI serien importants. Aquestes conclusions concorden amb una senzilla "regla general", basada en la comparació entre les energies cinètiques al sòl i els edificis, que indica la importància dels efectes SCI en ciutats denses, on coincideixen els períodes dels edificis i el sòl. D'esta manera, l'últim apartat tracta les conseqüències pràctiques d'aquests efectes SCI, així com possibles direccions cap on obtenir proves experimentals inequívoces en ciutats reals.

- Modelització de pèrdues per terratrèmol amb finalitats de protecció finançera

**Omar Darío Cardona<sup>1</sup>, M.G. Ordaz<sup>2</sup>, S. Arámbula<sup>3</sup>, L.E. Yamin<sup>3</sup>, O. Mahul<sup>4</sup>, F. Ghesquiere<sup>4</sup>, M.C. Marulanda<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Institut d'Estudis Ambientals, Universitat Nacional de Colòmbia

<sup>2</sup> Institut d'Enginyeria, Universitat Nacional Autònoma de Mèxic, Mèxic DF

<sup>3</sup> Centre d'Estudis sobre Desastres i Riscos, Universitat de Los Andes, Bogotà, D.C.

<sup>4</sup> Banc Mundial, Washington D.C.

<sup>5</sup> Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona

En el marc del Programa de Reducció de la Vulnerabilitat Fiscal a Colòmbia, amb el suport del Banc Mundial, i del Pla d'Acció del Banc Interamericà de Desenvolupament per millorar la Gestió del Risc a les Amèriques, es va aplicar un model de risc catastròfic que permet avaluar, edifici per edifici, les pèrdues probables i les primes pures de diferents expedients, tenint en compte la microzonificació sísmica de les ciutats. Aquest model ha estat utilitzat per avaluar els contingents passius i per construir una estructura òptima per a la transferència i la retenció del risc, considerant crèdits contingents, fons de reserva, assegurança/reassegurança i bons de catàstrofe. Com a resultat, s'ha implantat un esquema d'assegurança innovador per cobrir les edificacions privades, que inclou tots els propietaris d'ingressos baixos mitjançant l'ús de subsidis creuats. Finalment, el model permet l'avaluació d'una corba de probabilitat d'excedència de la relació benefici-cost,

i proporciona una eina innovadora per als que prenen decisions, que els permet analitzar els beneficis nets de les estratègies de mitigació del risc com el reforç sísmic i el compliment de l'aplicació de les normes sismoresistentes.

- Disseny sísmic d'estructures de formigó basant-se en el desplaçament

**Michelle Calvi<sup>1</sup>, M.J.N. Priestley<sup>2</sup> i M.J. Kowalsky<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> IUSS, Pavia

<sup>2</sup> IUSS, Pavia

<sup>3</sup> North Carolina State University, Raleigh

Es destaquen els problemes conceptuais que comporta el disseny sísmic d'estructures de formigó amb resistència inicial convencional i basats en la força. S'indica que el comportament estructural pel que fa al dany potencial està relacionat amb els límits de tensió o desplaçament, i no es correspon del tot amb la força. Com a conseqüència d'això, les estructures dissenyades segons criteris basats en la força tenen un risc sísmic variable. El disseny sísmic basant-se en el desplaçament s'ofereix com a substitut lògic del disseny basat en la força. Segons una investigació exhaustiva que es va fer recentment, una variant denominada Disseny directe basat en desplaçament (**DDBD**, per les seves sigles en anglès) ha aconseguit una maduresa suficient perquè es tingui en compte en el disseny sísmic rutinari. El procés de **DDBD**, descrit en aquest document, és extremadament senzill i té com a objectiu assolir estats límits definits pels límits de desplaçament, i no solament estar-hi vinculats. Básicament, els resultats són edificis amb risc uniforme, la qual cosa resulta compatible amb el concepte d'espectres de risc uniforme, admesos des de fa temps com a càrrega sísmica. L'aplicació del procés a diverses formes estructurals, incloent edificis amb estructures de formigó, parets, així com edificis i ponts amb parets/estructures duals, ha estat autoritzada per les ànàlisis històriques inelàstiques realitzades de forma exhaustiva. Es presenta un breu resum del dit estudi. És evident que els resultats del disseny mantenen una tendència que, sovint, és contrària a la del disseny basat en la força. Resulten especialment adequats en aquelles zones amb



Acte d'obertura del Tercer Congrés. D'esquerra a dreta, Àlex Barbat, Xavier Goula i Jaume Espígol.

un grau de sismicitat de baix a moderat, com és el cas d'Espanya.

- **Anàlisi freqüencial dels mètodes d'integració temporal en enginyeria sísmica**

**Rafael Blázquez**, E.T.S. d'Enginyers de Camins, Canals i Ports (Universitat de Castella-La Manxa)

Els algoritmes d'integració són importants en enginyeria sísmica per calcular els registres de velocitat i desplaçament d'accelerogrames, les corbes espectrals i les històries temporals de la resposta de sistemes oscil·lants sotmesos a un moviment sísmic a la seva base. La tècnica numèrica més adequada es tria en cada cas establint un compromís entre la precisió i el temps de càlcul, ja que l'error associat a cada integrador creix amb la mida de l'interval d'integració.

La bondat dels esquemes d'integració numèrica en el domini del temps es caracteritza mitjançant les funcions de transferència dels corresponents filtres digitals recursius. Els factors que controlen l'error en tot aquest procés són l'amplitud de l'interval d'integració, la forma de variació del senyal entre punts mostrejats, i, si és el cas, les propietats dinàmiques de l'oscil·lador (periode propi i raó d'amortiment).

En aquest treball es presenta un criteri racional per avaluar l'exactitud dels diferents integradors temporals, basat en la comparació entre les funcions de transferència (aproximades) dels diferents algoritmes i les funcions de transferència exactes corresponents, determinades analíticament per a cada mètode d'integració. Els resultats d'aquestes comparacions i els factors que governen el procés s'exemplifiquen en l'estudi, per tal d'establir algunes conclusions i recomanacions pràctiques sobre aquest tema.

- Models mecànics per valorar la vulnerabilitat d'edificis actuals

**Sergio Lagomarsino**, Departament d'Enginyeria Civil, Mediambiental i Arquitectònica, Universitat de Gènova, Italia

Per tal de valorar la vulnerabilitat d'edificis de maçoneria i edificis de formigó reforçat, es proposa un model mecànic basat en el mètode de l'espectre de capacitat. Aquest mètode estableix una classificació d'edificis per tipus i s'han obtingut corbes de capacitat: a) per a edificis de maçoneria, mitjançant un model mecànic simplificat que utilitz a pocs paràmetres geomètrics i tecnològics; b) per a edificis de formigó reforçat, directament de les fòrmules de codis sísmics. L'estudi s'ha dut a terme dins del marc de projecte sobre risc de la UE, finançat per la Comissió Europea dins del Cinquè Programa Marc (FP5) i on es van proposar dos mètodes: un model macro sísmic que s'utilitzaria amb mapes de risc macro sísmic, així com un model mecànic, que s'hauria d'aplicar quan el risc es dóna respecte a l'acceleració màxima de la base (PGA, per les seves sigles en anglès) i valors espectrals. La comparació d'ambdós models permet l'obtenció d'una interessant validació encreuada.

- Resposta d'edificis amb estructura de formigó davant sismes moderats

**Antoni Blázquez Boya**, BLAZQUEZ-GUANTER/arquitectes, Universitat de Girona

Aquest estudi té com a objectiu analitzar si els tipus estructurals més utilitzats actualment a Catalunya són adequats per resistir sismes moderats, o bé quins serien els tipus més apropiats, a més d'esbrinar si els procediments actuals de càlcul utilitzats habitualment pels consultors d'estructures són correctes, sobretot perquè no se sol considerar la interacció de l'estructura amb les parets de tancament i separació.

En primer lloc, s'estudien diferents modelitzacions estructurals per comprovar quins representen millor el comportament dinàmic dels diferents tipus estructurals. S'estudia la importància que té una valuació correcta dels períodes fonamentals en el càlcul de les sollicitacions que ha de resistir l'estructura.

A continuació, per esbrinar com interaccionen les parets de tancament i de separació amb l'estructura, s'ha confeccionat un model sotmès a acceleracions creixents en què s'analitza la resposta que tindria un edifici en què s'anessin trencant les parets progressivament.

Finalment, utilitzant els mesuraments proporcionats pels programes d'ordinador i mitjançant l'aplicació d'una base de preus oficial de Catalunya, es comparen els costos de construcció dels diferents tipus.

Paraules clau: Sisme, Edificació, Període fonamental, Normativa, Models estructurals, Paredes rebliment.

## 1.2 Sessions tècniques

Les sessions tècniques han tingut lloc en forma de ponències orals, d'uns 20 minuts de durada, i de taules rodones, en tres sales paral·leles, així com en forma de pòster al vestíbul del Congrés.

Les sessions s'han estructurat en tres grans grups:

**1.2.1** El primer s'ha dedicat a l'estudi del fenomen sísmic en els diferents aspectes geològic, històric i sísmològic, tant en els àmbits metodològic com experimental. A continuació es presenta el títol de la sessió i el nombre de presentacions segons les temàtiques en què es van estructurar el total de 51 ponències en aquest grup i que representen un total de 639 pàgines en el CD de *Memòries del Congrés*:

- Sismicitat instrumental, registre i documentació històrica: 7 ponències.
- Perillositat sísmica, tectònica activa i paleosismologia: 20 ponències.
- Moviments forts del sòl: 8 ponències.
- Efectes locals: 16 ponències.

**1.2.2** El segon grup correspon a l'estudi d'estructures i de dispositius tecnològics amb l'objectiu de reduir la vulnerabilitat d'edificis i d'infraestructures exposades al terratrèmol. A continuació es dóna el nombre de presentacions segons les temàtiques en què es van estructurar aquestes 50 ponències i que representen un total de 760 pàgines en el CD de *Memòries del Congrés*:

- Vulnerabilitat sísmica: 13 ponències.
- Dissipadors d'energia: 7 ponències.
- Càlcul sísmic d'estructures: 15 ponències.
- Dinàmica estructural i de sòls: 10 ponències.
- Control actiu d'estructures 5 ponències.

**1.2.3** El tercer grup conté sessions polivalents i interdisciplinàries, i inclou taules rodones sobre temes d'actualitat. Les temàtiques tractades han estat les següents i representen un total de 168 pàgines del CD de *Memòries del Congrés*.

- Escenaris de dany i plans d'emergència: 6 ponències.
- Observacions pre i post terratrèmol: 5 ponències.
- Normatives: 3 ponències.
- Projecte ISARD: 4 ponències.



imatge d'una de les sessions tècniques.



Imatge d'una de les sessions tècniques.

**Taules rodones:**

- Adaptació de Normes Nacionals a l'Eurocodi 8.
- El paper de les asseguradores davant el risc sísmic.
- Característiques de l'acer per a zones sísmiques.
- Educació i comunicació del coneixement.

Volem aprofitar aquestes pàgines per expressar el nostre agraiament més sincer a tots els autors que han aportat els seus treballs a aquest congrés, als conferenciants invitats, als ponents, a totes les persones i institucions que han donat suport a la celebració d'aquest Tercer Congrés, i l'han

ajudat eficaçment, i molt especialment al Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials (CECAM), i al Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona pel seu esforç i col·laboració.

ÀLEX BARBAT, president de l'Associació

Espanyola d'Enginyeria Sísmica (AEIS)

XAVIER GOULA, membre de l'Associació

Espanyola d'Enginyeria Sísmica (AEIS)

JUAN BAUTISTA MARTÍNEZ-GUEVARA, membre de l'Associació Espanyola d'Enginyeria Sísmica (AEIS)



# EL NOU DB-HR: PROTECCIÓ CONTRA EL SOROLL

Aquest article s'ha realitzat amb el DB-HR publicat en el BOE el mes d'octubre del 2007. Per mantenir-vos informats podeu consultar la web: [www.acusticaweb.com](http://www.acusticaweb.com). És un observatori de la implantació del DB-HR i de notícies relacionades amb el món de l'acústica.

### INTRODUCCIÓ

La construcció es basa en construir, trencar, tapar i cobrir. És un procés semiartesanal on cada acció cal executar-la bé. Està lluny dels processos industrials i sistematitzats perquè ens trobem que cada edifici és un prototip. I per a cada planta de l'edifici, tot i ser dibuixades idèntiques, no tenim les garanties que es construeixin iguals: es pot desplaçar una paret, un envà; es pot posar menys morter a les junes; fer més forats a una paret o a un forjat,... Aquests canvis es viuen a totes les obres.

### PARLEM DE CONSTRUCCIÓ PERQUÈ PARLEM D'ACÚSTICA

Cada material i cada sistema que utilitzem en un habitatge té un comportament acústic. Cal una visió global de la construcció per afrontar el problema de l'aïllament acústic, ja que a la construcció és difícil aconseguir-lo. Intervenen dos mons completament diferents. Per un costat, el món de la física: conceptes teòrics i exactes per projectar; i per l'altre, el món artesanal: mà d'obra i materials diversos units. Cal que aquests dos mons treballin correctament.

El que intenta regular el DB-HR són aquest dos mons. Ho aconseguirà? És difícil saber com afectarà la pràctica edificatòria, perquè el DB-HR té alguns interrogants i en aquest país mai hem aïllat acústicament. Segurament, d'aquí uns anys, ningú es qüestionarà el fet de col·locar aïllaments acústics com ara ningú qüestiona el fet de col·locar aïllaments tèrmics. Caldrà que tots plegats comencem a conèixer aquesta gran desconeguda que és la ciència acústica.

### ENTORN LEGISLATIU ACTUAL

L'exposició de la població al soroll augmenta cada any. No ens n'adonem i ho anem integrant com una premissa de la societat de progrés. Els cotxes i les motos cada vegada fan més soroll a baixa freqüència, per donar sensació de potència. Les sales d'estar estan plenes d'altaveus del "home cinema" amb subwoofers molt potents. Els terrats i els balcons tenen aires condicionats que fan soroll. I llavors cal sumar-hi que el dia a dia ens carrega d'estrés i tensions i en arribar a casa ens molesta el soroll que fa el veí en caminar, en anar al lavabo, el plor de les criatures, la música a tot volum i ens anem tornant més intolerants amb les festes que es realitzen als nostres barris. La vida quotidiana ens estressa i la contaminació acústica ens és insuportable. Per això la societat actual està reaccionant i cada vegada valora més el descans i el silenci.

Els efectes del soroll que patim són: alteracions de la son, trastorns de la conducta, pèrdua auditiva, estrès, hipertensió i malalties cardíques, entre molts d'altres. Ens cal protecció contra el soroll, encara que no sembli un problema greu.



Rètol amb sonòmetre. Mesura d'un matí tranquil a Palamós.



Per a la protecció contra el soroll tenim dues branques normatives: la d'edificació i la d'ambiental. Les dues branques ens vénen marcades per directives europees que cal complir per convergir amb Europa. A l'edificació tenim la LOE i ara el CTE DB-HR. I a nivell ambiental estatal tenim la Ley del Ruido del 37/2003 i a nivell català, la Llei del Soroll 16/2002.

De la **LOE** ens interessa remarcar el fet que defineix la responsabilitat trienal dels habitatges, que sembla que podria entrar l'any vinent. Per tant, els defectes d'acústica entrarien dins les assegurances triennals i caldrà una OCT per controlar-les.

De la norma **NBE CA-88**, millor ni en parlem ja que ningú la compleix. Proposava la verificació de projecte i s'ha vist que no garantia en absolut el confort acústic. El pas de la NBE al DB-HR no és important pels nivells exigits, sinó pel seu compliment real.

### INTRODUCCIÓ AL DB-HR DEL CTE

El DB-HR serà una de les parts del CTE que més afectaran el sector de la construcció. Aporta dos grans eixos: visió global acústica de l'edifici i imposa com a mètode de comprovació les mesures *in situ*. El CTE considera l'edifici acabat com un producte. Per tant les prestacions acústiques s'exigeixen a l'edifici en el seu conjunt i no a cadascun dels seus elements constructius, com feia fins ara la NBE CA-88.

La problemàtica acústica s'ha de considerar des del principi de la realització del projecte, perquè ens condicionarà moltes de les solucions possibles i la col·locació dels materials corresponents.

El DB-HR ens obliga a projectar i construir els edificis tenint en compte:

- Aïllament acústic al soroll aeri.
- Aïllament acústic al soroll d'impactes.
- Control del soroll i les vibracions de les instal·lacions.

El DB-HR vol quantificar la protecció entre usuaris, ja que el problema és social i no pas de materials que es fatiguin. El DB-HR caracteritza i quantifica les exigències amb valors

límit, però també explica com dissenyar i dimensionar els diferents sistemes per tenir els aïllaments necessaris. Obtenir els nous valors d'aïllament no se soluciona donant més gruix als materials, sinó **canviant els sistemes constructius**.

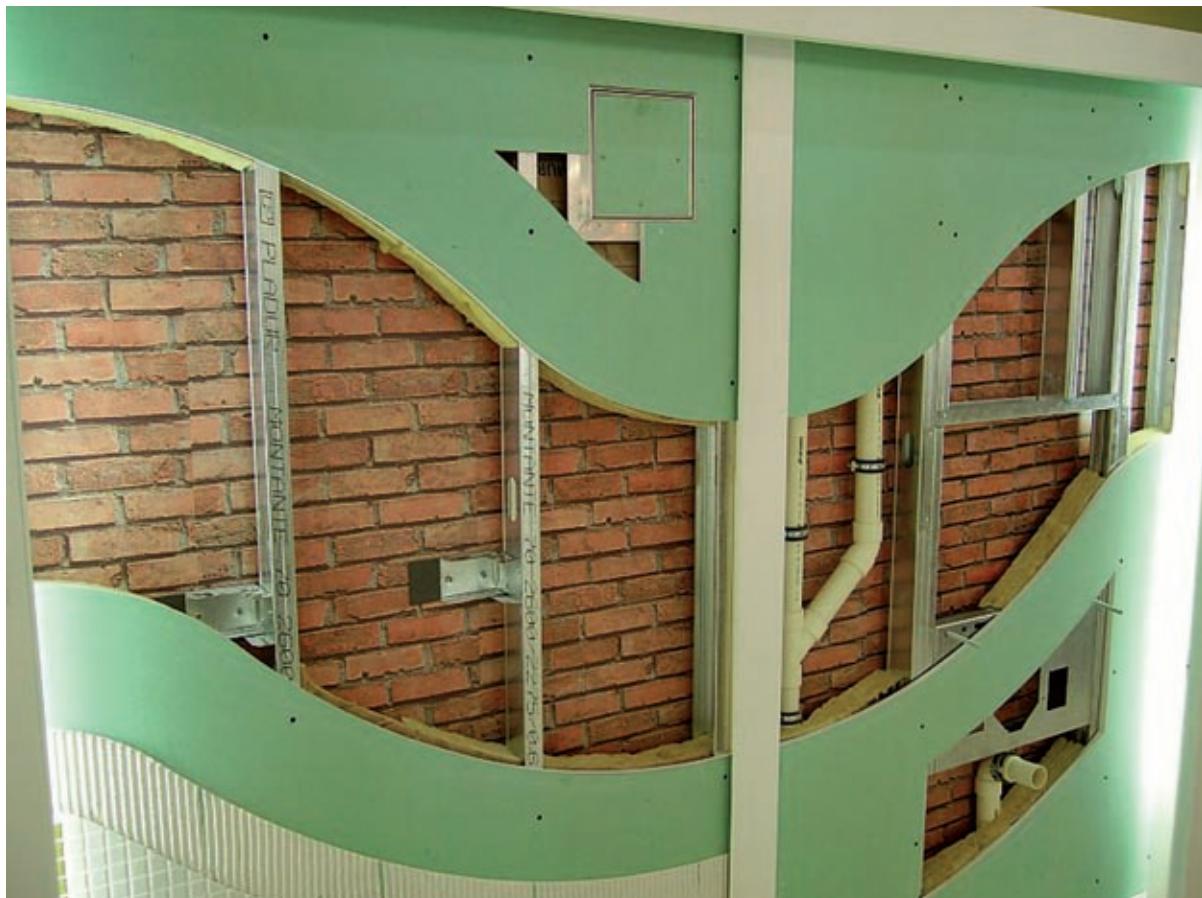
Amb el DB-HR deixem de parlar d'aïllament entre participants per parlar d'aïllament entre recintes, perquè tenim en compte les transmissions laterals. I ens calen noves eines de predicción per saber si amb els elements que estem construint satisfem els nivells acústics exigits. Per això el DB-HR ens presenta dos camins per projectar les solucions acústiques: el mètode **simplificat** amb solucions ja estipulades o el mètode **general** havent de calcular cada parament. Per aquesta segona opció no hi haurà una eina informàtica com s'havia especulat i caldrà anar a fulls de càlcul dels fabricants o al software de pagament Acoubat-dBMat que és una gran base de dades amb un programa de càlcul senzill que ajuda a fer la predicción dels aïllaments acústics.

Segurament l'opció més utilitzada pels projectistes serà el mètode simplificat. Són solucions que determinen el grau d'aïllament mitjançant una campanya de mesures en construccions reals. Aquestes solucions estan sobredimensionades i asseguren estar per sobre dels índexs del DB-HR, sempre i quan l'execució sigui la correcta.

La manera de procedir en el **càlcul simplificat** és escollir amb el següent ordre els diferents tancaments:

1. l'envà que necessitem
2. els elements de separació horizontals i verticals
3. les mitgeres
4. les façanes

Una vegada s'ha seguit el recorregut, obtenim tots els paràmetres necessaris sense calcular res. Aquesta solució simplificada la justificarem en el projecte, a través dels assajos dels fabricants i emplenant unes fitxes justificatives semblants a les de la NBE CA-88. Però de moment els assajos dels fabricants estan una mica verds i, si els comparem, surten resultats molt diferents per a elements semblants. Caldran almenys tres anys per tenir sistemes constructius provats i



Sistema mixt ceràmic i plaques de guix amb pas d'instal·lacions.

fiables d'acord amb el DB-HR. Per això deixa oberta la possibilitat a altres solicions constructives justificades mitjançant càcul.

Com a complement dels DB, s'estableixen els *Documentos Reconocidos*, documents amb solicions ja establertes i que de moment són desconeguts perquè no s'han publicat, però les associacions Hispalyt i Atedy ja tenen els seus preparats.

Una novetat important és el fet que l'aïllament acústic de la façana haurà d'estar pensat tenint en compte el nivell de soroll exterior. Caldrà tenir clar el lloc on s'ubica l'edifici i quin nivell de soroll té assignat segons els mapes de soroll. Amb

l'actual norma totes les façanes són iguals i costa d'explicar a un usuari d'un habitatge situat al costat d'una important carretera o un aeroport que l'edifici no està mal construït sinó que viu en un entorn molt contaminat.

### ÍNDEXS D'AÏLLAMENT

Una de les grans diferències respecte la NBE CA-88 és la definició de diferents índexs per a cada tipus de soroll i situació. L'avantatge d'aquests índexs és poder calcular i poder comprovar-los un cop s'ha acabat l'edifici. No els explicarem individualment perquè n'hi ha molts de nous, però tots inten tenen ser el més ajustats possible a la realitat.



El DB-HR incrementa, respecte la NBE CA-88, els índexs d'aïllament per donar resposta a les demandes de confort acústic. Però no els incrementa gaire com veurem a les taules següents. I a l'hora de comprovar-los, amb mesures *in situ*, ens permet aplicar toleràncies de 3 dB. Per això ens ha semblat molt interessant mostrar una taula comparativa (vegeu taula 1), per a recintes protegits, amb els nivells exigits per la NBE CA-88, el DB-HR i el DB-HR amb les toleràncies que ens deixa tenir a l'hora de mesurar.

Sorprèn veure que en el cas que hagim de fer mesures per a comprovar l'aïllament, no s'ha augmentat tant com sembla la protecció respecte la NBE CA-88. En el cas més habitual de paret entre veïns i zones comunes només augmentem 2 dB; en el cas de tenir un local d'instal·lacions reduïm 3 dB l'aïllament per a recinte protegit i 13 dB per a recinte habitable. No té cap sentit que a la cuina o al bany estiguem escoltant perfectament com puja l'ascensor, ja que l'aïllament dels altres recintes no servirà per a res: el soroll passarà per la junta de la porta del bany o la cuina cap als altres recintes.

Observem que l'aïllament mínim exigit entre diferents usuaris (veïns) i entre usuaris i zones comunes augmenta en 5 dBA. En canvi, quan tenim un recinte habitable es manté el nivell i si hi apliquem les toleràncies de les mesures, tenim que ens baixa 3 dB respecte la NBE CA-88!

Pel que fa a l'aïllament de façanes, es mantenen els nivells de l'actual NBE CA-88 que podem considerar com a baixos. Tot i tenir índexs d'aïllament diferents, són comparables i normalment l' $R_A$  tendeix a ser igual o 1 dB per sobre de  $D_{nTA}$ . És una diferència poc important i existeix perquè són les transmissions laterals que l'índex  $R_A$  no té en compte. L' $R_A$  caracteritza l'element constructiu i el  $D_{nTA}$  l'element i les seves condicions de contorn.

Cal donar més aïllament a les parets veïnes i no a les façanes perquè el soroll que pot arribar a generar un veí és superior al que pot arribar des del carrer. El veí pot tenir la televisió a un volum alt, parlar cridant, tocar el piano o fer bricolatge els diumenges al matí. Genera soroll discontinu que ens destorba més que el so del trànsit que és més continuat. Per això, de qui cal protegir-se és del veí.

Receptor	Emissor	NBE CA-88	DB-HR	DB-HR toleràncies de les mesures
		$R_A$	$D_{nTA}$	$D_{nTA}$
Usuari	Recintes protegits	> 45 dBA	> 50 dBA	> 47 dBA
	Recintes habitables	> 45 dBA	> 45 dBA	> 42 dBA
	Local d'instal·lacions a recinte protegit	> 55 dBA	> 55 dBA	> 52 dBA
	Local d'instal·lacions a recinte habitable	> 55 dBA	> 45 dBA	> 42 dBA
	Zones comunes sense obertures	> 45 dBA	> 45 dBA	> 42 dBA
	Zona comuna amb obertures	> 45 dBA	$R_A$ obertures > 30 dBA $R_A$ mur > 50 dBA	> 27 dBA
	Locals comercials	> 45 dBA	> 55 dBA	> 52 dBA
Mitgeres	Solar veí sense edificar	--	$D_{2m,nT} Atr$ > 40 dBA	--
	Solar veí edificat	--	> 50 dBA	--
	Soroll aeri exterior	NBE CA-88	DB-HR	DB-HR toleràncies
		$a_g$	$D_{2m,nT} Atr$	$D_{2m,nT} Atr$
Façanes	Soroll de trànsit	> 30 dB	> 30 a 47 dB	> 27 a 43 dB

Taula 1



## EL NOU DB-HR: PROTECCIÓ CONTRA EL SOROLL

El DB-HR també demana el control de la reverberació a les zones comunes. Els acabats superficials i els revestiments de les zones comunes hauran de tenir una absorció mínima de 0,2 m<sup>2</sup>, perquè així el so que es genera en els passadisos no sigui excessiu. La transmissió de soroll de les zones comunes és molt important per la porta d'entrada i, sobretot, la junta inferior de la porta amb el paviment.

Taula de soroll d'impacte:

SOROLL D'IMPACTE	NBE CA-88	CTE
	L <sub>nT</sub>	
Entre recintes	< 80 dBA	< 65 dB
Local comercial	--	< 60 dB
Local d'instal·lacions	< 80 dBA	< 60 dB
Coberta transitable	< 80 dBA	< 65 dB

El soroll d'impacte no es quantifica com l'aeri. L'aeri és el nivell d'aïllament que ens dóna una paret o un forjat, i en canvi el soroll d'impacte és la quantitat de soroll que deixa passar el forjat. Si donem un cop al forjat, el recinte inferior ha de rebre un nivell inferior a 65 dB; per tant s'ha augmentat en 15 dB la protecció.

Ja hem vist els índexs i com ha crescut una mica la protecció a l'usuari. Cal comentar que segons un estudi de mesures realitzat a Galícia fet a forjats reticulars de 25+5 cm, es va comprovar que només complien el DB-HR el 26% dels forjats pels nivells d'aïllament aeri i el 41.2% pels nivells d'impacte. Una dada sorprenent que indica que caldrà donar més aïllament als forjats amb un terra flotant.

La solució al soroll d'impacte l'anomenem de tall elàstic, perquè col·loquem un element elàstic i esmorteïdor entre el forjat i el paviment, un terra flotant deslligat del forjat i del paviment amb llana mineral d'alta densitat o amb polietilè reticulat de 5 a 20 mm d'espessor. I a sobre una capa de morter armada de 5 cm rebre el paviment.

Aquí mostro una comparativa amb Europa del soroll aeri:

PAÍS	D <sub>nT</sub>
Holanda	56
Finlàndia	56
Noruega	56
Àustria	54
Alemanya	54
Suècia	54
Bèlgica	54
França	53
Polònia	52
Regne Unit	51
Itàlia	51
Portugal	51
Grècia	50
Espanya CTE	50
Espanya NBE	45

I aquí una comparativa amb Europa del soroll d'impacte:

PAÍS	L <sub>n</sub>
Àustria	50
Alemanya	53
Finlàndia	53
Noruega	53
Suècia	58
Polònia	58
Portugal	60
França	60
Bèlgica	60
Holanda	61
Regne Unit	62
Itàlia	63
Grècia	64
Espanya CTE	65
Espanya NBE	80

Les comparacions ens mostren que tot i el salt qualitatiu del DB, continuem estant a la cua en protecció contra el soroll. Més aviat sembla un primer intent per anar adquirint l'hàbit de construir millor i anar aconseguint millors nivells més endavant. I també per no espantar tots els promotores amb nivells d'aïllament elevats i repercussions grans a l'hora de construir.



## RECOMANACIONS PER A PROJECTAR I CONSTRUIR EDIFICIS

Cal tenir en compte tres punts bàsics:

- Els aïllants tèrmics no tenen perquè ser aïllants acústics. Només les fibres de vidre i les llanes de roca són bons aïllants alhora.
- Augmentar 6 dB l'aïllament requereix el doble de massa per a les parets de rajols, a causa que es treballa en escala logarítmica.
- Els dobles vidres amb cambra d'aire no sempre són aïllants acústics, més aviat al contrari: sovint el doble vidre provoca ressonàncies al seu interior.

Les instal·lacions són una font important de soroll.

Recomanem:

- A les canonades d'aigua encastades cal utilitzar embolcalls elàstics i passamurs.
- Aïllar els baixants amb una manta de llana de roca o fibra de vidre que els recobreixi o col·locada a les parets dels envans que protegeixen els baixants.
- Col·locació de caixetins elèctrics asimètrics i que no travessin la paret. Separació mínima de 60 cm.
- Caixes de telecomunicacions col·locades en parets que tinguin prou gruix i no traspassin la paret de separació amb la zona comunitària.
- Els conductes d'aire condicionat han de portar-se per espais independents i aïllats dels recintes protegits i els recintes habitables.
- Equips exteriors instal·lats amb antivibradors i a les cobertes. Cal demanar al subministrador de l'equip exterior que no superi els 45 dBA de soroll. Hem de pensar que sovint hi ha una acumulació d'aparells a les cobertes i poden arribar a tenir nivells molt alts de sorolls.
- Les guies de l'ascensor unides als forjats de l'edifici mitjançant elements elàstics i evitar l'ancoratge als murs de separació verticals.
- La maquinària dels ascensors estarà separada dels elements estructurals de l'edifici mitjançant elements esmorteïdors de vibracions i posada en un recinte considerat recinte d'instal·lacions a l'efecte d'aïllament acústic.

Recomanacions del DB:

- Separacions entre veïns d'un mateix edifici amb sistemes mixtes: ceràmics i plaques de guix.
- Necessitat d'executar un terra flotant amb una capa de llana de roca, de fibra de vidre d'alta densitat o amb làmines de polietilè, i al damunt una capa de morter armat.
- Solucions adequades a la fusteria exterior, alumini o PVC de classe 3 o 4, estanques i amb doble vidre de llunes diferents per evitar ressonàncies.
- Registre de persiana integrada en el premarc, tipus monoblock, i si podem amb fibres o llanes o una capa viscoelàstica elastomèrica que són molt més primes. La tapa interior recomanable és d'alumini o plom.



Sistema mixt de divisió entre veïns.



### MESURES D'AÏLLAMENT ACÚSTIC

Les mesures *in situ* d'aïllament acústic han estat la part més comentada del DB-HR tot i que no són obligatòries. En un primer moment es preveia que els agents implicats en el procés edificatori poguessin demanar-les, però a l'últim moment s'han tret, ja que un dels agents són els compradors dels habitatges i podrien reclamar un assaig. Ara només es realitzaran quan “*sea exigido por la legislación aplicable o esté previsto en el proyecto*”.

Després d'especular sobre si els ajuntaments ho demanarien o no, el *Ministerio de la Vivienda* va fer públic que qui tindrà la potestat de decidir-ho seran les Comunitats Autònombes.

Hi ha, però, ajuntaments que abans de donar la Llicència de primera ocupació demanen la verificació dels diferents elements constructius. El cas més conegut és el de l'Ajuntament de València, que ja porta alguns anys demandant-ho i l'experiència ha estat valorada molt positivament.

### CONCLUSIONS

Actualment tenim tres factors pels quals no tenim un confort acústic als habitatges i que el DB-HR vol arreglar: els elements que compleixen la NBE CA-88 estan per sota del confort acústic; tenim redaccions de projectes poc definits acústicament, on només s'inclou un full resumit i pocs detalls constructius; i per últim, que tenim una mà d'obra poc preparada i en realitza una col·locació deficient.

L'aplicació del DB-HR és possible i suposarà una necessària adaptació del sector. Caldrà una millora de la mà d'obra i recuperar les bones pràctiques constructives, fer molta pedagogia i explicar quins són els errors que no s'han de cometre. Els errors provoquen que les solucions projectades resultin ineficaces. I potser s'hauran d'evitar els treballs a preu fet, ja que augmenten considerablement les patologies acústiques.

Caldrà anar a una racionalització dels projectes en contra de la singularitat actual. I incorporar tecnologies d'altres processos com els industrials.

Els projectistes hauran de tenir més coneixements acústics o subcontractar aquests serveis a consultors acústics amb coneixement dels materials, ja que les solucions desenvolupades pels càlculs del projecte són complexes i no garanteixen el resultat final. És necessari un assessorament en fase de projecte de les diferents solucions constructives i analitzar les seves condicions de contorn.

El fet d'haver de calcular l'aïllament acústic des del projecte ens farà canviar alguna de les solucions constructives que hem aplicat fins ara. El DB-HR comportarà una generalització dels sistemes de paviments flotants i parets divisòries entre vivendes amb parets seques de pladur o mixtes amb ceràmica i trasdossats de pladur.

Els promotores tenen poca confiança amb el sistema judicial actual. En cas de conflicte, malgrat que presentin els seus assajos inicials en acabar l'obra, els jutges demanaran un nou peritatge i aleshores es pot donar que les vivendes no compleixin el DB-HR perquè les condicions del carrer hagin canviat. Aquesta inseguretat jurídica no els agrada i són el sector que més està frenant el DB-HR fins que s'aclareixi aquest punt.

Espanya continuarà estant a la cua en protecció acústica, tot i l'augment dels valors d'aïllament. Són uns nivells que altres països varen legislar 10 anys enrere. Per tant, arribar a les exigències proposades és perfectament viable.

Tindrem nous índexs d'aïllament, millors que els actuals, perquè tenen en compte les transmissions indirectes i són verificables *in situ* amb un sonòmetre. La majoria dels països europeus realitzen aquestes mesures. I la seva verificació dependrà de les autonomies i dels ajuntaments, ja que difícilment els tècnics de l'obra o els promotores els demanen.

DAVID CASADEVALL I PLANAS  
Consultor acústic - Arquitecte Tècnic  
[www.acusticaweb.com](http://www.acusticaweb.com)



# REGLAMENT D'INSTAL·LACIONS TÈRMIQUES EN ELS EDIFICIS (RITE)

El nou Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis ve aprovat pel Reial Decret 1027/2007 de 20 de juliol i entrà en vigor a partir del 29 de febrer de 2008.

La primera lectura evidencia un document amb clara *dimensió ambiental* (així es descriu en el text), que ens portarà probablement a una major i més detallada planificació de les instal·lacions tèrmiques.

El nou reglament estableix mesures per millorar la qualitat de l'aire, com per exemple la prohibició d'utilització de combustibles sòlids d'origen fòssil, la utilització de calderes que permetin reduir les emissions contaminants, o l'obligatorietat d'evacuar els fums per la coberta en els edificis de nova construcció. També s'estableixen les exigències bàsiques d'estalvi d'energia en un intent d'afegir elements de lluita contra el canvi climàtic. Per això es té en compte el rendiment energètic de les instal·lacions tèrmiques (es fixen els requisits mínims d'eficiència energètica i es marca un procediment d'inspeccions periòdiques de calderes i sistemes de condicionament d'aire).

L'enfoc d'aquest nou reglament, com es diu a l'inici del Real Decret 1027/2007 que l'aprova, està basat en prestacions o objectius, és a dir, expressa els requisits que han de satisfer les instal·lacions tèrmiques sense obligar a l'ús d'una determinada tècnica o material, ni impedint la introducció de noves tecnologies. Es permet la utilització de solucions alternatives a les que vénen fixades a les instruccions tècniques, sempre que es justifiqui documentalment el compliment de les exigències.

S'incideix notablement en aspectes de control d'aquestes instal·lacions:

a) Control pel que fa a l'execució. El projecte ha de contenir les verificacions i les proves que cal realitzar pel control d'execució de la instal·lació i el control de la instal·lació acabada.

b) Control pel que fa a l'ús i al manteniment. El projecte ha de contenir un "Manual d'ús i manteniment" amb les característiques específiques de cada instal·lació.

c) Control sobre el compliment del Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis. Per això s'estableix un règim d'**inspeccions** que cada Comunitat Autònoma podrà acotar, podent establir unes *inspeccions inicials, periòdiques o puntuals* (motivades per denúncies o resultats desfavorables detectats en les operacions de manteniment). S'estableix que caldrà realitzar inspeccions periòdiques als equips de generació de fred i calor i a les instal·lacions solars tèrmiques per tal de verificar l'eficiència energètica que marca el RITE. Cada Comunitat Autònoma definirà el calendari de les inspeccions així com els requisits dels agents autoritzats per dur-les a terme.

L'estructura del document que conforma el nou RITE es manté com en l'anterior; consta d'una primera part que conté les condicions generals d'aplicació i les exigències que han de complir les instal·lacions tèrmiques i d'una segona part formada per les instruccions tècniques (IT). Aquesta segona part fa la caracterització i quantificació de les exigències mitjançant l'establiment de nivells o valors límits. Actualment la primera part es desglossa en:

- Capítol I.** Disposicions generals
- Capítol II.** Exigències tècniques
- Capítol III.** Condicions administratives
- Capítol IV.** Condicions per a l'execució de les instal·lacions
- Capítol V.** Condicions per a la posada en servei de la instal·lació
- Capítol VI.** Condicions per a l'ús i manteniment de la instal·lació.
- Capítol VII.** Inspecció.
- Capítol VIII.** Empreses instal·ladores i mantenidores
- Capítol IX.** Règim sancionador
- Capítol X.** Comissió assessora



Instal·lació solar en un edifici d'habitatges.

De l'anàlisi del seu contingut remarquem els aspectes següents:

**L'àmbit d'aplicació** del RITE recau en les instal·lacions fixes de climatització (calefacció, refrigeració i ventilació) i de producció d'aigua calenta sanitària dels edificis de nova construcció i també en les instal·lacions tèrmiques dels edificis existents, pel que fa a la seva reforma, manteniment, ús i inspecció. Es defineix què s'entén per reforma (canvi d'ús de l'edifici, canvi o incorporació del tipus d'energia, incorporació, substitució o modificació d'algun subsistema de la instal·lació tèrmica).

Tots els agents que intervenen en el procés de la instal·lació són **responsables del compliment** del RITE. Això inclou els qui intervenen en el seu disseny, dimensionat, execució, manteniment i inspecció. També s'hi afegeixen les entitats i institucions que intervenen en el visat, supervisió o informe dels projectes o memòries tècniques, així com els propis titulars i usuaris de la instal·lació.

Es crea un registre de **documents reconeguts**, que són documents tècnics sense caràcter reglamentari, per facilitar

el compliment de les exigències del RITE. Seran del tipus guies tècniques per al disseny, codis de bona pràctica, guies d'aplicació tècnica, etc. El Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç crea el Registre general de documents reconeguts que tindrà caràcter públic i informatiu.

Igual com descriivia l'anterior reglament, les **exigències tècniques** de les instal·lacions tèrmiques contemplen el benestar i la higiene (qualitat tèrmica de l'ambient, qualitat de l'aire interior, higiene –aigua calenta sanitària–, qualitat de l'ambient acústic), així com l'eficiència energètica i la seguretat. Destaca la importància de l'eficiència energètica.

La justificació del compliment del RITE podrà fer-se adoptant les sol·lucions basades en les instruccions tècniques o bé adoptant sol·lucions alternatives, sempre que documentalment es justifiqui que la instal·lació dissenyada satisfa les exigències del RITE. La documentació tècnica que justificarà el compliment del RITE serà segons els casos la següent:

- a) Per potència tèrmica nominal instal·lada > 70 kW ( fred o calor) es requereix **projecte**.
- b) Per potència tèrmica nominal instal·lada entre 5 kW i 70 kW (ambdós inclosos) es requereix **memòria tècnica**.
- c) No es requereix documentació en els següents casos:
  - Per potència tèrmica nominal instal·lada < 5kW ( fred o calor).
  - Instal·lacions de producció d'aigua calenta sanitària amb escalfadors instantanis, escalfadors acumuladors i termos elèctrics quan la potència tèrmica nominal de cadascun d'ells per separat o la seva suma sigui menor o igual a 70 kW.
  - Sistemes solars consistents en un únic element prefabricat.

Es defineix el contingut del projecte tècnic a l'article 16. El projecte haurà de contenir:



- Justificació que les solucions proposades compleixen les exigències de benestar tèrmic i higiene, eficiència energètica i seguretat del RITE i altra normativa aplicable.
- Les característiques tècniques mínimes que han de reunir els equips i materials que conformen la instal·lació projectada, així com les seves condicions de subministrament i execució, les garanties de qualitat i el control de recepció a l'obra que calgui realitzar.
- Les verificacions i les proves que cal fer per dur a terme el control d'execució i el control d'obra acabada.
- Les instruccions d'ús i manteniment mitjançant l'elaboració d'un «Manual d'Ús i manteniment».

Les instal·lacions que requereixin projecte s'executaran sota la direcció d'un **tècnic titulat competent** (director de la instal·lació). Es defineix a l'article 19 que el director de la instal·lació farà les funcions de control i en els articles 20, 21, 22 i 23 es detallen les operacions que ha d'incloure cada fase del control.

Les instal·lacions que requereixen projecte hauran de presentar a l'òrgan competent de cada comunitat autònoma un **certificat d'inspecció inicial** a més del projecte i del certificat de la instal·lació. Una vegada registrada la instal·lació caldrà incloure tota la documentació de referència en el **Llibre de l'Edifici**:

- a) El projecte o memòria tècnica de la instal·lació realment executada;
- b) El «Manual d'ús i manteniment» de la instal·lació realment executada;

- c) Una relació dels materials i equips realment instal·lats, on s'indiqui les seves característiques tècniques i de funcionament, juntament amb la corresponent documentació d'origen i garantia;
- d) Els resultats de les proves de posada en servei realitzades d'acord amb la IT 2;
- e) El certificat de la instal·lació, registrat a l'òrgan competent de la Comunitat Autònoma;
- f) El certificat de la inspecció inicial, quan sigui preceptiu.

S'estableix la **responsabilitat dels usuaris** de:

- Encarregar a una empresa mantenedora la realització del manteniment de la instal·lació tèrmica;
- Realitzar les inspeccions obligatòries i conservar-ne la documentació;
- Conservar la documentació de totes les actuacions de reparació o reforma en el Llibre de l'Edifici.

Les operacions de manteniment seran dutes a terme per empreses autoritzades; s'estableix com a novetat que anualment s'haurà d'expedir un **Certificat de manteniment** que serà tramès a l'òrgan competent de la Comunitat Autònoma.

Es defineixen els requisits que han de complir les **empreses autoritzades** com a instal·ladors o mantenedors. Això ja es contemplava a l'antic reglament però no s'especificaven els requisits amb aquest detall. Ara es contemplen aspectes com la validesa del registre de les empreses en diferents comunitats autònombes i també dels carnets professionals.

OBJECTE D'INSPECCIÓ	ABAST	PERIODICITAT				
Inspecció dels generadors de calor	$P \geq 20 \text{ kW}$	$20 \leq P \leq 70$	En qualsevol cas	Cada 5 anys		
		$P > 70 \text{ kW}$	Gasos i combustibles renovables	Cada 4 anys		
		Altres combustibles		Cada 2 anys		
Inspecció dels generadors de fred	$P > 12 \text{ kW}$	$20 \leq P \leq 70$	A definir per cada Comunitat autònoma			
		$P > 70 \text{ kW}$				
Inspecció de la instal·lació tèrmica completa en instal·lacions de més de 15 anys d'antiguitat	$P > 20 \text{ kW}$ en calor	Cada 15 anys. La primera inspecció coincidirà amb la del generador de fred o calor un cop la instal·lació hagi superat els 15 anys.				
	$P > 12 \text{ kW}$ en fred					

**Taula 1**

$P$  = Potència tèrmica nominal



S'estableix un règim d'**inspeccions** amb la finalitat de verificar el compliment del RITE. A la IT4 s'especifica quines són les instal·lacions objecte d'inspecció periòdica, així com els continguts i terminis. Podran realitzar-se inspeccions inicials o periòdiques. Els calendaris vindran marcats per cada Comunitat Autònoma. (*vegeu taula 1*).

A l'article 32 s'estableix un criteri de qualificació energètica com a resultat de les inspeccions, que es resumeix en tres nivells: ACCEPTABLE, CONDICIONADA, NEGATIVA. L'obtenció d'una o altra qualificació radica en la detecció o no de defectes, que poden ser molt greus, greus o lleus. L'article 33 classifica genèricament què s'enten per aquests defectes.

És nova la creació d'una **Comissió Assessora**. Es determina la creació d'un òrgan col·legiat de caràcter permanent que depèn orgànicament de la Secretaria General d'Energia del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, que s'anomena Comissió Assessora. Se'n determina la seva composició i la seva organització. Seran funcions de la Comissió Assessora les següents:

- Analitzar els resultats obtinguts en l'aplicació pràctica del RITE, proposant criteris per a la seva correcta interpretació i aplicació.
- Rebre propostes i comentaris de les diferents Administracions Pùbliques, agents del sector i usuaris i estudiar-les.
- Estudiar i proposar l'actualització del reglament conforme a l'evolució de la tècnica.
- Estudiar les actuacions internacionals en la matèria.
- Establir els requisits que han de complir els documents reconeguts del RITE (art.6), les condicions per validar-los i el procediment a seguir pel seu reconeixement i registre.

A la segona part del Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis, les instruccions tècniques desenvolupen en detall els paràmetres que ha de complir cada instal·lació. Aquesta part ve configurada per quatre grans blocs:

**IT 1.** Disseny i dimensionat

**IT 2.** Muntatge

**IT 3.** Manteniment i ús

**IT 4.** Inspecció

Cadascuna d'aquestes instruccions estableix els valors límits que formen part de les exigències de benestar, qualitat de l'ambient, eficiència energètica i seguretat. A més, es desenvolupen les condicions de muntatge, les proves a realitzar en cada instal·lació, les instruccions de manteniment i el règim de les inspeccions.

Alguns paràmetres que formen part de les condicions de disseny han variat o se n'han afegit en comparació a l'anterior reglament (velocitats mitjanes de l'aire, cabals mínims de ventilació diferents per locals amb fumadors o no fumadors, qualitat de l'aire pel que fa a concentració de CO<sub>2</sub> o a filtracions mínimes, etc.). Però tots els canvis que ens aporta aquest nou reglament tenen relació directa amb la millora de la qualitat de les condicions ambientals per als usuaris i també per al medi ambient.

Queda prohibida la instal·lació de:

- Calderes de tipus atmosfèric a partir de l'1 de gener del 2010.
- Calderes amb marcatge de prestació energètica segons RD 275/1995, de 24 de febrer, d'una estrella a partir de l'1 de gener de 2010.
- Calderes amb marcatge de prestació energètica segons RD 275/1995, de 24 de febrer, de dues estrelles a partir de l'1 de gener de 2012.

ELENA VILAGRAN GRAU  
Arquitecta Tècnica  
Cap d'Àrea d'Instal·lacions de CECAM



# COMPRESSIÓ DE ROQUES AMB BANDES EXTENSOMÈTRIQUES: MÒDUL DE YOUNG (E) I COEFICIENT DE POISSON (ν)

## 1. INTRODUCCIÓ. LA MECÀNICA DE ROQUES

La **mecànica de roques** és la disciplina que, dintre dels camps de la Geologia i l'Enginyeria, tracta les propietats i comportaments mecànics dels materials rocallosos i de la resposta que aquests presenten davant de les forces a les quals estan sotmesos.

Les masses rocoses estan afectades, gairebé sempre, per discontinuitats o plans de debilitat, els quals separen al **massís rocós** en diferents blocs o **matriu rocosa**. Aquestes discontinuitats són les que fan que el medi rocós presenti un caràcter discontinu i anisòtrop.

Així doncs, la finalitat de la mecànica de roques és poder conèixer i predir el comportament dels materials rocosos enfront l'acció de les forces internes i externes que són exercides sobre ells.

El coneixement de les tensions i deformacions que pot arribar a suportar el material rocós davant d'unes determinades condicions permetrà avaluar el seu comportament mecànic i enfocar els problemes presentats per les obres d'edificació i d'enginyeria. La relació entre ambdós paràmetres descriurà el comportament dels diferents tipus de roques, el qual, juntament amb les seves propietats físic-químiques i les condicions a les quals estiguin sotmeses a la natura, descriurà el comportament del massís rocós.

Les classificacions dels massissos rocosos estan basades en un o diversos dels factors que determinaran el seu comportament mecànic:

- Propietats de la matriu rocosa
- Freqüència i tipus de les discontinuitats
- Grau de meteorització
- Estat de tensions "in situ"
- Presència d'aigua

## 2. ASSAIGS DE LABORATORI A LA MatriU ROCOSA: COMPORTAMENT MECÀNIC DE LES ROQUES DURANT L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ UNIAXIAL

Per predir la resposta dels massissos rocosos enfront una determinada actuació que comporti un canvi de les condicions inicials caldrà estudiar les seves propietats i el seu comportament mitjançant les tècniques adients: reconeixements i assaigs "in situ" i de laboratori.

Els **assaigs "in situ"** permeten avaluar les característiques dels massissos rocosos en el seu estat i condicions naturals, a escales representatives de la seva totalitat.

En canvi, els **assaigs de laboratori** permeten obtenir informació respecte les propietats físic-químiques i mecàniques de la matriu rocosa, les quals definiran el seu comportament mecànic:

- Naturalesa
- Resistència al trencament (compressió, tracció, flexió, tall)
- Deformació
- Influència de la presència d'aigua

A més, es pot extrapolar el comportament matriu rocosa-discontinuïtat mitjançant assaigs de tall en roca entre dos fragments separats per una discontinuïtat.

Sovint, un dels assaigs que més informació aporta i més importància té és el de la **resistència a la compressió uniaxial**. Aquest assaig ens dóna el màxim esforç que suporta una roca sotmesa únicament a compressió vertical, sense confinament ( $\sigma_1 \neq 0; \sigma_2 = \sigma_3 = 0$ ). Es determina sobre una prova, normalment cilíndrica, a la qual s'aplica mitjançant una premsa una càrrega incremental a una velocitat aproximada de 0.75 MPa/s. Ve donada per l'expressió:

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \quad (\text{Mpa})$$



## COMPRESSIÓ DE ROQUES AMB BANDES EXTENSOMÈTRIQUES

Sent,

$\sigma_p$  resistència a la compressió uniaxial

P càrrega de trencament

A àrea de la secció transversal del testimoni de roca

Aquest paràmetre aporta informació essencial sobre les propietats mecàniques de les roques, i permet una primera classificació dels diferents tipus de roca en funció del seu valor de resistència a la compressió. La *Taula 1* ens mostra els rangs típics de resistència a la compressió uniaxial per diferents tipus de roca sana.

ROCA SANA	RESISTÈNCIA COMPRESSIÓ UNIAXIAL (MPa)	ROCA SANA	RESISTÈNCIA COMPRESSIÓ UNIAXIAL (MPa)
Andesita	100-500	Granit	100-300
Amfibolita	210-530	Grauwaca	80-220
Anhidrita	80-130	Gres	30-235
Basalt	80-350	Guix	10-40
Calcària	60-200	Limolita	35-250
Diabasa	130-365	Lutita	10-100
Diorita	120-335	Marga	70-190
Dolerita	100-350	Marbre	60-250
Dolomia	65-350	Pissarra	90-250
Esquist	20-160	Quarcita	100-500
Gabre	180-300	Sal	5-30
Gneiss	85-250		

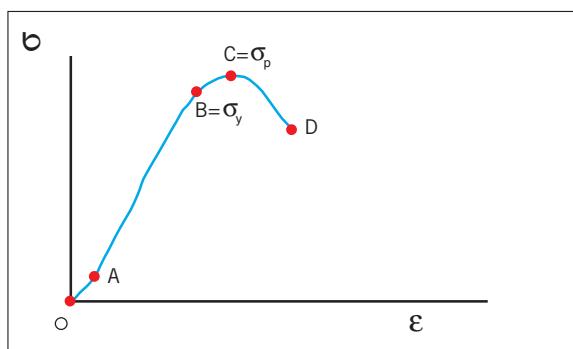
**Taula 1:** Valors de resistència a la compressió uniaxial de la matèria rocosa sana

Anant més enllà, no quedant-nos només amb el valor de resistència a la compressió i mesurant la deformació que experimenta una roca durant el procés de compressió uniaxial, s'obtenen les relacions tensió-deformació ( $\sigma - \epsilon$ ) que permeten definir el comportament de la roca:

- Abans del trencament
- En el moment del trencament
- Després del trencament

A causa del caràcter anisòtrop de la immensa majoria de roques, les gràfiques resultants dels estudis tensió-deformació presenten tendències no lineals entre les forces aplicades i les deformacions produïdes i s'obtenen diferents models de corbes  $\sigma-\epsilon$  pels diferents tipus de roques (*Figura 1*).

La corba que representa el gràfic tensió-deformació durant el trencament d'una roca pot ser dividida en diferents trams, de forma que el comportament mecànic durant l'assaig de compressió uniaxial serà la combinació dels possibles comportaments ideals elàstic-plàstic-fràgil, tal com reflecteix la *Figura 2*.



**Figura 2:** Comportaments mecànics durant la compressió d'una roca

**OA:** tancament de fissures originals

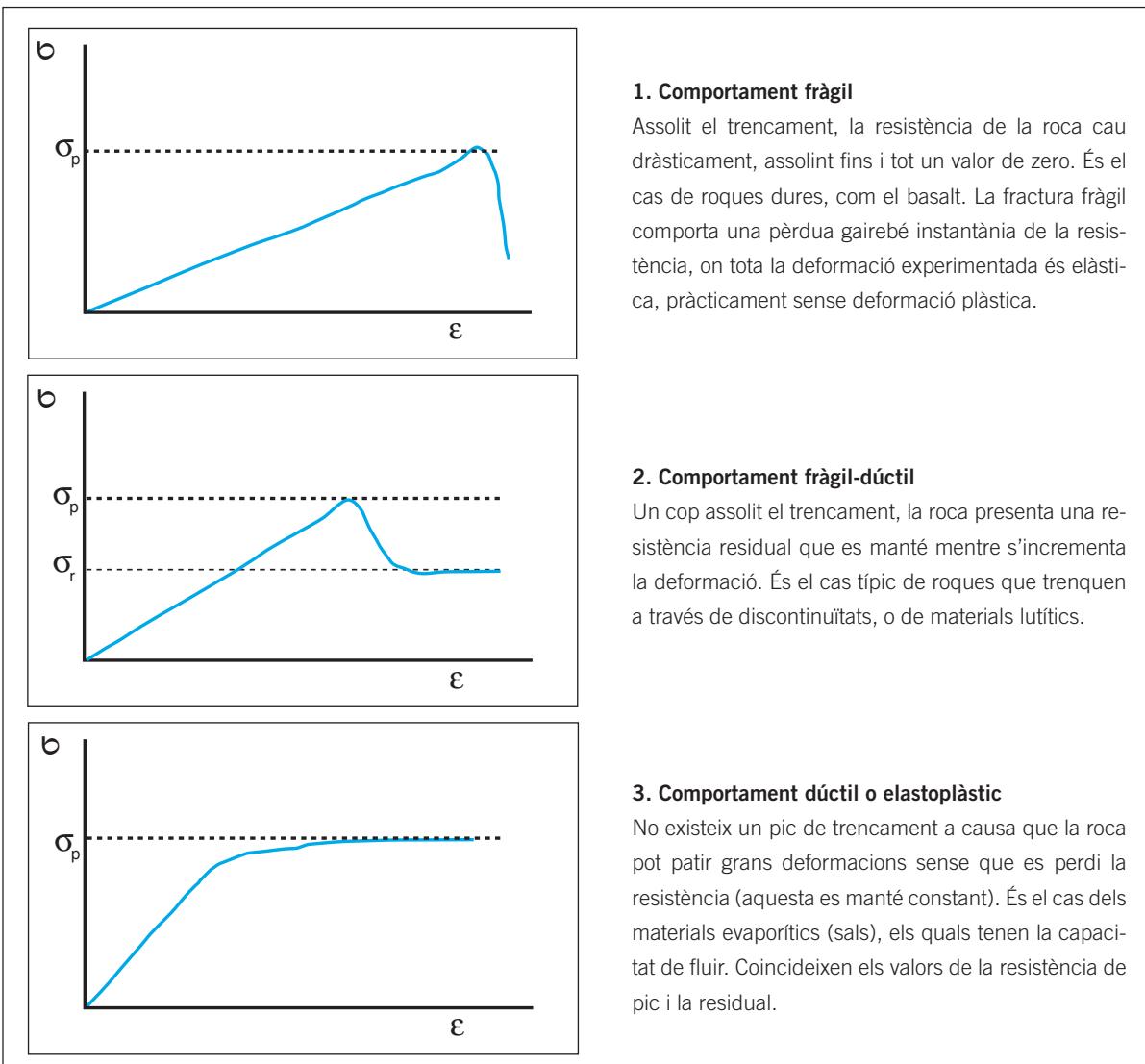
**AB:** comportament elàstic (si retirem la força aplicada, es recuperen les deformacions.)

**B:** Límit d'elasticitat ( $\sigma_y$ ). Resistència a partir de la qual comença la deformació dúctil o plàstica. A partir d'aquest punt la roca encara pot mantenir deformacions importants abans d'assolir el seu límit resistent. Un cop superat aquest punt, tot i que es retirin totalment les forces aplicades, la roca no es recupera en la seva totalitat.

**BC:** comportament plàstic o dúctil. Es comença a produir la fissuració de la roca.

**C:** comportament fràgil. S'assoleix la resistència de pic ( $\sigma_p$ ).

En roques fràgils, els valors  $\sigma_y$  i  $\sigma_p$  estan molt pròxims o coincideixen, la qual cosa no succeeix en les roques amb un comportament més plàstic. La diferència entre ambdós valors és summament important, donat que ens indica la capacitat que té la roca de continuar suportant càrregues un cop superat el seu límit elàstic, sense que s'arribi a trencar. D'altra banda, també podem estimar les deformacions irreversibles que sofreix una roca per esforços inferiors a la seva resistència de pic.



**Figura 1:** Diferents comportaments tensió-deformació en roques.  $\sigma_p$  resistència de pic     $\sigma_r$  resistència residual

### 3. DETERMINACIÓ DEL MÒDUL DE YOUNG O D'ELASTICITAT (E) I DEL COEFICIENT DE POISSON (v)

La deformabilitat és la propietat que té qualsevol material d'alterar la seva forma com a resposta a l'actuació de forces sobre ell.

Si suposem que totes les roques, en major o menor grau, es comporten de forma elàstica a l'inici d'un assaig de com-

pressió (tal com hem vist a la Figura 2), podem afirmar que la deformabilitat de les roques s'expressarà per les seves constants elàstiques:

$$\mathbf{E: mòdul d'elasticitat o de Young}$$

$$\mathbf{E = \sigma / \epsilon_{ax}}$$

$$\mathbf{V: coeficient de Poisson}$$

$$\mathbf{V = \epsilon_t / \epsilon_{ax}}$$



El mòdul de Young,  $E$ , ens defineix la relació lineal elàstica entre l'esforç aplicat i la deformació produïda en la direcció d'aplicació de l'esforç (deformació axial,  $\epsilon_{ax}$ ).

El coeficient de Poisson,  $\nu$ , ens defineix la relació entre la deformació transversal ( $\epsilon_t$ ) i l'axial ( $\epsilon_{ax}$ ).

La Figura 3 ens mostra les relacions geomètriques dels paràmetres descrits.

Així doncs, si durant un assaig de compressió enregistrem, a més a més dels valors de la resistència, les deformacions longitudinals (axials) i transversals que experimenta un testimoni de roca, podrem estar en condicions d'elaborar els càlculs pertinents per tal d'aportar els valors corresponents a les constants elàstiques de la matriu rocosa assajada,  $E$  i  $\nu$ .

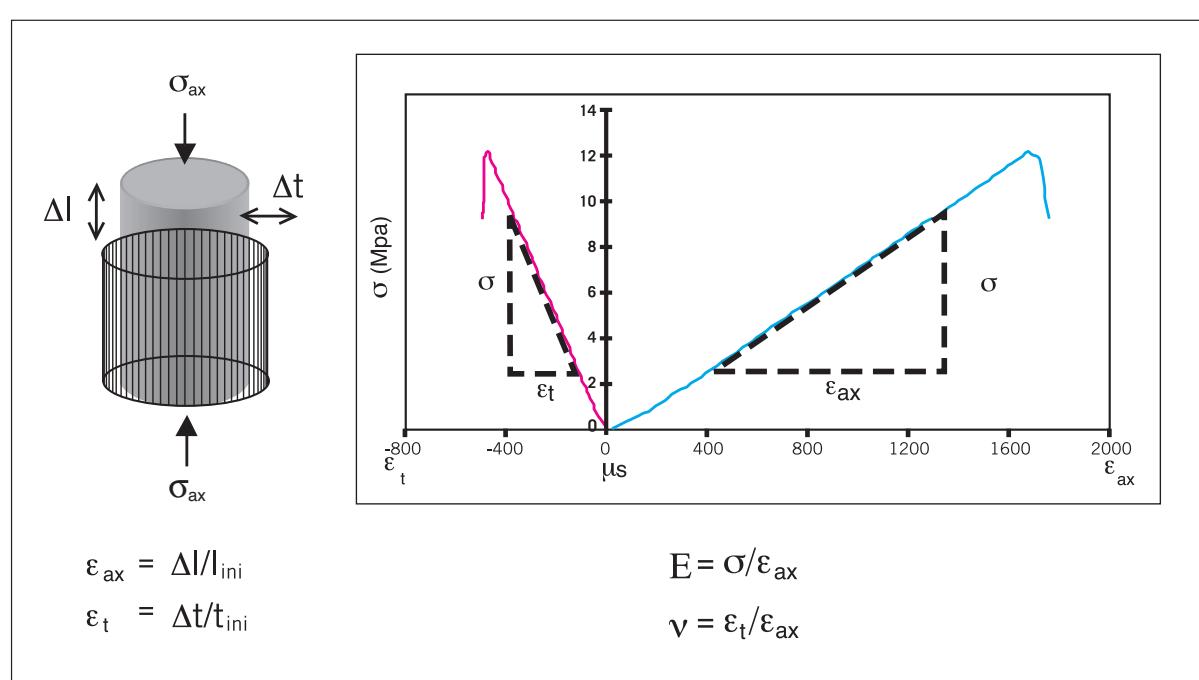
La realització de les mesures pot ser efectuada mitjançant:

- a) comparadors de deformació
- b) bandes extensomètriques

Els càlculs poden ser efectuats seguint un dels tres mètodes següents:

- 1) Prencent el pendent de la part recta de la gràfica (mètode recomanat).
- 2) Prencent el pendent de la recta que uneix l'origen amb el 50% de la resistència de pic.
- 3) Prencent el pendent de la recta que uneix l'origen amb la resistència de pic.

Un material amb un comportament isòtrop elàstic ideal, el volum del qual no varia durant l'aplicació de càrregues, presentaria un coeficient de Poisson de 0.5 (per tal de mantenir el volum, l'escurçament unitari axial que es produeix és el doble de l'eixamplament unitari transversal). A causa de l'anisotropia que presenten les roques, el valor del coeficient de Poisson serà sempre inferior a 0.5, situant-se generalment entre 0.15 i 0.40.



**Figura 3:** Relacions geomètriques i càlculs per a l'obtenció de les constants elàstiques d'una roca a partir d'un assaig a compressió uniaxial



Pel que fa al mòdul de deformació elàstic o de Young ( $E$ ), una roca dura amb comportament mecànic fràgil presentarà un valor de  $E$  superior a una roca amb comportament dúctil (per tant menor coeficient de Poisson,  $\nu$ ). La *Taula 2* mostra els valors màxims i mínims característics d' $E$  i  $\nu$  per a diferents roques.

El CECAM, Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, en el seu afany per la millora contínua dintre dels assaigs de control de qualitat de la construcció, conscients de la necessitats dels seu clients d'obtenir els resultats més acurats, ha incorporat al seu instrumental un nou equip de **bandes extensomètriques** per a la mesura de les deformacions longitudinals i transversals en testimonis de roca durant la realització d'assaigs de compressió.

El principi de funcionament és la transformació de la magnitud física a mesurar (longitud –deformació), en una altra

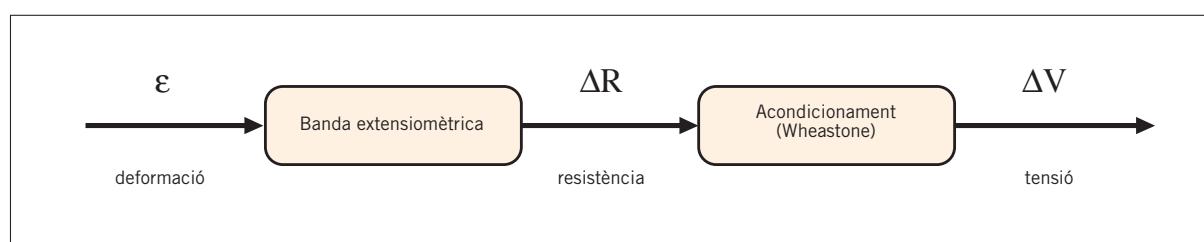
magnitud que ens permeti avaluar el seu valor: resistència elèctrica. Les bandes extensomètriques són elements de tipus resistius, que basen el seu funcionament en el canvi de resistència elèctrica que experimenta un fil conductor en variar la seva longitud. Per tant, podrem determinar la variació de longitud que experimenta una banda mesurant la variació de resistència que presenta (*Figura 4*). D'aquesta forma, existirà una relació directa entre la deformació que pateix la banda i la variació de la resistència elèctrica mesurada. Si la banda extensomètrica està perfectament adherida a un testimoni (de roca o formigó), podrem dir que la deformació que experimenta la banda és la que experimenta el testimoni.

Suposem que tenim un fil de material conductor amb una longitud inicial  $L_0$  i un diàmetre inicial  $D_0$ , i que el sotmetem a una deformació longitudinal assolint una longitud i diàmetre finals  $L$  i  $D$  respectivament. (vegeu *Figura 5*).

ROCA SANA	MÒDUL D'ELASTICITAT ó DE YOUNG, E(Kg(cm <sup>2</sup> ×10 <sup>5</sup> )	COEFICIENT DE POISSON, $\nu$
Andesita	3.0-4.0	0.23-0.32
Basalt	3.2-10.0	0.19-0.38
Calcària	1.5-9.0	0.12-0.33
Diabasa	6.9-9.6	0.28
Dolomia	0.4-5.1	0.29-0.34
Esquist	0.6-3.9	0.01-0.31
Gabre	1.0-6.5	0.12-0.2
Gneiss	1.7-8.1	0.08-0.4

ROCA SANA	MÒDUL D'ELASTICITAT ó DE YOUNG, E(Kg(cm <sup>2</sup> ×10 <sup>5</sup> )	COEFICIENT DE POISSON, $\nu$
Granit	1.7-7.7	0.1-0.4
Gres	0.3-6.1	0.1-0.4
Limolita	5.3-7.5	0.25
Lutita	0.3-2.2	0.25-0,29
Marbre	2.8-7.2	0.1-0.4
Quarcita	2.2-10.0	0.08-0.24
Sal	0.5-2.0	0.22

**Taula 2:** Valors característics d' $E$  i  $\nu$  per a diferents tipus de roques



**Figura 4:** Diagrama de blocs del principi de mesura de deformacions mitjançant bandes extensomètriques

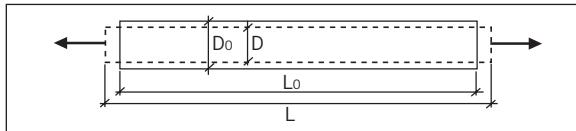


Figura 5: Deformació d'un fil conductor

Les deformacions longitudinals i transversals del fil vindran donades per les expressions següents:

Si suposem que el material mecànicament es comporta de forma elàstica (com una roca a l'inici d'estar sotmesa a una esforç compressiu), és a dir, totes les deformacions que s'apliquen es recuperen, la relació entre les deformacions longitudinals i transversals vindrà donada pel coeficient de Poisson,  $\nu$ :

$$\nu = -\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_L} = -\frac{\Delta D / D_0}{\Delta L / L_0}$$

D'altra banda, la resistència elèctrica d'un fil conductor es pot expressar com:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

on  $\rho$  és la resistivitat del material,  $L$  és la longitud del fil conductor i  $A$  és la seva àrea o secció. En el cas d'un fil de secció circular, la darrera expressió pot ser expressada en funció del diàmetre:

$$R = \frac{4}{\pi} \rho \frac{L}{D^2}$$

Per veure la variació de la resistència en funció dels paràmetres, recorrem a la diferenciació logarítmica:

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dL}{L} - 2 \frac{dD}{D}$$

a on la variació de resistivitat  $d\rho/\rho$  és deguda a la variació de volum  $dV/V$ , que es coneix com efecte piezoresistitius, i ve donada per:

$$\frac{d\rho}{\rho} = C \frac{dV}{V}$$

sent  $C$  la constant de Bridgman, propietat característica del material del fil conductor. Si expressem el volum funció de la longitud i del diàmetre del fil, queda:

$$\frac{d\rho}{\rho} = C \frac{dV}{V} = C \left( \frac{dL}{L} + 2 \frac{dD}{D} \right)$$

Per tant, la variació de la resistència resulta:

$$\frac{dR}{R} = C \left( \frac{dL}{L} + 2 \frac{dD}{D} \right) + \frac{dL}{L} - 2 \frac{dD}{D}$$

I tenint en compte que el coeficient de Poisson és la relació entre la deformació transversal i la longitudinal, ens queda:

$$\frac{dR}{R} = [(1 + 2\nu) + C(1 - 2\nu)] \frac{dL}{L} = K \frac{dL}{L}$$

on el valor  $K$ , que només depèn del material del fil, es denomina *factor de galga* i és una constant adimensional. Per tant, es pot mesurar la deformació mitjançant:

$$\varepsilon = \frac{1}{K} \frac{dR}{R}$$

és a dir, mesurant la variació de resistència podem determinar la deformació que ha experimentat la banda.

L'assaig es fa per duplicat, instal·lant a cada testimoni dues bandes en sentit longitudinal i dues en sentit transversal, en cares oposades (vegeu Foto 6).



Foto 6. Col·locació de bandes a un testimoni de basalt.

Prèviament caldrà preparar la proveta, mitjançant un polit de la seva superfície, per tal d'assegurar una bona adherència banda-testimoni. Posteriorment s'adhereixen les bandes mitjançant cianocrilat, de forma que no quedi cap bombolla d'aire entre la banda extensomètrica i el testimoni.

Per a la mesura de les deformacions, les bandes es connecten a un mòdul d'adquisició de dades, el qual transformarà les diferències de resistències mesurades en deformació. (vegeu Foto 7)



Foto 7. Equips d'adquisició de dades.

Posteriorment es representen gràficament les deformacions transversal i longitudinal respecte a la càrrega axial, i s'obtenen les corresponents deformacions unitàries axial i trans-

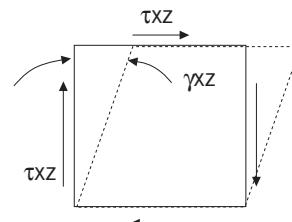
versal, la càrrega de trencament  $\sigma_p$ , el mòdul de Young, E i el coeficient de Poisson, v. Un exemple d'acta de resultats el mostra la Figura 8.

Un cop obtinguts els valors d'E i v, es poden establir les següents relacions amb d'altres paràmetres:

#### Mòdul de deformació tangencial, o de rigidesa, G:

$$G = \frac{\text{tensió}_{\tan}}{\text{deformació}_{\tan}} = \frac{\sigma_{\tan}}{\epsilon_{\tan}} = \frac{\tau_{xz}}{g_{xz}}$$

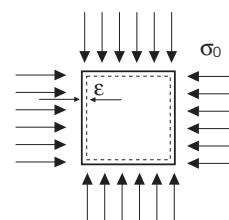
$$G = \frac{E}{2 \cdot (1+v)}$$



#### Mòdul de deformació volumètrica, B:

$$B = \frac{\text{tensió}_{\text{isotòpica}}}{\text{deformació}_{\text{isotòpica}}} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}$$

$$B = \frac{E}{3 \cdot (1-2v)}$$

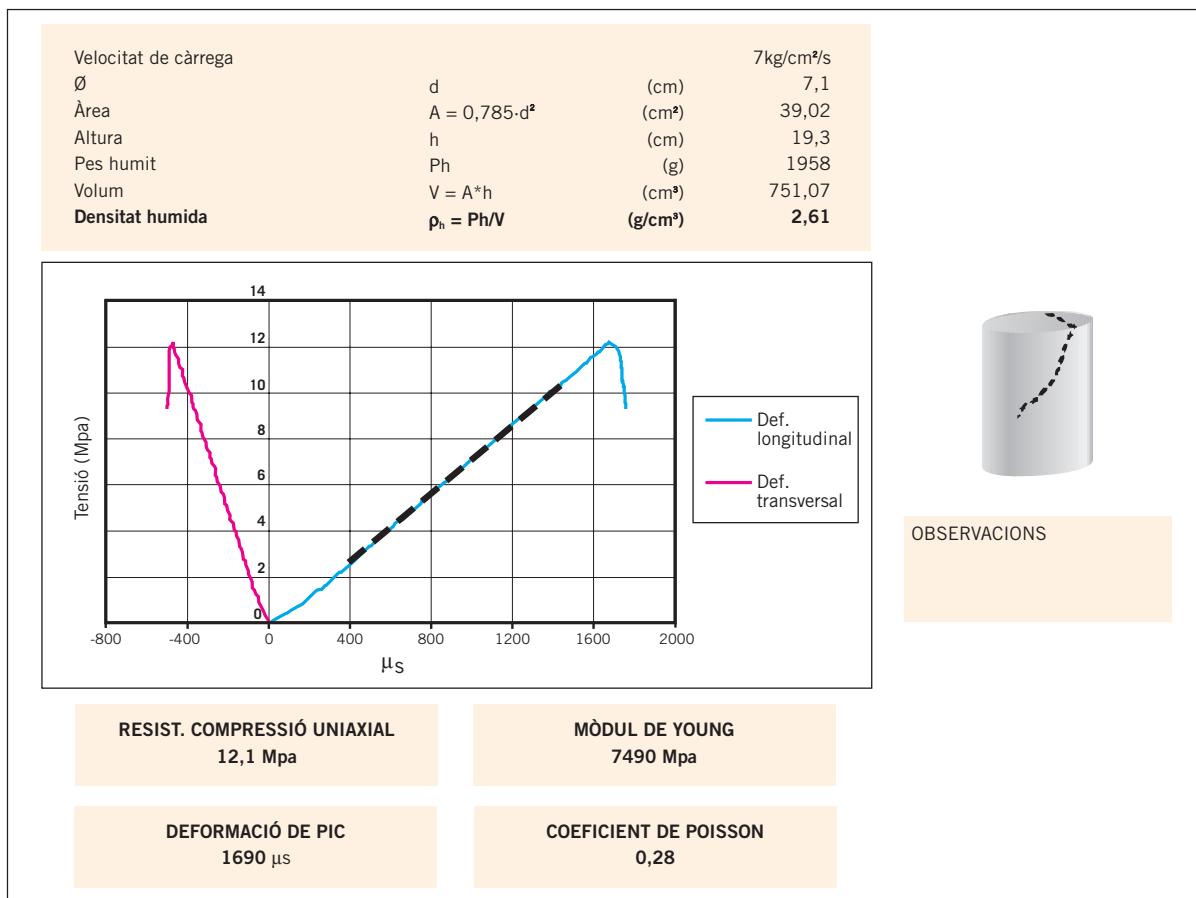


#### 4. EXEMPLE D'APLICACIÓ

Els mòduls de deformació són emprats en la formulació dels models matemàtics utilitzats per calcular les respostes dels materials enfront situacions tensionals que alteren el seu estat d'equilibri. Per exemple, el cas més pràctic seria el de càlcul d'assentaments, suposant un semiespai elàstic, isotrop i homogeni, sotmès a una càrrega aplicada a través d'una fonamentació directa. En aquest cas tindríem, segons Boussinesq, que l'assentament S val:



## COMPRESSIÓ DE ROQUES AMB BANDES EXTENSOMÈTRIQUES



**Figura 8:** Exemple d'acta de resultats d'un assaig de compressió uniaxial amb bandes extensomètriques

$$S = \frac{k \cdot q \cdot B \cdot (1 - v^2)}{E}$$

on

**k:** constant funció de la forma de la fonamentació

**q:** pressió aplicada

**B:** ample de la fonamentació

**v:** coeficient de Poisson

**E:** mòdul de Young

El mòdul de Young actua com a principal factor, donat que de la seva correcta determinació pot dependre que els assentaments surtin o no admissibles: un càlcul incorrecte d'E,

amb un valor baix, donarà un assentament teòric més alt del real, donat que és l'únic paràmetre que pren part del denominador de l'expressió.

### 5. CONCLUSIONS

L'estudi de les masses rocoses és de vital importància de cara al disseny de les noves a estructures a executar, les quals provocaran una nova situació tensional al massís. La predicció del seu comportament es basa tant en estudis in situ com al laboratori, i en qualsevol cas són essencials els estudis tensió-deformació. D'entre aquests, l'assaig de compressió uniaxial és fonamental.



Considerant que les roques, als estadis inicials d'una situació compressiva es comporten de forma elàstica, inserint un equip de mesura de deformacions (transductors o bandes extensomètriques) durant l'execució d'un assaig de compressió uniaxial, a més d'obtenir la resistència última del testimoni de roca, s'obtenen els gràfics tensió-deformació ( $\sigma - \epsilon$ ) a partir dels quals calcular directament les constants elàstiques característiques del material:

$$\mathbf{E: mòdul d'elasticitat o de Young} \quad E = \sigma / \epsilon_{ax}$$

$$\mathbf{V: coeficient de Poisson} \quad v = \epsilon_t / \epsilon_{ax}$$

i d'aquests:

**Mòdul de deformació tangencial, o de rigidesa, G:**

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1+v)}$$

**Mòdul de deformació volumètrica, B:**

$$B = \frac{E}{3 \cdot (1-2v)}$$

La determinació de les constants elàstiques dels materials de forma precisa i acurada és fonamental de cara a càlculs posteriors per part de geòlegs, enginyers, arquitectes i aparelladors ja que poden induir a prendre mesures innecessàriament conservadores si són calculades sense cura i expressen valors baixos, amb el consegüent increment en el cost final de l'obra.

Des del CECAM, a causa de la constant innovació i a la marcadament vocació a aportar solucions a les necessitats dels nostres clients, estem en condicions d'ofrir assaigs de precisió com la *Compressió Uniaxial amb Bandes Extensomètriques, segons UNE 22950-3:1990*, els resultats del qual permeten treballar amb valors reals acurats i prescindir de taules molt sovint conservadores.

LLUÍS RODRÍGUEZ ALONSO

Geòleg

Cap d'Àrea de Sòls. CECAM



# EL MARCATGE CE PER A MESCLES BITUMINOSES

La Directiva 89/106/CE sobre Productes de Construcció pateix un considerable retard d'implantació, tot i que aquesta directiva va ser transposada segons el Reial Decret 1630/1992.

Tots els estaments implicats en el sector de les mescles bituminoses hauran d'estar preparats per afrontar la implantació del marcatge CE en aquesta matèria, com a resposta al Mandat/124 de la comissió al CEN/CENELEC relatiu a la redacció de normes harmonitzades per a productes de construcció de carreteres.



Equips d'obra estenen capa de rodadura. Comsa. N-II.

La normativa entrarà en vigor l'1 de març del 2008, serà d'obligat compliment a nivell europeu, amb la finalitat d'harmonitzar els requisits tècnics dels productes i per garantir la lliure circulació als països membres de la Unió Europea.

Els fabricants de mescles bituminoses hauran d'implantar un sistema de control de qualitat intern que compleixi els requisits de les normes, i posteriorment sol·licitar a un organisme notificat l'inici del procés per a l'obtenció del marcatge CE de cadascuna de les mescles bituminoses.

### 1. LES NOVES FAMÍLIES DE MESCLES BITUMINOSES I EL MARCATGE CE

Aquesta nova normativa implica l'entrada en circulació d'una sèrie de famílies de mescles bituminoses diferents a les que fem servir al nostre país actualment, a les quals ens haurem d'adequar.

Actualment, segons PG3 (OM FOM/891/2004 de l'1 de març) tenim les lletades bituminoses, mescles bituminoses en calent, i mescles bituminoses discontínues en calent per capes de rodadura.

Amb l'entrada en circulació del marcatge CE tindrem vuit famílies de mescles segons la norma UNE-EN 13108:

- Part 1 - Formigó asfàltic
- Part 2 - Formigó asfàltic per capes molt fines
- Part 3 - Asfalt tou
- Part 4 - Mescles tancades
- Part 5 - Asfalt mesclat amb màstic bituminós i àrids
- Part 6 - Màstic bituminós
- Part 7 - Mescles drenants
- Part 8 - Asfalt reciclat

La mateixa norma inclou dues parts on s'especifiquen els assaigs a realitzar i el control que caldrà fer a fàbrica.

- Part 20 - Assaigs de tipus
- Part 21 - Control de Producció a Fàbrica

També serà d'aplicació la norma UNE-EN 12697 que consta de 43 parts, on cada part és un mètode d'assaig.

Aquest desenvolupament no afectarà només les Mescles Bituminoses en Calent (MBC), sinó també a altres productes de construcció de carreteres:

- Tractaments superficials
- Productes per segellat de juntes
- Mescles bituminoses en fred i reciclades
- Àrids, lligants bituminosos, etc.



A causa de tot això, alguns articles del Plec de Prescripcions Tècniques (PG3) es podran veure modificats de forma important.

El marcatge CE estableix uns requisits mínims essencials per a les obres civils i d'edificació, que són:

- Estabilitat i resistència mecànica
- Seguretat davant del foc
- Salut, higiene i medi ambient
- Seguretat d'ús
- Aïllament acústic
- Aïllament tèrmic i estalvi d'energia

La norma UNE-EN 13108 inclou clàusules per a l'avaluació de la conformitat, com ara el Control de Producció a Planta, la guia per al marcatge CE i l'Assaig Inicial Tipus.



El Control de Producció a Planta és un sistema de qualitat que obliga el fabricant a establir un Pla de Qualitat concret amb una periodicitat que depèn, entre d'altres factors, del número de no conformitats obtingut.

Quant a l'Assaig Inicial de Tipus, inclou un mínim d'assaigs de comprovació de la mescla, així com dels seus components.

El Sistema de Conformatit s'haurà de veure per a cada tipus de mescla. En el cas del formigó asfàltic, segons norma UNE-EN 13108-1, serà el Sistema 2+ per a mescles bituminoses per a carreteres i altres àrees de trànsit.

Pel Sistema 2+, les tasques del fabricant seran:

- Assaig Inicial de Tipus de producte
- Control de Producció a Planta
- Assaig de mostres a planta segons un pla de control

Les tasques de l'organisme notificat són:

- Inspecció inicial
- Vigilància, avaliació i autorització permanent del control de producció a fàbrica, inspeccions periòdiques

Amb això aquest organisme dóna el Certificat de Control de Producció a Planta.

El marcatge CE ha d'incloure:

- la Declaració de conformitat del fabricant
- el Certificat del Control de Producció a Planta

## 2. PANORAMA EUROPEU

Les mescles bituminoses en calent, en referència als productes per a la construcció de carreteres i altres zones pavimentades, són objecte d'estudi per part del Comitè de Normalització CEN/TC 227. S'estudien els diferents tipus de mescles sense incloure-hi els diferents materials que les componen.



## EL MARCATGE CE PER MESCLES BITUMINOSES

<b>UNE-EN 13108-1</b>	Formigó asfàltic. "Asphalt Concrete". Són les mescles bituminoses en calent tipus G,S i D, i les d'alt mòdul MAM.
<b>UNE-EN 13108-2</b>	Formigó asfàltic per a capes molt fines."Asphalt Concrete for very thin layers". Són les mescles bituminoses en calent de tipus discontinu per a capes molt fines, les F i M.
<b>UNE-EN 13108-3</b>	Asfalt tou. "Soft Asphalt"
<b>UNE-EN 13108-4</b>	Mescles tancades. "Hot Rolled Asphalt"
<b>UNE-EN 13108-5</b>	Asfalt mesclat amb màstic bituminós i àrids. "Stone Mastic Asphalt"
<b>UNE-EN 13108-6</b>	Màstic bituminós. "Mastic Asphalt"
<b>UNE-EN 13108-7</b>	Mescles drenants. "Porous Asphalt". Es designen amb les lletres PA.

**Taula 1**

La UNE-EN 13108 recull els criteris mínims a exigir als materials utilitzats i en el seu sistema de producció, és a dir, l'Assaig Inicial Tipus i el Control de Producció a Planta.

Les set primeres parts d'aquesta norma recullen les especificacions de les mescles bituminoses existents, i la part vuitena fa referència a les mescles bituminoses recuperades per mescles reciclades. Les parts vint i vint-i-u recullen els criteris mínims a exigir al sistema de producció i a les exigències escollides per a la mescla.

Només tres dels set apartats corresponen a mescles habituals al nostre país. (vegeu Taula 1).

Cada tipus de mescla està definida dins de la norma per una sèrie de requeriments generals amb propietats genèriques, que poden ser seleccionades en funció de les condicions externes i de l'aplicació. També apareixen altres requeriments com són els empírics, habituals al nostre país, o els fonamentals, també anomenats prestacionals, utilitzats a països com França.

Un aspecte important de la nova normativa és que se centra únicament en les especificacions de la mescla bituminosa com a producte. Aquesta norma no fa referència als materials que la formen, així com tampoc la posada en obra.

Un altre aspecte a tenir present és que les especificacions recullen una sèrie de propietats amb diferents nivells d'exigència, que classifiquen les mescles en diferents categories.

### 3. REQUERIMENTS DE LES MESCLES SEGONS LA UNE-EN 13108

Com ja s'ha comentat anteriorment, cada tipus de mescla està definida dins de la norma europea per una sèrie de requeriments generals. Al costat d'aquests també hi ha els requeriments empírics i els prestacionals o fonamentals.

S'ha d'escollar un dels dos sistemes:

- Mètode empíric. Requisits generals + requisits empírics
- Mètode fonamental. Requisits generals + requisits fonamentals

A continuació, es fa un llistat dels diferents requeriments de cadascuna de les mescles bituminoses de la norma europea més usuals al nostre país.

#### "Asphalt Concrete". UNE-EN 13108-1

Fa referència al primer tipus de mescla analitzat. Correspon com ja s'ha indicat al formigó asfàltic i són les mescles convencionals, que es corresponen a les mescles denses (D), semidenses (S) i grossa (G). Existeixen altres mescles com les d'alt mòdul (MAM), les drenants (PA), i les de granulometria discontinua (F i M).

Els requeriments que es defineixen per a les mescles D, S i G seran: (vegeu taules 2).



REQUERIMENTS GENERALS	
Granulometria	EN 13043
Contingut de buits	UNE EN 13108-20. D2
Sensibilitat a l'aigua	UNE EN 13108-20. D3
Resistència a l'abrasió	UNE EN 13108-20. D4
Resistència a la deformació permanent	UNE EN 13108-20. D6
Resistència al foc	EN 13501-1
Resistència als combustibles. (Aeroports)	UNE EN 13108-20. D11
Resistència als líquids antigel. (Aeroports)	UNE EN 13108-20. D12
Temperatura de la mescla.	UNE EN 12697-13

REQUERIMENTS EMPÍRICS	
Granulometria	EN 13043
Contingut de lligant	EN 1097-6. Densitat de les partícules de l'àrid
Valors Marshall. (Aeroport)	UNE EN 13108-20. D10
Buits farcits de betum	UNE EN 13108-20. D2
Buits en àrids	UNE EN 13108-20. D2
Contingut de buits després de 10 revolucions	UNE EN 13108-20. D2
Repetició d'especificacions	Comprovar combinacions que no compleixen.

REQUISITS FONAMENTALS	
Granulometria	EN 13043
Contingut de lligant	EN 1097-6. Densitat de les partícules de l'àrid
Rigidesa	UNE EN 13108-20. D8
Resistència a la deformació. Compressió triaxial	UNE EN 13108-20. D7
Resistència a la fatiga	UNE EN 13108-20. D9
Repetició d'especificacions	Comprovar combinacions que no compleixen.

## Taules 2

“Asphalt Concrete for very thin layers” PNE EN 13108-2.

És el formigó asfàltic per a capes primes. Es correspon amb les mescles bituminoses en calent de granulometria discontinua en capa de poc gruix. Tenen la denominació M i F.

Els requeriments per aquest tipus de mescles no fan distinció entre els requeriments generals, empírics o fonamentals. (vegeu taula 3).

“Porous Asphalt” PNE EN 13108-7.

Són les mescles drenants. Es designen amb les lletres PA. Dins el PG3 s'analitzen juntament amb els formigons asfàltics.

Igual que a les mescles anteriors, la norma no fa distinció entre requeriments generals, empírics o fonamentals. (vegeu taula 4).

## 4. CONSEQUÈNCIES DEL MARCATGE CE

Les especificacions donades a les mescles bituminoses fetes servir al nostre país es basen en una sèrie de propietats mecàniques, de durabilitat, superficials i relatives a la treballabilitat de la mescla. De totes aquestes, les que resulten més crítiques pel seu comportament i les que normalment classifiquen i designen aquestes mescles són les següents:



## EL MARCATGE CE PER MESCLES BITUMINOSES

REQUERIMENTS	
Granulometria	EN 13043
Contingut de buits	UNE EN 13108-20. D2
Sensibilitat a l'aigua	UNE EN 13108-20. D3
Resistència a l'abrasió	UNE EN 13108-20. D4
Resistència a la deformació permanent	UNE EN 13108-20. D6
Resistència al foc	EN 13501-1
Resistència als combustibles. (Aeroports)	UNE EN 13108-20. D11
Resistència als líquids antigel. (Aeroports)	UNE EN 13108-20. D12
Temperatura de la mescla.	UNE EN 12697-13
Contingut de lligant	EN 1097-6. Densitat de les partícules de l'àrid

Taula 3

REQUERIMENTS	
Granulometria	EN 13043
Contingut de buits	UNE EN 13108-20. D2
Sensibilitat a l'aigua	UNE EN 13108-20. D3
Resistència al foc	EN 13501-1
Resistència als combustibles. (Aeroports)	UNE EN 13108-20. D11
Resistència als líquids antigel. (Aeroports)	UNE EN 13108-20. D12
Temperatura de la mescla.	UNE EN 12697-13
Contingut de lligant	EN 1097-6. Densitat de les partícules de l'àrid
Permeabilitat	UNE EN 13108-20. D15

Taula 4

- Resistència a les deformacions plàstiques
- Resistència a l'acció de l'aigua
- Resistència a la fisuració tèrmica i a l'enveelliment

Dins de l'article 542 del Plec de Prescripcions Tècniques (PG3) corresponent a les mescles bituminoses en calent, apareixen les especificacions donades a les mescles bituminoses segons les propietats que s'acaben d'enumerar. Es destaquen els assaigs que estudien i analitzen cadascuna d'elles, especificant quins han de ser els resultats, o dins de quin interval han d'estar per obtenir un o un altre tipus de mescla.

Segons aquest article, l'anàlisi de buits i la deformació plàstica s'estudiarà segons la norma NLT-159, assaig Marshall.

Si es tracta de capes de rodadura o intermitja es farà segons la norma NLT-173, assaig de pista a laboratori. Quant a la sensibilitat a l'aigua es fa servir l'assaig d'immersió-compressió, segons la norma NLT-162.

Les especificacions per a les mescles bituminoses de granulometria discontinua apareixen en l'article 543 del Plec de Prescripcions Tècniques. D'acord amb aquest article, per a les mescles discontinues tipus F, la resistència a les deformacions plàstiques s'analitzarà segons l'assaig de pista a laboratori, norma NLT-173, i la pèrdua de resistència per l'acció de l'aigua segons l'assaig d'immersió-compressió, norma NLT-162. En canvi per a les mescles bituminoses monograngulars, les de tipus M, s'estudia la pèrdua per l'abrasió, assaig Càntabre, segons la norma NLT-352.



Assaig Marshall.

### Assaig Marshall. NLT- 159

Actualment és un assaig de referència pel disseny i la caracterització de les mescles bituminoses en calent més habituals al nostre país, i dins la normativa europea, serà una especificació per les mescles bituminoses d'ús en ferms d'aeroports.

La resistència a la deformació permanent, s'estudia a la normativa europea amb un altre assaig, no habitual al nostre país encara que sí coneugut, "l'assaig Wheel Tracking".



Assaig Wheel tracking.

El disseny de les mescles segons la nova normativa europea està marcat, com ja s'ha indicat, per una sèrie de requeriments generals, empírics i fonamentals. Aquests nous requeriments no sempre s'ajusten als que fem servir actualment al nostre país. Les mescles bituminoses no s'han de dissenyar, amb el nou marc europeu, per a un tipus de ferm, per a un clima concret o per a un trànsit específic. Són mescles amb unes especificacions tipus menú, o nivells d'exigència que classifiquen les mescles dins d'unes categories. Per tot això es pot dir que existeix una gran diferència entre la normativa europea i l'existente actualment al nostre país.

Un cop analitzades la normativa actual nostra i l'europea, que serà d'obligat compliment en breu, es pot comprovar que hi ha dos assaigs que no es podran continuar fent servir.

Aquest últim assaig està recollit a la norma UNE UNE 12697-22. Els resultats obtinguts mitjançant un i altre no seran els mateixos.



## EL MARCATGE CE PER MESCLES BITUMINOSES

### Assaig d'immersió-compressió. NLT- 162

La sensibilitat a l'aigua és una propietat crítica en el comportament de les mescles bituminoses. Amb aquest assaig s'obté un índex de pèrdua, produïda en comparar les resistències a compressió simple de dues sèries de provetes. Una sèrie mantinguda a l'aire, i l'altra sotmesa a un bany d'aigua. En canvi, la norma UNE EN 12697-12 determina la resistència a la fractura per tracció d'una proveta cilíndrica quan es aplicada una càrrega a compressió diametral. Els resultats s'expressen en % de resistència conservada.



Assaig immersió compressió.

### 5. GUIA PER AL MARCATGE CE

Dins de la comissió tècnica d'Asefma es va constituir el mes de març del 2006 el grup 3 "Marcatge CE". L'objectiu d'aquest grup és la redacció d'una Guia per a l'obtenció del

marcatge CE de les mescles bituminoses. En aquest grup participen més de vint tècnics d'empreses fabricants de mescles bituminoses, subministradors de lligants, centres d'investigació i laboratoris.

La confecció de la Guia és l'últim pas d'una sèrie d'etapes:

- Revisió de les 43 normes d'assaig UNE EN 12697 i anàlisi amb la normativa vigent. D'aquest document es derivarà d'accord amb la Direcció General de Carreteres, quins seran els assaigs d'aplicació al nostre país i els canvis respecte la situació actual. (Procediments d'assaig, equipaments, etc.)
- Un treball de correlació entre els valors actuals i els assaigs del futur.
- Proposta d'especificació de les nostres mescles bituminoses actuals basant-nos en les normes UNE EN 13108.
- Adaptació del criteri del Control de Producció a Planta. (FPC)

### 6. CONCLUSIONS

El marcatge CE és un passaport per a la lliure circulació del producte en el mercat interior de la UE, garanteix les especificacions d'un producte per a l'ús previst i significa que el producte té la conformitat amb una norma harmonitzada o un DITE. El marcatge CE és obligatori, després dels períodes d'implantació, per a qualsevol família de productes que disposi d'una especificació tècnica harmonitzada publicada oficialment.

El marcatge CE no és una marca de qualitat; només garanteix aspectes relatius als requeriments essencials de seguretat, salubritat i protecció del medi ambient amb una finalitat basada en l'avaluació dels riscos relacionats amb aquests aspectes. Obviament, el marcatge CE tampoc assegura el bon ús i manipulació, ni el disseny correcte de l'edificació i obra civil on és previst el seu ús.



Compactadora Marshall.

Les marques de qualitat del producte que són de tipus voluntari, com N d'Aenor, poden seguir sent emprades però no substitueixen el marcatge CE; en tot cas, el complementen. La Comissió imposa que aquestes marques voluntàries no tinguin elements ja coberts per la marca CE, i que es facin servir conjuntament amb el marcatge CE de forma inequívoca i en igualtat de condicions.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- ASEFMA. Associació Espanyola de Fabricants de Mescles Bituminoses.
- BARDESI, A. *Situación creada por el marcado CE de áridos*. Normativa actual. Futura norma CEN y marcado CE de mezclas bituminosas. Junio 2005.
- JORNADA TÉCNICA DE ASEFMA. *Panorámica actual de las mezclas bituminosas. Asefma, un nuevo enfoque*. Junio del 2005.
- PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN. (Directiva 89/106/CEE). Marcado CE, ¿Cómo se comprueba?. Versión 8, mayo 2007. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- NORMES HARMONITZADES, UNE-EN 13108-1, UNE-EN 13108-20, UNE-EN 13108-21, UNE-EN 12697.
- JOURNAL. Das Asphalt Magazin. Gestrata. Abril 2006. *CE-Kennzeichnung von Asphalt*, “Asphalt in Kontext der Neuen Europ. Normen
- INFORMATIONS MATERIAL ZUR ZERTIFIZIERUNG DER WERKSEIGENEN PRODUKTIONSKONTROLLE (WPK) FÜR ASPHALTMISCHGUT. (EN 13108-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). *Amt der Steiermärkischen Landesregierung*. Juny 2007.

DOMINGO LOSADA

Arquitecte Tècnic

Cap d'Àrea de Vials de CECAM



# PLANTEJAMENT GENERAL DE LA FUTURA EHE: ASPECTES RELLEVANTS I CRITERIS PER A LA SEVA ELABORACIÓ

## RESUM

La Comissió Permanent del Formigó (CPH) va aprovar el passat mes de juliol de 2007 el projecte de revisió de la “Instrucció de Formigó Estructural (EHE)” que, actualment, segueix el tràmit administratiu previ per ser aprovat pel Consell de Ministres. En aquest article, es descriuen, de forma qualitativa, les línies bàsiques que han inspirat aquest procés d'actualització de l'EHE, així com els seus aspectes més innovadors.

## INTRODUCCIÓ

La Comissió Permanent del Formigó (CPH), en la reunió del 25 de juliol del 2007, va aprovar el text final del projecte de futura “Instrucció de Formigó Estructural (EHE)”, que recull el resultat dels treballs desenvolupats en el si de la Comissió per revisar el reglament actualment vigent.

Finalitza així un llarg trajecte iniciat fa més de cinc anys, quan, al març del 2002, la Comissió va acordar l'inici dels treballs per a la revisió de la Instrucció, amb la constitució d'una sèrie de grups de treball per abordar cada una de les grans línies que es van identificar llavors com fonamentals per a l'actualització de la Instrucció EHE vigent, sota la coordinació dels autors d'aquest article.

Cal destacar, com a primera característica de la futura EHE, que és un projecte que materialitza el resultat final de l'aportació de moltes persones. En primer lloc, evidentment, dels membres de la CPH, però és just destacar que únicament d'aquests. Altres tres vectors de participació també han estat fonamentals per a la consecució del projecte en els seus termes actuals: la col·laboració amb les diverses administracions autònòmiques, l'aportació dels experts que han constituït els diversos grups de treball i els comentaris, i les observacions formulades durant la fase de difusió pública del projecte.

Així, moltes de les propostes incloses en la seva redacció, especialment en els aspectes relatius a les estratègies per a la gestió de la qualitat, obereixen a l'estreta col·laboració estableguda entre les diverses Administracions Pùbliques, representades en el si de la Comissió Tècnica per a la Qualitat de l'Edificació (CTCE), en la qual la presència de representants de les Administracions autònòmiques, així com d'alguns departaments ministerials, han permès el plantejament de respostes que volen ser eficaces en relació amb la qualitat i d'acord amb les noves exigències que demana la situació actual del sector de la construcció.

En segon lloc, cal destacar el paper desenvolupat pels experts que han format part dels grups de treball constituïts en el mateix si de la Comissió. Un nombre d'experts superior a setanta, milers d'hores, persones i més de cent reunions mantingudes, són algunes de les dades que permeten reflectir l'esforç generós de totes les persones involucrades. D'alguna manera aquestes dades quantifiquen també el tribut que comporta una tasca tan feixuga com la que s'ha emprès en aquests treballs per a la revisió d'un reglament com la Instrucció EHE.

Finalment, cal recordar que, al març del 2007, la Comissió va acordar obrir una fase de difusió pública per tal de facilitar el coneixement del seu contingut abans de ser aprovada, així com per demanar propostes i comentaris que permetessin millorar-ne la redacció. Aquesta fase es va materialitzar en un total de 1.229 observacions trameses per diferents sectors industrials, per associacions empresarials, per col·legis professionals i també per nombrosos professionals que van formular les seves propostes a títol individual. Com a conseqüència d'aquestes, es van introduir nombroses modificacions, unes sis-cents cinquanta, que van permetre una millora substancial del text.

La futura Instrucció mantindrà el caràcter integral que ha estat tradicional al llarg de la seva història. El seu àmbit d'aplicació



cació inclou totes les obres de construcció, tant les d'edificació com les d'enginyeria civil, i cobreix totes les fases de la seva vida de servei, incloent el seu projecte, l'execució i el manteniment.

Les línies bàsiques que han inspirat el procés d'actualització reglamentària han estat les següents:

- Enfocament prestacional, que s'alinea amb la tendència estableguda pel Codi Tècnic de l'Edificació.
- Incorporació del marcatge CE per a productes de construcció, com a conseqüència de l'aplicació de la Directiva 89/106/CEE, per a la lliure circulació de productes en l'àmbit comunitari.
- Adopció del format de seguretat de l'Eurocodi EN 1992-1-1 "Estructures de formigó".
- Ampliació de l'àmbit d'aplicació de la Instrucció als formigons d'alta resistència, fins a  $100 \text{ N/mm}^2$ .
- Incorporació a la Instrucció de nous formigons: formigons reciclats, formigons lleugers, formigons de fibres, formigons autocompactants i formigons no estructurals.
- Optimització de l'esforç de control, incident en les comprovacions del projecte i de l'execució.
- Adopció de criteris de contribució a la sostenibilitat.
- Introducció de criteris per a l'estimació de la vida útil de les estructures.
- Incorporació dels forjats contemplats fins ara en la Instrucció EFHE-02.
- Incorporació d'articles dedicats expressament a tractar els aspectes específics fonamentals d'elements prefabricats i de ponts.
- Adaptació general a l'estat actual del coneixement sobre estructures de formigó.
- Redacció clara i concisa, amb limitació de l'articulat a textos normatius, principis generals i a la particularització als casos més freqüents i importants.

### LA INNOVACIÓ EN LA TÈCNICA REGLAMENTÀRIA

Davant la crítica tradicional de l'efecte limitador que pot suposar la reglamentació a l'hora d'abordar solucions innovadores des del punt de vista tècnic, el projecte de la futura

Instrucció estableix, des del seu primer capítol, la seva vocació prestacional, amb l'establiment de quins requisits bàsics han de complir les estructures i la quantificació de les seves exigències, de manera que sigui possible qualsevol solució o procediment sempre que garanteixi el nivell de prestacions establert.

En aquest sentit, la majoria de l'articulat de l'esborrany de la nova Instrucció és tan sols un procediment que la CPH considera el més convenient o adequat per aconseguir el nivell esmentat, cosa que no implica que no puguin empararse altres mètodes alternatius.

D'aquesta manera, es procura la coherència reglamentària necessària amb altres reglamentacions vigents, entre les quals, pel seu caràcter encara recent i innovador, cal destacar el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), aprovat pel Reial decret 314/2006, de 17 de març, amb el qual, a més, es vol mantenir un paral·lelisme en la seva redacció que faciliti la comprensió dels requisits i les seves exigències bàsiques.

Es perfecciona també així el plantejament que ja començava a ser tradicional en el text dels articles 1r de les últimes Instruccions de formigó, en les quals s'establia que l'autor del projecte i la direcció d'obra "*poden, sota la seva responsabilitat personal i amb la justificació prèvia que no es redueixin els nivells de prestacions, empar sistemes de càlcul, disposicions constructives, etc., diferents*".

D'altra banda, s'ha considerat la figura dels nous agents creats per la Llei d'ordenació de l'edificació, entre els quals cal destacar la nova figura de les entitats de control de qualitat.

### LA RESPOSTA A NOVES DEMANDES SOCIALS

Des de la seva primera versió, apareguda el 1968, la Instrucció de formigó ha constituït una referència tècnica indisputable, fins i tot en el context internacional.

El mètode del moment límit (1968), el plantejament estadístic d'un control de qualitat per al formigó (1973), l'aplicació del mètode de bieles i tirants per a regions amb discontinuitat o



## PLANTEJAMENT GENERAL DE LA FUTURA EHE

la introducció de criteris de durabilitat (1998) poden ser bons exemples de com les diferents Instruccions han anat incorporant els coneixements tècnics consolidats en cada moment.

Actualment, i seguint amb la vocació històrica de situar-se al capdavant de la tecnologia, la Comissió Permanent ha considerat necessari incorporar altres enfocaments, probablement innovadors per al plantejament tradicional del projecte i l'execució de les estructures de formigó, però que atenen a noves demandes de la societat: les que requereixen un plantejament sostenible de les nostres obres, capaç de compatibilitzar el desenvolupament econòmic consubstancial amb l'activitat constructora, amb altres aspectes, com la consideració de factors socials i la minimització dels impactes mediambientals.

### LA CONVERGÈNCIA AMB EL MARC EUROPEU

La pròxima EHE serà la primera Instrucció de formigó que s'aprovi amb la Directiva 89/106/CEE de productes de construcció en fase d'aplicació plena, amb una gran quantitat de productes que ja disposen del marcatge CE o, si no, que estan a punt d'obtenir-lo. Aquesta circumstància té una important influència també en el text de l'esborrany de la futura Instrucció, en què d'acord amb els compromisos d'Espanya com a Estat membre de la Unió Europea i de conformitat amb els plantejaments de la mateixa Comissió Europea, es considera que la possessió de l'esmentat marcatge CE és suficient per comprovar la conformitat del producte que el posseeixi, sempre que la seva documentació permeti comprovar que les categories o els valors garantits pel marcatge CE són conformes, segons cada cas, amb les especificacions estableties per la mateixa Instrucció.

D'altra banda, el programa d'Eurocodis ha experimentat un avanç substancial durant els darrers anys. En particular, des del desembre del 2004 es disposa de la norma EN 1992-1-1 "Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings", que constitueix una referència bàsica per als treballs de revisió que s'han abordat i que han estat enfocats en tot moment cap a la convergència tècnica amb el programa d'Eurocodis.

Entre els aspectes més significatius relacionats amb aquesta convergència, cal destacar la modificació del format de seguretat de la Instrucció EHE vigent; en aquest sentit s'ha proposat l'adopció en el futur de coeficients de ponderació d'accions amb valors únics, a semblança del plantejament efectuat pels Eurocodis i que permeti, no obstant això, la reducció en alguns casos dels coeficients parciais de ponderació dels materials condicionada al fet que es presentin una sèrie de condicions de garantia de qualitat que permeti emprar-los sense que minvin els nivells de seguretat establerts. Així doncs, cal destacar la possibilitat d'optimitzar l'ús de recursos en aquests casos, amb l'avantatge consegüent des del punt de vista econòmic i mediambiental, de manera que la qualitat es constitueix per dret propi com a eina bàsica per contribuir a la sostenibilitat.

### NOUS PRODUCTES I NOUS PROCESSOS

La Instrucció EHE actualment vigent va plantejar el 1998 la incorporació dels formigons d'alta resistència (HAR) a l'àmbit reglamentari, si bé es va formular amb caràcter de recomanacions, per tal de fomentar l'avanç tecnològic i animar a fer-la servir per part dels tècnics.

Transcorreguda pràcticament una dècada des de llavors, els HAR s'han incorporat amb normalitat a moltes de les obres que es construeixen a Espanya, i s'han avançat en el coneixement de les seves propietats mecàniques, especialment en aquells aspectes que condicionen el seu comportament diferit en el temps. S'ha considerat convenient, per tant, incorporar aquests formigons a l'articulat de la Instrucció. Per això, se n'ha ampliat l'àmbit d'aplicació per als formigons amb resistències característiques específiques de fins a 100 N/mm<sup>2</sup>. (Foto 1)

D'altra banda, l'experiència positiva que s'ha tingut amb els HAR aconsella seguir el mateix procediment en la futura Instrucció amb altres tipus de formigó que es podrien considerar innovadors, tant perquè són resultat dels avanços tecnològics dels darrers anys, com pot ser el cas dels formigons autocompactants, com perquè, en ser tècniques conegudes



**Foto 1.** Pont arc de Los Tilos (La Palma, Canàries), executat amb formigó d'altres prestacions.

amb anterioritat, no s'havien integrat fins al moment en l'àmbit de la Instrucció, com pot ser el cas dels formigons amb àrids lleugers o els formigons amb fibres. (Foto 2)

Mereixen una menció especial els formigons reciclats, per als quals el projecte de futura Instrucció estableix els criteris per a la seva utilització, mitjançant la incorporació d'àrid gruixut procedent de demolicions de formigó en proporcions que poden ser de fins a un 20% en el cas de formigons estructurals, però que es poden incrementar fins a un 100% en el cas de formigons no estructurals (formigons de neteja, reblliment de rases, etc.). (Foto 3)

Però les novetats d'aquest projecte d'Instrucció no es refereixen només als formigons, sinó que també s'ha considerat per primera vegada la casuística derivada de l'aparició en el mercat de nous sistemes de subministrament de l'acer corrugat en forma de rotlle que, pels seus avantatges logístics i d'optimització de despuntaments, estan cridats a exercir un paper fonamental en el futur per a l'elaboració de les armadures per a formigó armat. (Foto 4)

D'altra banda, després de la inclusió dels acers corrugats amb característiques especials de ductilitat B400SD, en un dels annexos de l'EHE vigent, el Projecte de futura EHE preveu aquest tipus d'acers amb carta total de naturalesa en l'articulat corresponent a materials, i planteja l'exigència de la seva utilització en el cas d'estructures sotmeses a sisme o quan l'autor del projecte requereixi per als seus càlculs unes deformacions superiors a les convencionals.

D'altra banda, l'aplicació de la Instrucció EHE vigent no permet la utilització de determinats tipus d'àrid que, tot i ser freqüents en algunes zones d'Espanya com és el cas de les ubicades en l'"arc mediterrani", podrien ser utilitzats en determinades circumstàncies per a formigons convencionals, d'acord amb alguns estudis portats a terme recentment, com és el cas dels treballs desenvolupats per AIDICO per a la Generalitat Valenciana. Per això, l'esborrany d'Instrucció EHE preveu la possibilitat d'utilitzar àrids amb continguts de fins superiors als admesos actualment, sempre que es compleixi una limitació global per a la totalitat dels fins aportats pels diversos components del formigó (àrids, ciment o aigua reci-



## PLANTEJAMENT GENERAL DE LA FUTURA EHE



Foto 2. Execució d'una llosa amb formigó autocompactant.

clada a les centrals). En la mateixa línia, es permet la utilització d'àrids amb coeficients de Los Angeles superiors a 40, sempre que es compleixin determinades condicions pres-

tacionals del formigó fabricats amb aquest, la qual cosa vol donar resposta així mateix a la problemàtica plantejada en altres zones com són, en aquest cas, Galícia i les Canàries.

Però no solament els productes innovadors són objecte preferent d'aquesta revisió. La futura Instrucció està orientada de forma concloent cap aquells productes que arriben realment a l'obra, amb l'establiment també de mecanismes perquè, a la resta dels casos, es traslladi a la Direcció Facultativa la traçabilitat dels productes emprats. En aquest sentit, els processos com la prefabricació i la ferralla prenen una atenció especial per part de la Instrucció que, de forma paral·lela al tractament que ha estat tradicional per a la fabricació del formigó, incorpora especificacions que han de complir els processos esmentats. Així, s'estableixen els criteris que cal seguir, per exemple, en cada un dels possibles processos desenvolupats a les instal·lacions de ferralla per



Foto 3. Utilització de formigons estructurals amb àrids reciclats a la passarel·la de Marina Seca, Fòrum 2004, Barcelona.



a l'elaboració de les armadures passives, com són l'adreçat, el tall, el doblegament o la soldadura.

Una tipologia estructural que queda incorporada explícitament és la consistent en forjats unidireccionals construïts *in situ*, amb armadures bàsiques en gelosia. Aquest tipus estructural estava previst en la Instrucció EFHE, però constituït per un element prefabricat (l'armadura bàsica en gelosia més una sabata inferior de formigó), sobre el qual es disposava un mallat superior i s'abocava el formigó *in situ*. L'obligatorietat de col·locar un encofrat de fons, per raons de seguretat laboral, fa pràcticament innecessària l'existència de la sabata de formigó, i en l'actualitat aquest forjat s'executa totalment *in situ*, malgrat no satisfer alguns dels requisits que exigeix l'actual Instrucció EHE, perquè no va ser redactada preveient aquest tipus estructural. (Foto 5)

Cal destacar també l'atenció especial per a la incorporació del procés de prefabricació al text de la futura EHE. En aquest sentit, s'incorpora la Instrucció actual de forjats de manera que les especificacions de la Instrucció en permetin l'aplicació a les tipologies de forjats incloses anteriorment en l'àmbit de l'EFHE-02. D'altra banda, s'han tingut en compte les peculiaritats específiques del mateix procés de prefabricació, amb la inclusió de les disposicions específiques per al cas d'unions o disposicions constructives particulars de prefabricació.

Finalment, s'incorpora un article dedicat a taulers de ponts de formigó, amb l'objectiu d'incidir en els aspectes més importants del seu projecte, com poden ser les zones de discontinuïtat (suports de mitja mossa, zones d'ancoratges, juntes, etc.).

#### **UNA APROXIMACIÓ A L'ESTAT DEL CONEIXEMENT EN CÀLCUL I PROJECTE.**

Una de les raons fonamentals per a la revisió d'una normativa, i especialment quan es tracta d'una Instrucció que va més enllà d'unes recomanacions, és l'actualització de formulacions i mètodes de càlcul, projecte, execució, control, avaluació o manteniment, d'acord amb l'estat actual del



**Foto 4.** Armadures passives subministrades en rotlle.

coneixement. No es tracta d'introduir els últims avenços recentment desenvolupats o publicats, sinó de recollir aquells que, a més, estan avalats per un sòlid bagatge teòric, per un contrast experimental o sancionats per la pràctica.

En aquest sentit, la futura Instrucció EHE pot no semblar tan "trencadora" com ho va ser la seva antecessora, però no obstant això són molts els aspectes de caràcter tècnic que han estat millorats, tant conceptualment com en els aspectes d'aplicació pràctica. S'han cobert, en aquesta revisió, nombroses llacunes o aspectes no prou ben resolts que, inevitablement, sempre hi ha en un text tan ampli i complex, respondent així a les reivindicacions dels tècnics que l'han d'aplicar dia a dia.

Seria impossible explicitar en aquest espai limitat tots els canvis, millores i innovacions que han estat introduïts. Ens limitarem per això a esmentar-ne uns quants, per la seva importància, a banda dels que ja s'esmenten en altres apartats d'aquest text.

Aquests són:

- L'extensió del camp d'aplicació als formigons d'alta resistència ha obligat a preure els efectes estructurals a què poden donar lloc les diferències de comportament



## PLANTEJAMENT GENERAL DE LA FUTURA EHE



**Foto 5.** Forjat unidireccional amb armadura bàsica en gelosia, construit *in situ*.

entre aquests formigons i els formigons convencionals. Així, s'han reformulat les expressions que relacionen les diverses característiques del formigó ( $f_c$ ,  $E_c$ ,  $f_{ct}$ , fluència, retracció...), s'han adaptat expressions per a la resistència a tallant, tenint en compte que la fractura de l'HAR és més neta i mobilitza menys fricció entre cares de fissures, s'han desenvolupat nous mètodes de càlcul de fletxes difrides, s'han adaptat els diagrames de càlcul en ruptura i els dominis de deformació, s'ha modificat el diagrama tensió-deformació que cal utilitzar per al càlcul no lineal i s'han reformulat les expressions de les quanties mecàniques mínimes en funció de la resistència a tracció, de qui en realitat depenen, que evoluciona menys que proporcionalment amb la resistència a compressió.

- La inclusió dels forjats unidireccionals ha obligat a revisar a fons el càlcul a tallant, i a estructurar-lo de manera que sigui vàlid per a forjats i altres elements (eliminant així la incoherència existent entre l'EFHE i l'EHE). El tractament plantejat és, doncs, general per a peces simples i compostes, prefabricades o construïdes *in situ*, armades i/o pretesades, amb zones fissurades o no per flexió, de formigons convencionals o d'alta resistència. S'ha tractat de resoldre el problema del tallant en peces sense armadura transversal, amb baixes quanties d'armadura longitudinal, proporcionant un valor de  $V_{u2}$  mínim, s'han millorat alguns

aspectes, com ara la influència de l'axil en la resistència a tallant  $V_{u1}$ , la influència de la quantia longitudinal quan hi ha pretesat  $p=(As+Ap)/bd$ , el valor a adoptar del braç mecànic quan hi ha esforç axial o en seccions circulars, la separació d'armadures en sentit longitudinal o transversal, i s'ha obert un camí de gran interès per a la consideració del disseny integrat de seccions sota sol·licitacions combinades, tenint en compte la influència de la presència d'altres esforços, com flexió, torsor i axial en la capacitat resistent a tallant-tracció  $V_{u2}$ , a través de l'angle d'inclinació de les bieles, en la línia del que ja va iniciar la normativa canadenca.

- La utilització d'acers d'alta ductilitat permet considerar majors redistribucions d'esforços en estructures hiperestàtiques, la qual cosa es té en compte expressant el grau de redistribució com una funció lineal de la profunditat de la fibra neutra en ruptura,  $x/d$ , a la secció crítica. Complementant aquest plantejament, es proposa en l'Annex 7 "Càlcul simplificat de seccions en estat límit últim d'esgotament sota tensions normals", una metodologia molt senzilla per dimensionar l'armadura de seccions rectangulars per resistir una sol·licitació de flexocompressió amb un nivell de ductilitat mínim (és a dir un valor d' $x/d$  prefixat).

- L'efecte del confinament del formigó, essencial per al disseny sísmic o per avaluar la resistència de suports o bieles de compressió helicoïdals es tracta de manera conforme amb les formulacions de l'Eurocodi sismoresistent, que té en compte no només la quantia volumètrica d'armadura transversal, sinó també la seva eficàcia (forma dels estreps), la seva separació longitudinal i fins i tot el tipus de formigó.

- L'annex 10 "Requisits especials recomanats per a estructures sotmeses a accions sísmiques", amplia i millora l'existent, i introduceix alguns conceptes bàsics sobre disseny sismoresistent. Així mateix planteja els principis fonamentals del disseny per capacitat (l'adoptat als països més avançats en aquest tema) i proposa disposicions d'armat per a elements usuals en zones sísmiques no previstos en la instrucció actual, com les pantalles acoblades i altres.



- S'han modificat algunes fórmules corresponents a comprovacions en estats límit últims (torsió, punxonament, rasant en junes entre formigons...) i estats límit de servei (fissuració i deformabilitat), per tal de tractar de resoldre dificultats històriques d'interpretació o d'aplicació. En l'ELU de vinclament, s'ha modificat l'expressió de l'esveltesa límit inferior, que era un valor constant ( $\lambda=35$ ), per introduir una expressió molt més rigorosa, però fàcil d'aplicar, que considera la presència d'esforç axial, quantia d'armadures o sol·licitacions de flexió del suport. D'aquesta manera, una gran part dels suports actualment considerats "esvelts", no ho seran, i se'n simplificarà el càlcul.

- Cal esmentar els canvis realitzats en les quanties mínimes, tant mecàniques com geomètriques. Les primeres es plantejen formulant-les en funció de la resistència mitjana a tracció del formigó, perquè responen a la capacitat mínima que ha de tenir l'armadura per resistir la tracció alliberada pel formigó en fissurar, la qual depèn, obviament, de la resistència a tracció. Quant a les quanties mínimes geomètriques, s'ha complementat la taula 42.3.5, amb la introducció de les armadures mínimes en sabates i lloses de fonamentació i amb la limitació de les armadures horitzontals en murs, que no augmenten a partir d'un ample d'aquests de 50 cm, ja que es tracta de resoldre uns problemes de tensions de contorn, que no són proporcionals a l'amplada del mur. Igualment es proposa una distribució més racional de les armadures horitzontals en alçada.

- Finalment, és important esmentar que el tractament de la seguretat adoptat, en coherència amb l'Eurocodi 2, manté, i fins i tot incrementa, el nivell de seguretat, i redueix el cost global de l'estructura. Això pot no semblar així, en una anàlisi superficial, perquè:

- es redueixen els coeficients de seguretat de les accions ( $\gamma_{fg}=1,35$  en lloc d'1,50 i  $\gamma_{fg}=1,5$  en lloc d'1,60 per a accions desfavorables permanentes i variables, respectivament) independentment del nivell de control de l'execució,
- es poden reduir els coeficients de minoració de resistències (fins a 1,10 en l'acer y 1,35 en formigó, si es satisfan

una sèrie de requisits relatius a la producció, la manipulació i la posada en obra d'aquests materials i a l'existència de distintius de qualitat), i

- s'elimina el factor de cansament del formigó (encara que el projectista pot adoptar un valor entre 0,85 i 1,0)

No obstant això, se sap que la seguretat no solament depèn dels coeficients parcials, sinó també, i possiblement en més gran mesura, del grau de rigor i adequació amb què es realitza tot el procés estructural (projecte, materials, execució, control, operació i manteniment). En aquest sentit, impulsar el control de projecte i de l'execució, la inspecció i el manteniment, garantint la durabilitat al llarg de la vida útil, són aspectes que redueixen enormement la dispersió de les variables aleatòries que afecten les sol·licitacions i la resposta i, per tant, el grau d'incertesa. La futura Instrucció apostarà per un millor projecte i execució, basant-se en un control més eficaç i en l'existència de distintius de qualitat per reduir la dispersió. El resultat esperable és millorar la qualitat, reduir la probabilitat d'error i, per tant, augmentar la seguretat, amb un esforç econòmic menor però més ben orientat.

### L'EFFECTE DE LA INSTRUCCIÓ COM A TRACTOR DE PROJECTES I+D+I

L'experiència de l'elaboració de les darreres versions de la Instrucció de formigó, sota qualsevol de les seves acceptacions (EH, EP o EHE), posa de manifest que els treballs d'elaboració reglamentària acostumen a desencadenar la realització de projectes i estudis de recerca que, des d'iniciatives públiques o privades, permeten posar a disposició de l'activitat reglamentària nous avenços en el coneixement. L'elaboració del projecte de futura EHE ha estat un notable exemple d'aquest efecte, i són molt nombrosos els treballs que s'han posat en marxa animats per la circumstància dels treballs de revisió reglamentària.

Entre tots aquests, cal destacar per la seva singularitat i importància l'estudi desenvolupat per a l'anàlisi de la possibilitat de la utilització de la proveta cúbica per al control del formigó. Aquest estudi va ser elaborat com a resultat de la cooperació amb les Administracions autonòmiques, en

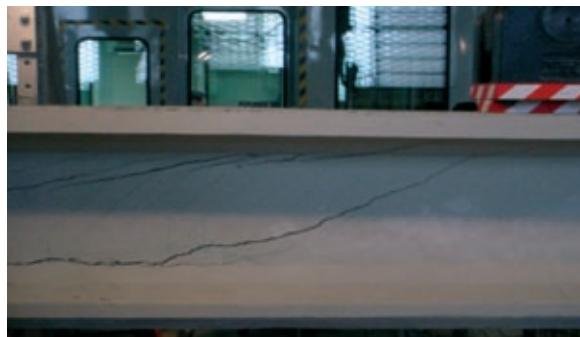


## PLANTEJAMENT GENERAL DE LA FUTURA EHE

l'àmbit de la que abans s'anomenava Comissió Tècnica per a la Qualitat de l'Edificació (CTCE). Han participat en els treballs laboratoris de control de tretze comunitats autònombes, coordinades per les seves respectives Administracions, de conformitat amb una pauta de procediment consensuada prèviament, cosa que representa probablement el principal estudi mai realitzat a Espanya en l'àmbit del formigó.

Altres exemples notables d'investigacions relacionades amb l'elaboració de la Instrucció, poden ser els següents:

(Foto 6)



**Foto 6.** Assaig de resistència a tallant de bigues pretensades de formigó d'alta resistència autocompactant.

- Estudi per a la utilització de formigons reciclats (CEDEX, Universitat Politècnica de Madrid, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat de La Corunya, Universitat de Cantàbria, LOEMCO).
- Estudi sobre la influència dels fils en els àrids calcaris de la Comunitat Valenciana (AIDICO, Generalitat Valenciana).
- Estudi sobre les propietats mecàniques del formigó autocompactant (IECA, Universitat Politècnica de Madrid).
- Estudi teòric i experimental de les deformacions diferides i de la resistència a esforç tallant d'elements estructurals armats i pretesats de formigó autocompactant (Universitat Politècnica de Catalunya)
- Criteris de projecte de formigons d'alta resistència (Universitat Politècnica de Catalunya, ACHE)
- Estudi sobre el tallant en forjats amb gelosia bàsica executats *in situ* (Universitat Politècnica de Catalunya, CELSA).

- Estudi per a la caracterització de l'acer subministrat en rotlle (Ministeri de Foment, AIDICO, CEDEX, ANIFER, UPC).
- Estudi sobre les condicions de durabilitat de formigons emprats en prefabricació (ANDECE, Institut Eduardo Torroja de Ciències de la Construcció, INTEMAC).
- Desenvolupament d'aplicacions específiques de software per a l'avaluació dels nous criteris de contribució de l'estructura a la sostenibilitat (LABEIN, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Estudi per al desenvolupament de nous criteris d'acceptació en el formigó (IECA, Universitat Politècnica de Cartagena)
- Adaptació de l'assaig de doble punxonament per a formigons reforçats amb fibres metàl·liques (Assaig Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya)

### LES NOVES TECNOLOGIES EN LA FUTURA INSTRUCCIÓ

El projecte preveu la incorporació de les noves tecnologies a la pràctica habitual de les activitats relacionades amb el projecte, l'execució i el control de les estructures de formigó. Per a això, habilita la possibilitat d'utilitzar documentació en format electrònic i procediments de signatura electrònica, fomentant l'accés a informacions per Internet i recomanant la utilització de formats d'intercanvi de dades, com els desenvolupats per la Generalitat Valenciana i AIDICO en el projecte FIDE per a l'àmbit de l'edificació.

### LA NECESSITAT D'OPTIMITZAR L'ESFORÇ DE CONTROL

Les dades disponibles fins al moment a Espanya sobre els orígens de les patologies que apareixen a les estructures de formigó són molt escasses. La recerca més coneguda en aquest aspecte sobre l'origen de les patologies a Espanya en l'àmbit de les estructures de formigó va ser elaborada fa ja temps per l'Associació Científicotècnica del Formigó Estructural i revelava que, mentre que el 48% d'aquests té origen en el projecte o el 28% el té en la fase d'execució, només el 14% procedeix dels materials. És molt probable que aquestes xifres s'hagin pogut modificar d'alguna manera, però



quasi amb tota seguretat, el menor percentatge continuará sent atribuïble a origens en els materials de construcció.

D'altra banda, el control s'ha centrat tradicionalment en els materials, amb especial èmfasi en els assajos de proveetes de formigó.

Algunes dades disponibles actualment posen de manifest que, per exemple, a la Comunitat Valenciana, es van fabricar més d'1.000.000 de proveetes durant l'any 2006. L'extrapolació de les dites xifres a tot el territori espanyol faria un total entorn dels sis milions i mig de proveetes de formigó a l'any. L'assaig d'aquestes proveetes comporta el consum de més de 900 tones de sofre a l'any, amb una generació de residus contaminats amb aquest element de vuitanta mil tones aproximadament, procedents de les restes de les proveetes.

Les xifres anteriors, clarament desorbitades, posen en relleu la necessitat optimitzar l'“esforç” de control, reenfocant-lo cap als aspectes que puguin ser més rellevants per evitar futures patologies durant la vida de servei. Però això s'han d'efectuar i mantenir, com no pot ser d'una altra manera, les condicions de seguretat per a l'usuari de les estructures. Per a això, els distintius de qualitat s'han consolidat en els darrers anys com una eina que permet desenvolupar una estratègia prou garant de la consecució d'aquests objectius. D'altra banda, des de diversos àmbits s'ha posat un èmfasi important en la necessitat de reenfocar el control de manera que les responsabilitats que comporta per a la Direcció Facultativa es refereixin exclusivament als productes que realment es reben a l'obra i no a altres materials o productes components que hi ha en instal·lacions industrials alienes a aquesta (centrals de formigó preparat, tallers de ferralla externs o instal·lacions de prefabricació fora de l'obra, etc.). És per això que, evidentment sense oblidar la resta dels productes, el projecte de la nova Instrucció s'enfoca bàsicament cap al control del formigó, les armadures passives i els elements prefabricats, entenent que són només aquests els que arriben normalment a una obra de característiques convencionals. I això sense oblidar la necessitat de garantir davant la Direcció Facultativa la traçabilitat dels diferents productes emprats.

### **ELS DISTINTIUS DE QUALITAT COM A EINA DE VALOR AFEGIT I GARANTIA PER A L'USUARI**

La Instrucció de formigó estructural (EHE) actualment vigent ha consolidat des de l'any 1998 la figura dels distintius de qualitat per a diferents productes inclosos en el seu àmbit.

A més, partint de la seva consideració com a iniciatives empresarials per dotar-se d'esquemes voluntaris de garantia de qualitat certificats per una tercera part independent, sorgeix paral·lelament la necessitat de discriminació entre els distintius de qualitat que realment aporten un valor afegit per a l'usuari respecte d'aquells que són meres operacions comercials. Per a això, a l'efecte de la futura Instrucció, es manté la figura del reconeixement oficial per part de les Administracions Pùbliques amb competències en l'àmbit de la construcció.

En aquesta línia, la futura Instrucció preveu una sèrie de consideracions especials per a aquells productes que estiguin en possessió d'un distintiu de qualitat. Entre aquestes consideracions, cal destacar que, en alguns casos, permet:

- L'eliminació d'assajos en recepció, com en el cas de les armadures elaborades.
- L'aplicació de criteris d'identificació, com en el cas del formigó.
- L'aplicació de coeficients de ponderació reduïts per als materials, com en el cas de l'acer o en el del formigó emprat en elements prefabricats.
- L'aplicació de majors tensions de tesat.
- L'aplicació de longituds menors de transferència del pretesat.

D'altra banda, l'experiència acumulada durant el període de vigència de l'actual Instrucció, ha aconsellat l'establiment d'uns criteris mínims per al reconeixement oficial dels distintius de qualitat, de manera que pugui dotar-se el sistema d'absoluta transparència i garantia per als usuaris. En aquesta línia, la futura Instrucció inclou un Annex en què s'estableixen les exigències mínimes que qualsevol Administració competent ha de preveure per efectuar l'esmentat reconeixement.



Assaig de treballabilitat per a formigó autocompactant.

### LA CONTRIBUCIÓ A LA SOSTENIBILITAT DE LES ESTRUCTURES DE FORMIGÓ

Durant els darrers anys, els diferents agents socials han manifestat una creixent sensibilitat pels aspectes relacionats amb la protecció del medi ambient i la consecució d'un desenvolupament sostenible.

En aquest aspecte, lluny de considerar la construcció com una activitat innòcua, l'opinió pública tendeix a percebre-la com un dels principals factors que col·laboren a l'afecció al medi natural.

En el context anterior, cal fer alguna reflexió sobre la possible contribució a la sostenibilitat de les activitats de projecte i l'execució d'estructures de formigó. En aquest sentit, només es pot recollir el repte que planteja la societat, liderant un procés de mentalització dels agents involucrats i establint criteris i metodologies que contribueixin eficaçment a aconseguir estructures que col·laborin millor amb la sostenibilitat. Per tant, és necessari centrar l'activitat de projecte i construcció de les estructures en un nou marc que consideri de forma integral els aspectes econòmics, socials i mediambientals.

La dimensió econòmica de l'activitat lligada a les estructures de formigó es pot valorar a partir de la dada següent: durant



l'any 2005 la facturació dels sectors industrials relacionats només amb els materials i productes inclosos en la Instrucció EHE ascendeix a uns 16.400 milions d'euros, la qual cosa suposa al voltant del 2% del PIB. La contribució dels sectors del ciment, del formigó preparat i el siderúrgic a aquesta xifra es pot valorar en el 19,2%; 32,2% i 11,3%, respectivament. Cal tenir en compte, a més, que en les dades anteriors no s'inclou l'activitat constructora.

D'altra banda, sembla evident l'eficàcia de l'activitat constructora com a instrument per a l'atenció de demandes socials (habitatge, sanitat, educació, etc.), així com element d'ordenació i vertebració del territori.

A més, la construcció presenta potencialitats com a "embornal ambiental", de manera que, a mesura que avança el coneixement tècnic actual, es pot augmentar la utilització de productes directament reciclats o elaborats a partir de subproductes industrials, amb el consegüent efecte favorable com a activitat incentivadora del reciclatge i sensible amb la preocupació del consum massiu de recursos naturals.

En aquest context s'emmarquen les noves iniciatives de la Comissió Permanent del Formigó, que es plasmen en el text de la futura Instrucció EHE mitjançant diferents estratègies, entre les quals cal destacar la ja esmentada ocupació de formigons reciclats, el foment de subproductes industrials i la possibilitat de reciclatge de l'aigua a les centrals de formigó. D'altra banda, consients de la manca de tradició per considerar aquests aspectes per part dels agents involucrats en el projecte i l'execució, s'ha considerat convenient la definició

d'índexs quantitatius que permetin el disseny d'estratègies de projecte i el desenvolupament de processos d'execució eficaços, des del punt de vista de la contribució a la sostenibilitat. En aquest sentit, cal destacar l'esforç que s'ha fet per desenvolupar un "índex de contribució de l'estructura a la sostenibilitat (HISSES)", definit a partir d'un altre índex, el de sensibilitat mediambiental (ISMA). En ambdós casos, es tracta de paràmetres quantitatius susceptibles de ser calculats per procediments senzills, a partir de les condicions previstes en el projecte i desenvolupades durant la fase d'execució de les obres. Atesa la innovació del sistema, a l'esborrany de la proposta s'ha optat per donar-hi un caràcter voluntari, amb l'aplicació únicament quan així ho decideixi la propietat.

### ESTAT ACTUAL DE LA NOVA INSTRUCCIÓ

Amb data 25 de juliol del 2007, la Comissió Permanent del Formigó ha aprovat el text definitiu de la nova Instrucció de Formigó Estructural que es troba actualment en la fase de tramitació oficial corresponent, prèvia a la seva aprovació pel Consell de Ministres i posterior publicació en el Butlletí Oficial de l'Estat.

ANTONIO R. MARÍ BERNAT  
Catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya  
Ponent general de la nova instrucció EHE

FERNANDO RODRÍGUEZ GARCÍA  
Secretari de la Comissió Permanent del Formigó  
Ministeri de Foment

# PROVES FINALS EN EDIFICACIÓ

Les proves finals en l'edificació o altrement dites proves de servei són aquelles que es realitzen sobre un sistema constructiu un cop executat, un element constructiu un cop col·locat o bé una instal·lació total o parcialment executada per tal d'assajar les seves prestacions finals.

La finalitat de les proves de servei és verificar el bon comportament del punt de control assajat i, en cas que no fos així, avançar les possibles deficiències que es trobaria l'usuari final de l'immoble i poder adoptar les solucions correctores en el moment apropiat. Parlem del moment apropiat perquè en el moment de realitzar les proves de servei, els industrials encara es troben a l'obra i es pot adoptar la solució correctora de forma immediata evitant l'increment de temps i cost que representaria si es detectés un cop l'obra ja es trobés ocupada pels usuaris finals. D'altra banda, l'aplicació de la mesura correctora es realitza en un edifici que encaixa es troba en construcció i en el qual, si s'ha programat correctament l'execució de la prova, no s'han dut a terme tots els acabats que es poden veure afectats per les insuficients prestacions d'un element com podrien ser paviments, aplacats, falsos sostres, enguixats, pintura, etc. i que, per tant, se simplifica considerablement tant la localització com la reparació de la deficiència i s'evita l'affectació d'elements contigus i/o d'acabat.

És a dir, la correcta programació i execució de les proves de servei en una obra o promoció repercuteix directament en la disminució dels costos un cop l'edifici es troba acabat (post-venda) i, per tant, en una millor satisfacció de l'usuari final.

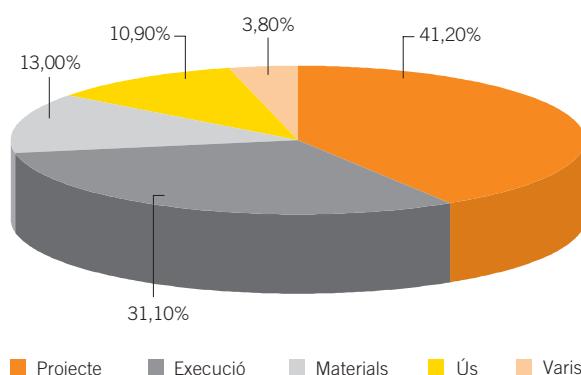
Si consultem estadístiques sobre danys en l'edificació veurem que aproximadament un terç de les reclamacions tenen l'origen en deficiències de l'execució, que és la segona causa després dels errors o mancances en fase de projecte, és a dir que amb una correcta planificació i/o execució de les proves de servei es pot fer front a un ventall important de problemàtiques que afecten a l'execució. (vegeu Figura 1)



Sistema d'aspersió utilitzat per les proves d'estanquitat on es simula l'efecte de la pluja.

## EVO LUCIÓ DE LA LEGISLACIÓ SOBRE CONTROL DE QUALITAT

El control de qualitat dels materials es va iniciar als anys 60 i ha anat evolucionant amb el temps. Fins l'any 1988 el control se centrava únicament amb el formigó i l'acer, però amb la publicació del Decret 375/1988 de la Generalitat, es van anar incorporant nous materials. No obstant això, no ha estat fins l'aparició del CTE que s'ha donat un gir important al control que es realitza a les obres. (vegeu Taula 1)



**Figura 1:** Causes de danys i lesions



Fins a la publicació del CTE sempre s'havia parlat bàsicament de control de qualitat, entenent com a control de qualitat els assaigs que es realitzen al laboratori i al recull de la documentació acreditativa d'aquells materials que no estaven sotmesos a l'obligatorietat de ser assajats. Evidentment, durant la fase d'execució de l'obra es realitzen molts més controls, però moltes vegades no es documenten o no se'n deixa constància.

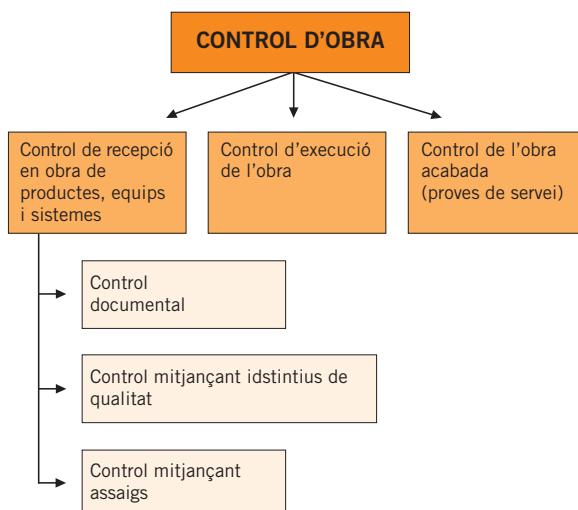
El Codi tècnic incideix molt en aquest aspecte i passa a parlar del **control d'obra**, que és un concepte molt més ampli que engloba tres tipus de control diferenciats: el de recepció, el d'execució i el d'obra acabada (proves de servei). (vegeu Gràfic 1)

#### LES PROVES DE SERVEI ABANS DEL CTE

Donat que les competències en matèria d'habitatge es troben transferides a les diferents comunitats autònombes, la legislació a aplicar i el nivell d'exigència és molt diferent en cada cas. Catalunya en el seu moment va ser pionera en matèria de control de qualitat, amb la publicació l'any 1988 del Decret 375 sobre control de qualitat de l'edificació. Aquest decret no ha sofert cap modificació substancial des de la seva publicació, i no preveu la realització de proves de servei.

En la majoria de comunitats autònombes no es defineixen explícitament proves de servei a realitzar i es deixa la possibi-

litat d'executar-les a criteri del projectista o bé de la direcció facultativa o de la direcció de l'execució material de l'obra. Una de les comunitats autònombes que preveu, en la seva normativa de control de qualitat de l'edificació, la realització de proves de servei o d'obra acabada és la Comunitat Valenciana, a través de la Llei 3/2004 de 30 de juny de la Generalitat, d'Ordenació i Foment de la Qualitat de l'edificació (LOFQUE) i de la figura de Llibre de control, regulat a través de l'ordre de 30 de setembre de 1991, el qual defineix els controls que cal realitzar i que es poden resumir



**Gràfic 1**

Evolució cronològica del control de qualitat	
Fins el 1960	Control de Qualitat pràcticament inexistent. El resultat quedava més o menys garantit per l'ús de mètodes de càlcul conservadors en els coeficients de seguretat i per exigències limitades als materials.
1960-1975	Es comença a desenvolupar el control dels materials estructurals amb l'aparició de mètodes de càlcul més eficaços que pressuposen una qualitat dels materials i de l'execució.
1970-1988	Aparició de les primeres normes, Normes Tecnològiques de l'Edificació (NTE), que tot i no ser d'obligat compliment parlen per primera vegada de proves de servei.
1988-1995	En el marc català, amb la publicació del decret 375/88, es produeix incorporació progressiva del control de nous materials.
1995-2005	Es va reformant el marc legal amb l'aprovació de la LOE, la DPC.RD 1630/1992 (Directiva de productes de la construcció) i finalment el CTE on, per primera vegada, s'exigeix de forma obligatòria la realització de proves de servei.

**Taula 1**

## PROVES FINALS EN EDIFICACIÓ



Proves de servei obligatòries segons LC 91 (Comunitat Valenciana).		
Element-Sistema constructiu	Assaig-Prova	Descripció
Tancaments exteriors	Prova de vessament	Estanquitat de panys de façana a l'aigua de vessament.
Fusteria exterior	Prova de funcionament	Funcionament de la fusteria per tipus, en el 20% de les finestres.
	Prova de vessament	Estanquitat a l'aigua conjuntament amb la prova de façanes, en el pany de paret més desfavorable.
Persianes i tancaments	Prova de funcionament	Accionament de la persiana: pujada, baixada i fixació a una altura. Per tipus, a un 20% de les persianes.
Cobertes planes	Prova d'estanquitat	Inundació fins a un nivell de 5 cm per sota del punt més alt del contacte durant 24 hores. Quan no sigui possible la inundació, regada contínua durant 48 hores.
Fusteria interior	Prova de funcionament	Prova de funcionament: obertura i accionament de panys (rotatiu un per habitatge).
Revestiments de paraments i sostres	Prova de vessament	En exteriors: prova de vessament durant dues hores.
	Duresa superficial	En interiors: duresa superficial en arrebossats i enlluïts >40 Shore C
Instal·lació de fontaneria general de l'edifici	Prova hidràulica de les conduccions (a nivell de calçada)	Prova de pressió Prova d'estanquitat Grup de pressió: verificació del punt de tarat dels pressòstats / Nivell d'aigua al dipòsit / Lectura de pressures i verificació de cabals / Comprovació del funcionament de vàlvules.
Instal·lació de fontaneria. Instal·lacions particulars	Prova hidràulica de les conduccions (abans d'encastar)	Prova de pressió Prova d'estanquitat
	Prova de funcionament	Simultaneïtat de consum Cabal en el punt més allunyat
Instal·lació de sanejament. Xarxa horizontal	Prova d'estanquitat	Conduccions soterrades: cada tram i arqueta aigües amunt. Conduccions suspeses: combinada amb prova de baixants. Baixants
Instal·lació de sanejament: Xarxa de desguassos	Proves de funcionament	Desguassos: en el 20% dels aparells i per columna en el 20% dels habitatges, simultaneïtat de banyera i aigüera. Baixants: Per columna o baixant, s'alternarà amb les proves de: a) desguàs d'aparells (20%) b) evacuació de cobertes planes
Instal·lació elèctrica i connexió a terra. Instal·lació general de l'edifici	Resistència a l'aïllament	De conductors - entre fases (si és trifàsica o bifàsica) - entre fases i neutre - entre fases i terra
	Resistència de la connexió a terra	Motors (connexió a terra) Connexió a terra: resistència de connexió a terra de l'edifici.
Instal·lació elèctrica i connexió a terra. Instal·lació en habitatges	Prova de funcionament	Interruptor diferencial Interruptor de control de potència Interruptors automàtics (magnetotèrmics) Bases d'endoll (xarxa d'equipotencialitat) Punts de llum Caiguda de tensió (instal·lació habitatge més desfavorable)
Instal·lació de ventilació	Prova de funcionament	Per conducte vertical, comprovació del cabal extret en la primera i última connexió individual.

**Taula 2**



Prova d'estanquitat en coberta plana.

en control de recepció de materials, justificació del control d'execució i controls per a l'acceptació de diferents parts de l'obra. Aquesta estructura de control d'obra ens recorda bastant la de l'actual Codi Tècnic de l'Edificació. En la *Taula 2* s'enlacen les proves de servei obligatòries segons LC 91 a la Comunitat Valenciana.

#### **LES PROVES DE SERVEI EN EL CODI TÈCNIC**

El CTE és on s'estableix per primera vegada en normativa d'àmbit estatal l'obligatorietat de realitzar proves de servei. Les proves finals o proves de servei s'inclouen en l'apartat de control d'obra acabada. Aquest control en l'apartat 7.4 del Codi Tècnic es defineix de la següent forma:

*“7.4 Control de la obra terminada: En la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus di-*

*ferentes partes y sus instalaciones, parcial o totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.”*

En la part II del CTE és on es concreten quines són les proves de servei exigibles com a mínim, però cal dir que només en dos dels deu documents bàsics que el formen se'n prescriuen, deixant sempre oberta la possibilitat de realitzar-ne si es contemplen en les especificacions del projecte o, si durant l'execució de l'obra es consideren necessàries a criteri del director de l'execució de l'obra. Aquestes proves consisteixen en la comprovació de les instal·lacions de protecció contra incendis i en la comprovació de l'estanquitat de les instal·lacions d'abastament d'aigua i de sanejament. (vegeu *Taula 3*).



Requeriments del CTE quant a proves de servei	
Document bàsic	Proves de serveis
Protecció davant el risc d'incendi	Prova de servei d'instal·lacions de protecció contra incendis.
Salubritat	Prova de servei d'instal·lacions d'abastament d'aigua. Prova de servei d'instal·lacions d'evacuació d'aigües residuals.

Taula 3

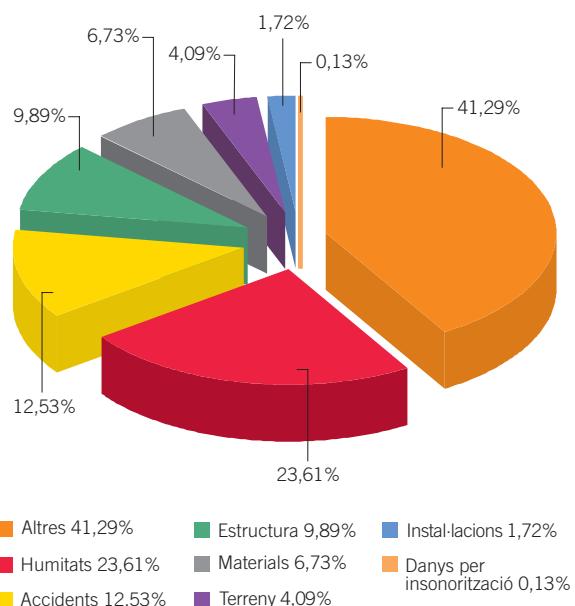
Així doncs, tot i que el CTE ha suposat un canvi important en el concepte de control d'obra, queda encara bastant camí per recórrer si el comparem amb altres normatives de control de qualitat de l'edificació, vigents abans de la seva publicació. Prova d'això és que molts agents intervinguts en el procés de construcció, coneixedors els beneficis que aporten les proves de servei, per iniciativa pròpia, en realitzen habitualment moltes més de les prescrites pel CTE.

#### LES PROVES DE SERVEI EN EL MARC ACTUAL

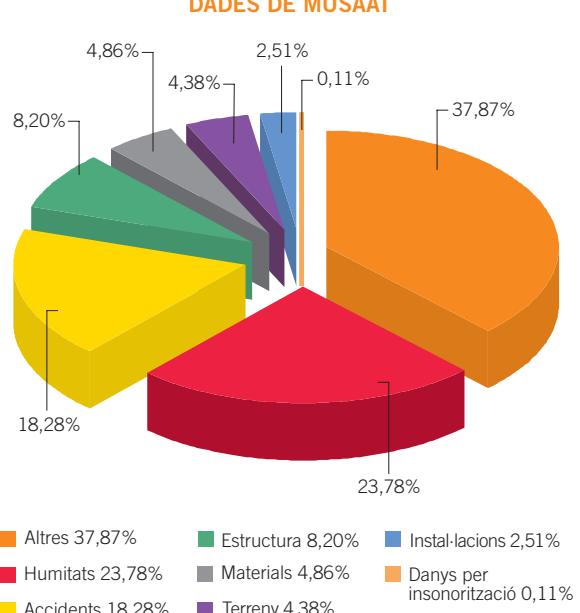
Durant els darrers anys hem pogut comprovar com la demanda de proves de servei al nostre laboratori ha anat en augment de manera progressiva, fins arribar al punt que molts promotores i tècnics, tant en obra pública com privada, sol·liciten sistemàticament la realització de determinades proves de servei durant l'execució de les seves obres. El tipus d'obra on es realitzen aquestes proves de manera més freqüent és en promocions de tamany mitjà – gran, d'edificis plurifamiliars.

Els tipus de proves més sol·licitades són, principalment, les que se centren en la comprovació de dos aspectes: d'una banda, la correcta impermeabilització de l'envolvent (coberta, façanes i obertures) i, de l'altra, la comprovació del funcionament de les instal·lacions (vegeu Taula 4). Aquests dos grups de proves es troben directament relacionats amb el volum més important de reclamacions que es produueixen a les obres, que són l'aparició d'humitats i les deficiències en instal·lacions, les quals sumen aproximadament una quarta part de les reclamacions que es produueixen, segons les estadístiques facilitades pel Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona i pertanyents a l'Asseguradora Musaat. (vegeu Figures 2)

#### SINISTRES PROVÍNCIA DE GIRONA. DADES DE MUSAAT



#### SINISTRES EN EL TOTAL D'ESPANYA. DADES DE MUSAAT



Figures 2



Prova d'estanquitat en façana.

Si analitzem aquestes dades veurem que el percentatge de sinistres imputables a les partides o elements en què la cultura del control de qualitat ja compta amb més experiència, com són l'estudi del terreny (4.38%), el control de l'estructura (8.20%) i el control de qualitat dels materials que intervenen en l'obra (4.86%), representen un percentatge molt inferior que els sinistres originats per humitats, deficiències en les instal·lacions o mancances en els aïllaments que són un 26.40 % sobre el total de les reclamacions.

Cal tenir en compte a l'hora d'analitzar aquestes estadístiques que una part important dels sinistres estudiats correspon a danys ocasionats per accidents i, per tant, no relacionats amb el control de qualitat de l'obra i que n'hi ha un percentatge molt elevat d'altres, fruit de la complexitat del procés constructiu que dóna lloc a múltiples casuístiques. Aquesta situació fa que els percentatges anteriorment comentats s'hagin de considerar com a orientatius i que, de ben segur, si s'acotés l'àmbit dels sinistres als relacionats directament amb el procés de construcció i es pogués desgranar més el capítol d'altres, podrien variar significativament.

De totes maneres l'important és veure que hi ha un segment d'aproximadament el 25% dels sinistres on es podria minimitzar el risc fàcilment, sistematitzant la realització de proves de servei.

Veiem, per tant, que el nou enfoc que ha adoptat la normativa actual referent al control d'obra de prioritzar els segells i marques de qualitat pels productes i sistemes que arriben a l'obra i centrar el control en el producte o sistema ja executat (control d'execució i control d'obra acabada) respon a la realitat que una part molt important dels sinistres és causada per l'execució i no per deficiències dels materials. El CTE ha fet el primer pas en aquest sentit, que sens dubte anirà en augment, i les proves de servei, que fins el moment s'han fet de forma voluntària, seran una eina més de control generalitzada en tots les obres.

ANNA FERRER I ROBERT  
GEMMA SOLER I PUJOL  
Arquitectes Tècniques  
Gabinet tècnic de CECAM

## PROVES FINALS EN EDIFICACIÓ



Proves de servei més sol·licitades al nostre laboratori			
	PROVA	DESCRIPCIÓ	NORMA
ESTANQUITAT	Estanquitat de coberta	En coberta plana consisteix en el taponament dels desguassos i la introducció d'aigua a la cubeta fins que quedi totalment omplerta d'aigua, al cap de 24 hores es realitza una visita d'inspecció per detectar la formació d'humitats en el pla inferior del forjat o en les parets laterals. En coberta inclinada consisteix en la col·locació d'un sistema d'aspersió per crear una cortina d'aigua i simular l'efecte de la pluja.	NBE QB-90
	Estanquitat de façanes	Consisteix en la col·locació d'un sistema d'aspersió per crear una cortina d'aigua per simular la pluja. És recomanable realitzar aquest assaig abans de construir el contraenvà i de la col·locació dels aïllaments. El temps de realització de l'assaig és de quatre hores.	Segons PNT interna
	Estanquitat de fusteria	Igual com en la de façana consisteix en la col·locació d'un sistema d'aspersió per simular la pluja. El temps de realització de l'assaig és de 15 minuts per element.	UNE 85247-EX
BT	Mesura de la resistència d'aïllament dels cables	Es mesura la resistència d'aïllament dels cables que formen la instal·lació connectant l'equip a l'entrada general de la línia principal.	REBT
	Resistència de la xarxa de presa a terra	Es connecten dos terminals de l'equip mesurador a la instal·lació de terra i dos terminals a dues piques connectades directament a terra, separades entre 10 i 15 m. L'equip mesurador dóna directament la lectura de la resistència de la instal·lació de terra.	REBT
	Mesura del diferencial d'interruptors	Es connecta l'equip mesurador a qualsevol línia després de l'element de protecció. L'equip provoca una fuga de corrent i es fa saltar l'interruptor. Es mesura el temps de diferencial, la corrent de diferencial i la tensió de contacte.	REBT
	Verificació dels punts d'utilització	Verificació del funcionament dels punts de llum i endolls. Comprovació de la correspondència amb els circuits.	REBT
INSTAL·LACIONS	FONTANERIA	Resistència i estanquitat de conduccions	UNE ENV 12108:2001 UNE EN 14336:2004
		Verificació de cabals i temperatures	Comprovació del cabal i temperatura de sortida de l'aigua al punt de consum. Segons PNT interna
SANEJAMENT	GAS	Resistència i estanquitat de conduccions	DB HS-5
	CLIMA	Resistència i estanquitat de conduccions	UNE 60310 UNE 60311 UNE 60312
		Verificació de cabal d'aire i temperatures	La prova de servei es fa seguint el mateix mètode descrit per les proves en conduccions de fontaneria. Segons PNT interna
CONTRA-INCENDIS		Resistència i estanquitat de conduccions	UNE ENV 12108:2001 UNE EN 14336:2004
		Comprovació instal·lació de detecció i alarma	La prova consisteix en comprovar l'estanqueitat i resistència mecànica de la instal·lació, sotmetent aquesta a una pressió estàtica igual a la màxima de servei i com a mínim a 980 kPa (10 kg/cm <sup>2</sup> ), mantenint aquesta durant dues hores, com a mínim, sense aparèixer fugues en cap punt de la instal·lació. CTE DB-SI i Reglament d'instal·lacions de protecció contra incendis (RD 1942/1993)
PARALLAMPS		Presa a terra	Comprovació del correcte funcionament de la instal·lació de detecció i alarma de les instal·lacions de protecció contra incendis. La prova de servei es fa seguint el mateix mètode descrit per la prova de la presa de terra per instal·lacions de baixa tensió. REBT

Taula 4



# PRESENTACIÓ DELS PRIMERS RESULTATS DEL BARÒMETRE DEL CLIMA DE CONFIANÇA DEL SECTOR DE L'HABITATGE

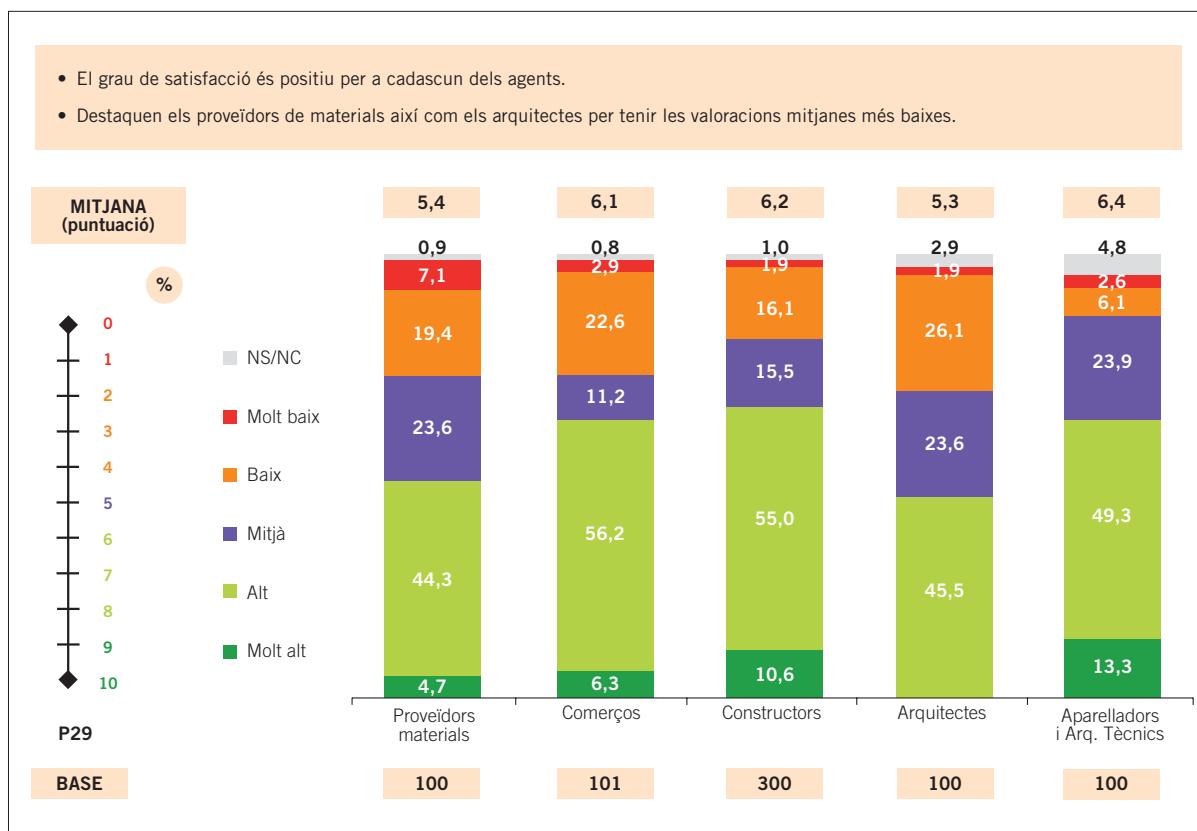
El passat 7 de novembre va tenir lloc en el marc del Barcelona Meeting Point la presentació del primer Baròmetre del clima de confiança del sector de l'habitatge. La presentació va anar a càrrec del Conseller de Medi Ambient i Habitatge, Francesc Baltasar, la secretària d'Habitatge, Carme Trilla i el president de l'Istitut Cerdà, Gabriel Ferreté.

A continuació es van comentar els resultats en tres taules rodones amb diferents agents, entre ells el Consell del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Catalunya.

Aquest baròmetre servirà de referència per a l'establiment d'un Índex de confiança del sector que ha de permetre identificar tendències, positives o negatives, del clima de confiança del sector, prendre accions de reforç o correctives i mesurar l'impacte de les actuacions que es duen a terme, i també els successos conjunturals que afecten el mercat i l'accés a l'habitatge.

El baròmetre és un dels primers instruments de què s'ha dotat el Pacte nacional per a l'habitatge a fi de conèixer de mà dels agents implicats (Administració pública, economia

Grau de satisfacció amb la cartera de comandes per als propers 6 mesos

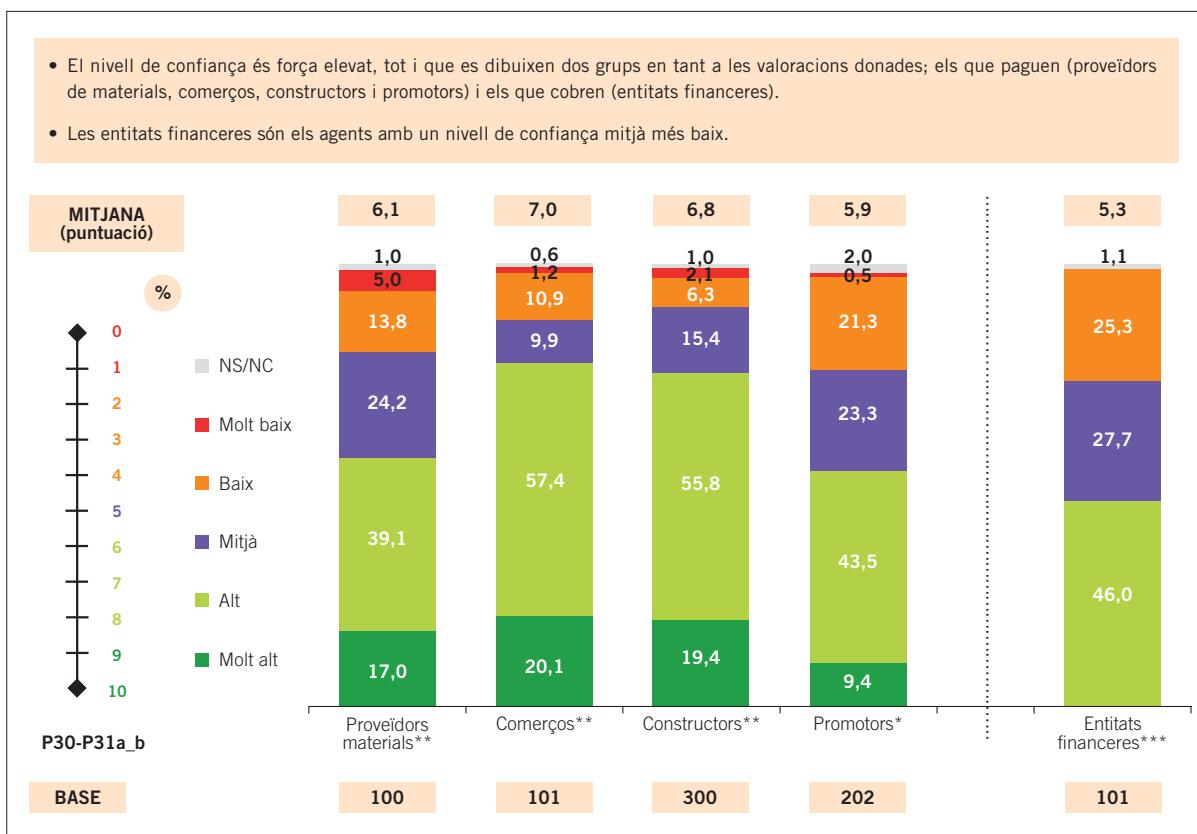


Gràfica 1

## RESULTATS DEL BARÒMETRE DEL SECTOR DE L'HABITATGE



**Nivell de confiança en poder fer front a la càrrega finançera de l'estoc d'habitatges\*// en poder fer front a la càrrega finançera de les inversions fetes/ pagaments a proveïdors\*\*// en que els diferents agents del sector puguin fer front a la càrrega finançera de les inversions fetes/pagaments a proveïdors\*\*\***



**Gràfica 2**

privada, agents socials i ciutadans) la percepció de l'evolució del sector.

El Baròmetre recull les percepcions dels diferents sectors entorn a diferents qüestions com el preu de cases i pisos o de les hipoteques, l'accés a l'habitatge, la capacitat dels municipis de construir-ne de protecció oficial, la prevenció de riscos laborals o l'aplicació del Codi tècnic de l'edificació.

Per quantificar el clima de confiança, l'Institut Cerdà ha dut a terme 2.200 enquestes entre tots els agents implicats: proveïdors de materials, comerços, constructors, promotores, API,

administradors de finques, arquitectes, aparelladors i arquitectes tècnics, municipis, entitats financeres i ciutadania.

L'informe té tres parts: una part general, que és la que permetrà fer un seguiment dels indicadors; una part específica per a cada agent, que variarà segons les temàtiques que plantegin, i una tercera, que serà un monogràfic i que permetrà fer una anàlisi específica de situacions conjunturals concretes.

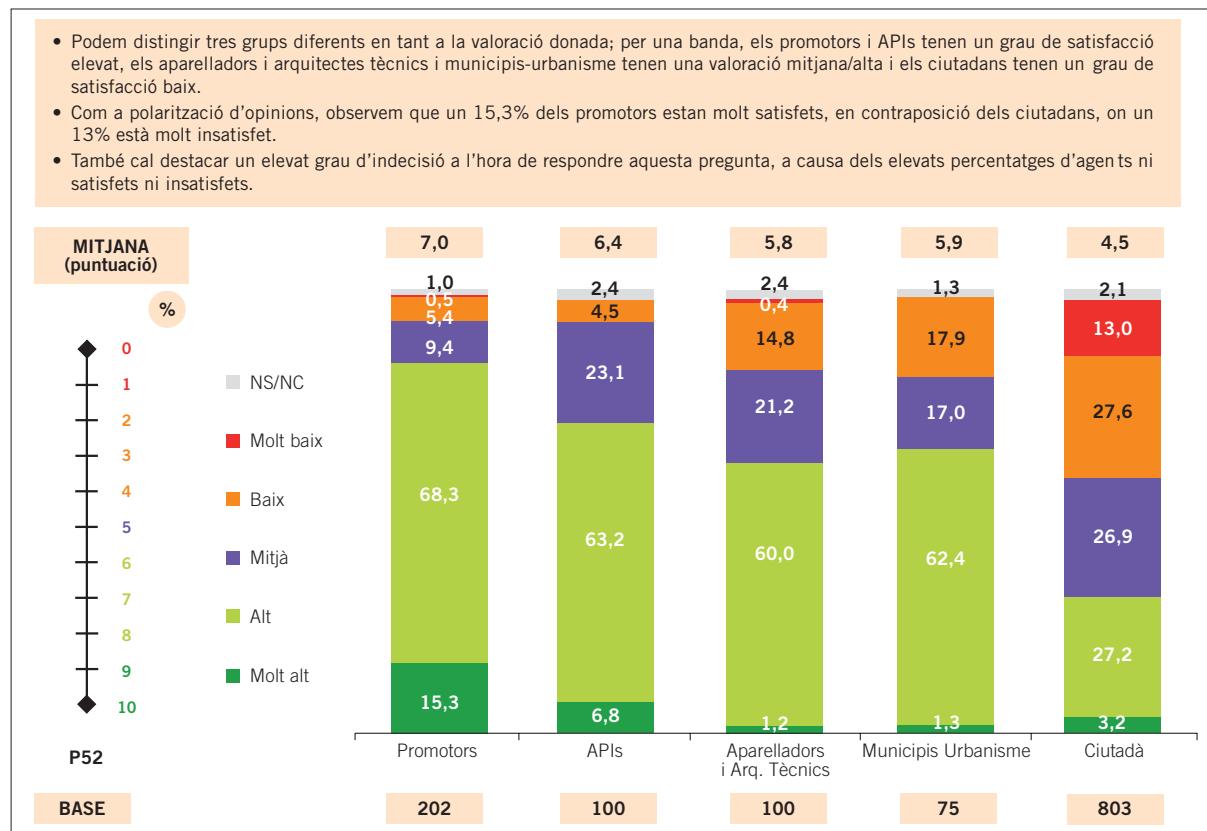
Per a la part general, que serà fixa i igual per a tots els agents, es mesuraràn gairebé dos-cents paràmetres agrupats en cinc indicadors:

## RESULTATS DEL BARÒMETRE DEL SECTOR DE L'HABITATGE



- Sectorials i d'entorn, amb preguntes com ara: satisfacció amb l'evolució dels preus de venda d'habitatge nou i de segona mà, o confiança en l'evolució futura del lloguer.  
(vegeu gràfica 1)
- Empresarials: confiança a poder fer front a la càrrega financer de l'estoc d'habitacles, satisfacció amb la gestió de lloguers o quotes impagades, confiança en la capacitat d'estar al dia de les novetats del sector, satisfacció amb la qualificació de la mà d'obra disponible o satisfacció amb el coneixement i aplicació de les normatives de qualitat i seguretat de les empreses subcontractades.  
(vegeu gràfica 2)
- De qualitat i innovació: satisfacció amb la introducció de noves tecnologies a l'empresa, o satisfacció amb les infraestructures disponibles a noves promocions.  
(vegeu gràfica 3)
- Relatius a l'administració i normativa: confiança en la capacitat d'aplicar el nou Codi tècnic, satisfacció amb les tramitacions urbanístiques i llicències municipals, confiança en el suport de l'Administració amb la fiscalitat actual del lloguer, la rehabilitació o l'adquisició d'habitatge.  
(vegeu gràfica 4)

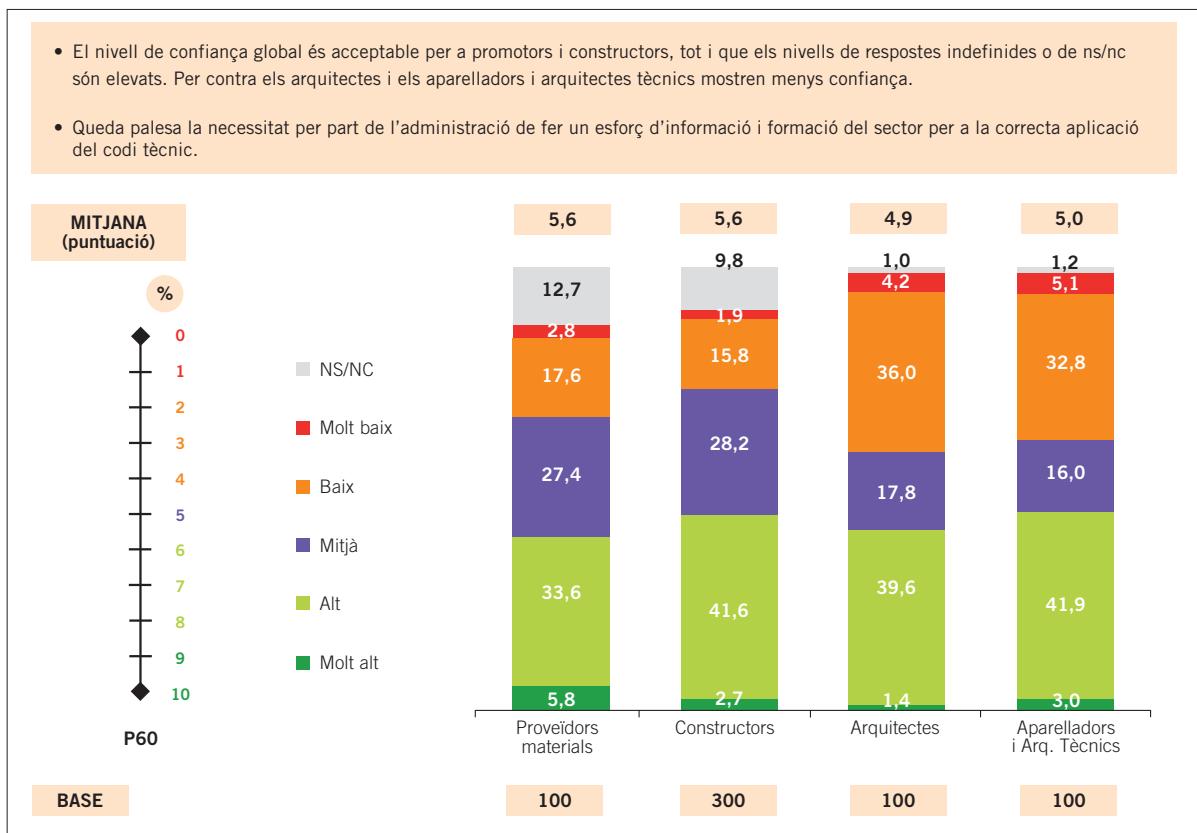
**Grau de satisfacció amb la qualitat dels projectes d'obra nova**



**Gràfica 3**

## RESULTATS DEL BARÒMETRE DEL SECTOR DE L'HABITATGE

### Nivell de confiança en la capacitat per l'aplicació del nou Codi Tècnic de l'Edificació



**Gràfica 4**

- Socials: preocupació per la divergència entre l'habitatge construït i el demandat, confiança en la capacitat de vendre el pis en menys de sis mesos, satisfacció amb l'evolució del preu de les hipoteques. (vegeu gràfica 5)

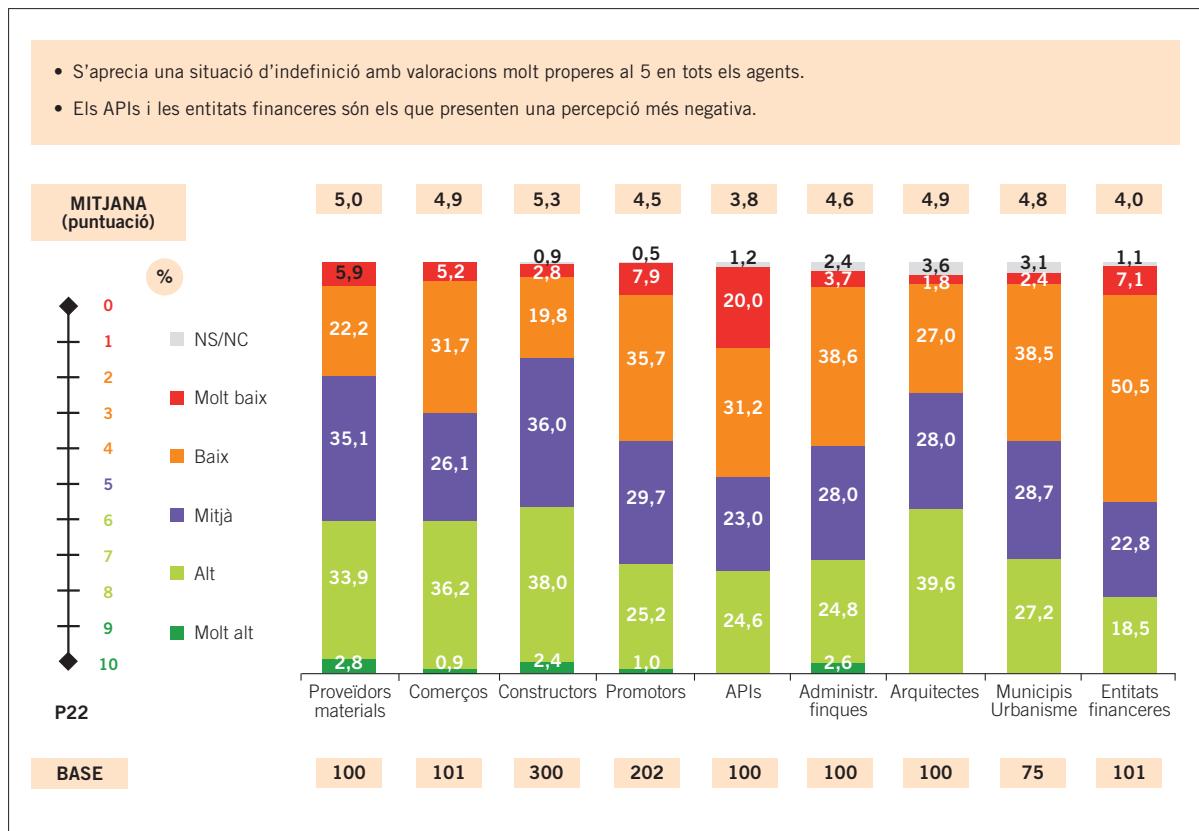
L'Institut Cerdà és una fundació privada independent i sense ànim de lucre que, des dels seus inicis el 1984 amb motiu de la commemoració dels 125 anys de la implantació del Pla Cerdà a Barcelona, té com a finalitat contribuir a l'impuls permanent i a la dinamització de la societat en àmbits relacionats

amb temes emergents i reptes estratègics de futur des del rigor i l'objectivitat que li permet la seva posició d'independència.

Les actuacions de l'Institut Cerdà es duen a terme en àmbits emergents en els quals resulta imprescindible aprofundir i que cal desenvolupar per assolir el procés econòmic d'una millor qualitat de vida de la ciutadania. Les iniciatives es desenvolupen principalment en: el territori, l'urbanisme, el medi ambient, l'habitatge, l'energia, la logística, les infraestructures, la distribució comercial, i la mobilitat.



Nivell de confiança en el creixement del sector en els propers 6 mesos



Gràfica 5

L'Institut Cerdà està presidit per Gabriel Ferraté des de desembre de 2005, la Direcció General està a càrrec de Carlos Cabrera, i compta amb un consolidat equip de més de cinquanta professionals de diferents disciplines. L'Institut Cerdà té la seva seu corporativa a Barcelona i disposa d'oficines a Madrid.

A tall d'exemple adjuntem cinc gràfics sobre el nivell de confiança en el futur del sector.

Es preveu una periodicitat semestral i de ben segur serà un bon indicador per conèixer l'evolució del sector de l'habitatge.

ERNEST OLIVERAS I AUMALLÉ  
Arquitecte Tècnic  
President del Consell de Col·legis d'Aparelladors  
i Arquitectes Tècnics de Catalunya

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

### EDITORIAL

Hemos llegado al final de un año complicado que se asemeja a un maratón. Esto ha hecho que empiezemos este nuevo año con cierta euforia constructiva, aunque un poco menos que la de años anteriores. Sin embargo, en estos momentos nos encontramos con un conjunto de competidores que están desorientados y agotados. Este maratón empieza a mostrar graves síntomas y muchos de los participantes, incluso algunos espectadores, no verán la llegada a la meta. ¿Cuáles pueden ser algunas de las causas de este desconcierto? Personalmente, creo que en los últimos años la marcha de la construcción ha sido demasiado fuerte. Si tenemos en cuenta que se ha llegado a contratar 16.000 viviendas/año en las comarcas gerundenses, que comparada con la cifra media de los últimos 15 años que no llegaban a 10.000 viviendas/año, supone, en mi opinión una diferencia demasiado grande que hace que todo este exceso no se pueda absorber de una forma no traumática.

Todos decíamos que un día u otro esto pararía y además esperábamos que fuese de un modo suave. Sabíamos que los ciclos de subida y bajada de la construcción duraban aproximadamente entre 5 y 7 años, pero este último período ha sido más largo y ha durado más de 10 años. Para explicar este largo período se puede alegar que han existido muchos factores que han ayudado a la prolongación de este ciclo y que por otra parte se dan otros que lo están parando de golpe. Creo que sería bueno para este país elaborar un análisis exhaustivo de todas las posibles causas que han motivado tanto la aceleración como el frenazo brusco del sector, con el objetivo de evitar estas puntas en ambos sentidos, pues son perjudiciales para la economía del país y afectan a una gran cantidad de ciudadanos.

Espero que en este estudio los analistas de la economía, todos los representantes del sector y los políticos busquen fórmulas para ir corrigiendo y eludiendo estas situaciones extremas, pues considero que todos somos lo bastante maduros para encontrar una solución, ya sea a través del pacto para la vivienda, dando salida a todas las existencias de viviendas acabadas y en construcción o incentivando la obra pública u otras actuaciones. En todos estos casos, prestamos sin dudarlo toda nuestra colaboración e implicación.

Por otra parte, y cambiando de tema, quisiera destacar la gran actividad que hemos desarrollado en el CECAM, reflejando nuestra apuesta por la calidad y el buen servicio con unos buenos resultados económicos. Aparte de estos resultados económicos, que no son nuestros principales objetivos, aunque sí necesarios para nuestra subsistencia, nuestra apuesta incluye asimismo otros objetivos como la participación en la formación y divulgación de la normativa, como por ejemplo la divulgación del Código Técnico o la nueva ley de urbanismo. En este sentido quisiera destacar nuestra participación y patrocinio del III Congreso de Ingeniería Sísmica que se celebró en Girona, tema que se explicará con más detalle en un artículo de este número. Desearía añadir que pronto les comunicaremos la próxima jornada que estamos preparando sobre la nueva EHE.

Dentro de nuestras apuestas, también hemos de mencionar la participación como patrones fundadores del primer centro tecnológico en Cataluña de la Construcción: el IMAT, donde actualmente participan más de 20 empresas.

Otros puntos a destacar son nuestra colaboración tanto en la cesión de espacios como a través de la contribución económica al Vivero de Empresas de Celrà, dedicado al medio ambiente y la edificación. Creado con la colaboración de la Universidad de Girona, el Ayuntamiento de Celrà y el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Girona nos permite decir, con mucho orgullo, que actualmente está en pleno rendimiento.

Me gustaría poder seguir exponiendo actividades, pero no corresponde a una editorial y sería por tanto, motivo de un artículo más en esta revista.

Para finalizar, aprovecho para deseárselos un prospero año 2008 y que disfruten de la lectura de los artículos de este nuevo número.

MIQUEL MATAS NOGUERA

Presidente del Consejo de Administración del CECAM

### PACTO NACIONAL PARA LA VIVIENDA (ver pág. 2)

El día 8 de octubre ha tenido lugar la firma del Pacto Nacional para la Vivienda. José Montilla, presidente de la Generalitat, Francesc Baltasar, consejero de Medio Ambiente y Vivienda, Carme Trilla, secretaria de Vivienda, la mayoría de grupos parlamentarios, promotores y constructores, agentes sociales, entes locales, colegios profesionales –entre los cuales están el Consejo de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cataluña– y organizaciones ciudadanas, lo han firmado.

Es el primer gran pacto para la vivienda que se firma en el Estado que, partiendo de unas necesidades y de unas carencias, plantea para los períodos 2007-2016 las políticas de vivienda del gobierno catalán para facilitar “unas viviendas dignas y adecuadas”, reconocido por el artículo 47 de la Constitución Española y los artículos 26 y 47 del Estatuto de Cataluña. Las acciones concretas de este pacto se estructuran en cinco retos:

Reto 1 – Mejorar el acceso a la vivienda, en particular de los jóvenes, a través de la provisión de un volumen suficiente de vivienda accesible y de ayudas para el pago del alquiler.

Reto 2 – Mejorar las condiciones del parque de viviendas mediante el fomento del mantenimiento y la rehabilitación de los edificios.

Reto 3 – Mejorar el alojamiento de la personas mayores y de las personas con diversidad funcional mediante medidas de accesibilidad y de soporte económico.

Reto 4 – Prevenir la exclusión social residencial mediante un sistema universal de ayudas personales al pago de la vivienda y la dotación suficiente de viviendas de inclusión.

Reto 5 – Garantizar una vivienda digna y adecuada a los hogares mal alojados mediante la erradicación del fenómeno de los sin techo, la sobreocupación de las viviendas y la infravivienda.

En cifras, el coste global es de 8.221 millones de euros. La Generalitat aportará el 81%, el Ministerio de la Vivienda el 13% y el 6% restantes entidades privadas. En esta legislatura (2007-2010) se invertirán 2.503 millones de euros. (ver gráficos, pág. 3).

Se prevén 835.000 actuaciones en la vivienda en 10 años, de los cuales 393.000 se harán durante esta legislatura. Es necesario destacar la construcción de las 160.000 nuevas viviendas de protección oficial, en particular para jóvenes, y la movilización y puesta en el mercado de 62.000 viviendas del parque desocupado, así como el aumento de las ayudas directas para 140.000 hogares para el pago del alquiler, la rehabilitación o la compra de la primera vivienda.

Este conjunto de propuestas pretende conseguir que, tanto los municipios de más de 5.000 habitantes como las capitales de comarca, dispongan en un plazo de 20 años, de un parque del 15% de sus viviendas principales susceptible de ser utilizado para políticas sociales.

En cuanto al reto de mejorar la calidad del parque de vivienda, está prevista la rehabilitación y mejora de 300.000 viviendas, garantizar la habitabilidad del parque de vivienda y mejorar su accesibilidad física mediante la concesión de ayudas para la instalación de 10.000 ascensores e itinerarios practicables que dotarán de servicios a 100.000 viviendas.

También se mejorará la sostenibilidad en la construcción y el comportamiento de las viviendas, así como la mejora de la calidad de la

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

nueva construcción, apostando por la innovación en su construcción. En su vertiente más social, se plantea mejorar el alojamiento de las personas mayores y de las personas con discapacidad. Se pretende alcanzar este objetivo garantizando y alargando la autonomía residencial de 35.000 hogares dirigidos a personas de más de 65 años. También está previsto estabilizar el sistema de ayudas al pago del alquiler e incrementar la oferta de vivienda de alquiler para las personas de la tercera edad.

El reto de prevención de la exclusión social residencial prevé evitar que nadie se vea excluido del acceso a una vivienda por motivos económicos y se facilitarán ayudas a 60.000 hogares, así como se garantizará la seguridad y la estabilidad de los residentes más vulnerables (supresión del acoso inmobiliario).

Pocos días después de la firma del Pacto, concretamente el día 16 de octubre, el Gobierno de la Generalitat ha aprobado su primer Decreto Ley en virtud de las competencias establecidas por el nuevo Estatuto. En concreto, el Decreto Ley de medidas urgentes en materia urbanística tiene como objetivo dotar a las administraciones catalanas de instrumentos para obtener de manera inmediata suelo destinado a la construcción de viviendas asequibles. Pretende lograr los objetivos del Pacto Nacional para la Vivienda, estableciendo un procedimiento nuevo para calificar de manera rápida suelo para usos residenciales. Introduce modificaciones en la legislación actual para potenciar la obtención de vivienda con diferentes grados de protección, mientras se aumentan las reservas obligatorias de vivienda protegida previstas en la legislación vigente.

Se prevé que en el término máximo de 16 meses, a contar desde la entrada en vigor del Decreto Ley, se habrá aprobado un plan que permitirá como mínimo la construcción de la mitad de las viviendas previstas.

Este Pacto es una hoja de ruta que guiará la acción del Gobierno de la próxima década. Así pues, saldrá dentro de poco la nueva ley de vivienda, el nuevo decreto de habitabilidad y demás normativa para cumplir dichos objetivos.

ERNEST OLIVERAS I AUMALLÉ

Arquitecto Técnico

Presidente del Consejo de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cataluña

## TERCER CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA (ver pág. 5)

### PRESENTACIÓN

La Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS) agrupa en el ámbito nacional a técnicos, científicos y profesionales, con responsabilidades en el diseño, la construcción y la investigación relacionados de una u otra forma con alguna actividad del amplio espectro multidisciplinar de la Ingeniería Sísmica. La inquietud y la utilidad de la AEIS se extienden hoy en día a los ámbitos de las grandes obras civiles, la edificación y la construcción en general, aglutinando a profesionales de todos estos campos y consolidando su presencia y actuaciones.

A lo largo de sus más de cuarenta años de actividad, la AEIS ha organizado acontecimientos de gran relevancia: el II Simposio Europeo de Ingeniería Sísmica (1969), la X Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica (1992) y el II Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica (2001). Pero, sin duda, el logro de mayor importancia de la Asociación, por su significado y de acuerdo con sus fines estatutarios, ha sido la exitosa celebración del Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica en Murcia, en abril de 1999, y del Segundo Con-

greso Nacional de Ingeniería Sísmica en Málaga, en abril de 2003. Como continuación de esta tradición, se ha celebrado ahora el Tercer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, en el Palacio de Congresos de Girona, del 8 al 11 de mayo de 2007.

Este tercer congreso, organizado por la Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS) junto con el Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials (CECAM) de Girona, ha tenido como objetivo ofrecer un marco adecuado a todos los técnicos y científicos interesados en la Ingeniería Sísmica para el encuentro profesional, el intercambio de experiencias, la difusión de conocimientos y técnicas aplicadas y, también, para el debate de las ideas. El congreso ha reunido a más de 170 especialistas que pertenecen a campos tan diversos como la geología, sismología, ingeniería y arquitectura que desarrollan su actividad no solo en el diseño, construcción e investigación sino también en la protección civil, el seguro, la enseñanza, etc. Asimismo, se ha asegurado la participación de un número relevante de estudiantes de ingeniería que han dispuesto de un inmejorable ambiente para ampliar sus conocimientos. La interacción de todos estos colectivos ha creado una sinergia importante y aprovechable para todos los participantes, al fomentarse la colaboración entre instituciones, entidades y particulares con responsabilidades públicas o privadas. También ha permitido realizar avances en la consideración de los fenómenos sísmicos tanto en su estudio científico y técnico como en el tratamiento de sus aspectos sociales, de prevención y planificación. En el congreso se ha dedicado particular atención a los avances normativos, a la aplicación de nuevas metodologías y al uso de nuevos materiales en el diseño y la construcción.

### INICIO Y COMITÉS DEL CONGRESO

El acto protocolario de apertura fue realizado por el Hble. Sr. D. Joaquim Nadal Farreras Consejero de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat de Cataluña que se dirigió a los cerca de 200 asistentes que ocuparon la sala de Cámara del Palacio. También pudimos ver caras conocidas como: Francesc Francisco, subdelegado del Gobierno Español en Girona, Isabel Salamaña, teniente alcalde de movilidad del Ayuntamiento de Girona, Sr. Joaquim Velayos, director de la Escuela Politécnica Superior de la UdG, Sr. Domènec Espadalé, presidente de la Cambra de Comercio de Girona, Sr. Lluís Gorgorió, delegado de carreteras de la Generalitat de Catalunya, Sres. Josep M. Parramon y Marc Torra los dos del Colegio de Arquitectos de Cataluña, entre otros.

Finalizados los parlamentos, la Orquesta La Principal de la Bisbal ofreció un concierto de una hora de duración que fue ampliamente aplaudido por todo el público. Una nota lúdica que con elegancia supo dar un momento de recreo a lo que sin duda serían unas intensas jornadas.

Los tres Comités quedaron configurados de la siguiente forma:

#### Comité de Honor

Excmo. Sra. Dña. María Teresa Fernández de la Vega

Vicepresidenta Primera del Gobierno y Ministra de la Presidencia

Hble. Sr. D. Joaquim Nadal Farreras

Consejero de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat de Cataluña

Ilma. Sra. Dña. Anna Pagans Guartmoner

Alcaldesa del Ayuntamiento de Girona

Excmo. y Magfca. Sra. Dña. Anna Maria Geli

Rectora de la Universidad de Girona

Excmo. Sr. D. Edelmiro de la Rua Álvarez

Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos  
Sr. D. Ernest Oliveras Aumallé

Presidente del Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Girona

Sr. D. Ramon Ceide Gómez

Director de los Servicios Territoriales en Girona del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat de Cataluña

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

### Comité Organizador

Presidente:

D. **Alex H. Barbat** (AEIS)

Vicepresidente:

D. **Miquel Matas Noguera** (CECAM)

Directores:

D. **Xavier Goula Suriñach** (AEIS)

D. **Jaume Espíglol Camps** (CECAM)

Vocales:

D. **Antoni Roca Adrover** (AEIS)

Dña. **M. Mercè Pareda Marjanedas** (CAATG)

Dña. **María Hausen** (AEIS)

Dña. **Mia Masgrau Ventura** (CECAM)

D. **Juan-Bautista Martínez Guevara** (AEIS)

D. **Eduard Bonmatí Lladó** (CAATG)

### Comité Científico

Prof. **Enrique Alarcón**

Prof. **Belén Benito**

Dr. **Alberto Bernal**

Prof. **Rafael Blázquez**

Prof. **Elisa Buforn**

Prof. **Ramón Capote**

Dr. **Emilio Carreño**

Prof. **Miquel Herranz**

Prof. **Ángel García Yagüe**

Dr. **Mariano García**

Dr. **Alfonso López-Arroyo**

Dr. **Antonio Jesús Martín**

Prof. **Sergio Oller**

Prof. **Lluís Pujades**

Prof. **Pere Santanach**

Prof. **Carlos Sousa Oliveira**

Prof. **Agustín Udías**

Dr. **Julio Villacañas**

### 1 CONTENIDO

El Congreso se ha estructurado según dos grandes bloques:

- El primero consistente en 8 Conferencias invitadas.
- El segundo, en sesiones técnicas estructuradas en 3 ámbitos principales.

Todas las conferencias invitadas y las ponencias presentadas figuran en el CD de *Memorias del Congreso* representando más de 1.700 páginas escritas.

#### 1.1 Conferencias invitadas

Durante los tres días del congreso han tenido lugar dos conferencias cada mañana y una por la tarde de 45 minutos de duración. El objetivo de esas conferencias ha sido mostrar el estado del arte en diversos temas claves de la ingeniería sísmica tanto a nivel nacional como internacional. La lista de conferenciantes con los temas tratados se da a continuación. Se ofrece un resumen de cada una de estas conferencias.

#### • Mejora de la resistencia sísmica de los edificios considerados patrimonio cultural: conceptos y avances recientes

**Paulo B. Lourenço**, *Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal*

Los países Europeos han desarrollado una amplia experiencia en el campo de la conservación y restauración del patrimonio construido. En los últimos años, grandes inversiones han sido realizadas en este campo, permitiendo un amplio desarrollo en las áreas de inspección y monitorización, pruebas no destructivas y análisis estructural de construcciones históricas. Estos desarrollos, así como las recientes directrices para la ingeniería de la conservación, permiten proponer soluciones de intervención más adecuadas, económicas y seguras.

Debido a que los sismos son una de las mayores fuentes de destrucción del patrimonio arquitectónico, este artículo se enfoca hacia los más recientes avances del estado del arte sobre este tema. Recientemente, las Recomendaciones ICOMOS para el Análisis, Conservación y Restauración Estructural del Patrimonio Arquitectónico han sido aprobadas. Estas recomendaciones pretender ser útiles a todos aquellos a quienes atañen los problemas de conservación y restauración, no siendo exclusivas para los ingenieros.

#### • Riesgo sísmico en entornos urbanos: ¿puede controlarse este riesgo?

**Pierre Yves Bard**<sup>1,2</sup>, **Ph. Guéguen**<sup>1,2</sup>, **J. L. Chazelas**<sup>3</sup>, **M. Kham**<sup>4</sup> and **J. F. Semblat**<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University Joseph Fourier, Grenoble, France, bard@obs.ujf-grenoble.fr

<sup>2</sup> Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, Paris, France

<sup>3</sup> Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, Nantes, France

<sup>4</sup> EDF, Clamart, France

Por lo general se considera que el movimiento sísmico básico es la convolución de fuente, trayectoria y efectos sobre el emplazamiento. La cuestión que se trata hoy aquí es si se debería añadir un cuarto elemento, denominado "Interacción emplazamiento-ciudad" (SCI, por sus siglas en inglés) en zonas densamente urbanizadas, que correspondería a los efectos producidos por el temblor de los edificios sobre el suelo. Tras realizar un breve estudio de las diversas observaciones obtenidas de forma constante, pueden resumirse varios resultados específicamente experimentales y numéricos. Mediante unas simulaciones numéricas se controla la respuesta sísmica de un "modelo urbano" sencillo, representado por un grupo de edificios; estos valores permiten establecer las condiciones bajo las que dichos efectos SCI serían importantes. Estas conclusiones concuerdan con una sencilla "regla general", basada en la comparación entre las energías cinéticas en el suelo y los edificios, que indica la importancia de los efectos SCI en ciudades densas donde coinciden los períodos de los edificios y el suelo. De esta forma, el último apartado trata las consecuencias prácticas de dichos efectos SCI, así como posibles direcciones donde obtener pruebas experimentales inequívocas en ciudades reales.

#### • Modelización de pérdidas por terremoto con fines de protección financiera

**Omar Darío Cardona**<sup>1</sup>, **M.G. Ordaz**<sup>2</sup>, **S. Arámbula**<sup>3</sup>, **L. E. Yamin**<sup>3</sup>, **O. Mahul**<sup>4</sup>, **F. Ghesquiere**<sup>4</sup>, **M.C. Marulanda**<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF.

<sup>3</sup> Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos, Universidad de Los Andes, Bogotá, D.C.

<sup>4</sup> Banco Mundial, Washington D.C.

<sup>5</sup> Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona

En el marco del Programa de Reducción de la Vulnerabilidad Fiscal en Colombia, apoyado por el Banco Mundial, y del Plan de Acción del Banco Interamericano de Desarrollo para mejorar la Gestión del Riesgo en las Américas, se aplicó un modelo de riesgo catastrófico que permite evaluar, edificio por edificio, las pérdidas probables y las primas puras de diferentes portafolios, teniendo en cuenta la microzonificación sísmica de las ciudades. Este modelo ha sido utilizado para evaluar los pasivos contingentes y para construir una estructura óptima para la transferencia y la retención del riesgo, considerando créditos contingentes, fondos de reserva, seguro/reaseguro y bonos de catástrofe. Como resultado, se ha implantado un esquema de aseguramiento innovador para cubrir las edificaciones privadas, incluyendo todos los propietarios de bajos ingresos mediante el uso de subsidios cruzados. Finalmente, el modelo permite la evaluación de una curva de probabilidad de excedencia de la relación beneficio-costo, proporcionando una herramienta innovadora para los tomadores de decisiones, que les permite analizar los beneficios netos de

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

las estrategias de mitigación del riesgo como el refuerzo sísmico y el cumplimiento de la aplicación de las normas sismorresistentes.

• **Diseño sísmico de estructuras de hormigón en base al desplazamiento**

**Michelle Calvi<sup>1</sup>, M.J.N. Priestley<sup>2</sup>, and M.J. Kowalsky<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> IUSS, Pavia

<sup>2</sup> IUSS, Pavia

<sup>3</sup> North Carolina State University, Raleigh

Se destacan los problemas conceptuales que conlleva el diseño sísmico de estructuras de hormigón con resistencia inicial convencional y basados en la fuerza. Se indica que el comportamiento estructural por lo que respecta al daño potencial está relacionado con los límites de tensión o desplazamiento, y no se corresponde del todo con la fuerza. Como consecuencia de esto, las estructuras diseñadas según criterios basados en la fuerza tienen un riesgo sísmico variable. El diseño sísmico en base al desplazamiento se ofrece como sustituto lógico del diseño basado en la fuerza. Según una investigación exhaustiva que se realizó recientemente, una variante denominada Diseño directo basado en desplazamiento (**DDBD**, por sus siglas en inglés) ha alcanzado una madurez suficiente como para que se tenga en cuenta en el diseño sísmico rutinario. El proceso de **DDBD**, descrito en el presente documento, es extremadamente sencillo y tiene como objetivo alcanzar estados límites definidos por los límites de desplazamiento, y no sólo estar vinculados a ellos. Básicamente, los resultados son edificios con riesgo uniforme, lo cual resulta compatible con el concepto de espectros de riesgo uniforme, admitidos desde hace tiempo como carga sísmica. La aplicación del proceso a diversas formas estructurales, incluyendo edificios con estructuras de hormigón, paredes, así como edificios y puentes con paredes/estructuras duales ha sido autorizada por los análisis históricos inelásticos realizados de forma exhaustiva. Se presenta un breve resumen de dicho estudio. Queda patente que los resultados del diseño mantienen una tendencia que, a menudo, es contraria a la del diseño basado en la fuerza. Resultan especialmente adecuados en aquellas zonas con un grado de sismicidad bajo a moderado, como es el caso de España.

• **Análisis frecuencial de los métodos de integración temporal en ingeniería sísmica**

**Rafael Blázquez**, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Universidad de Castilla-La Mancha)

Los algoritmos de integración son importantes en Ingeniería Sísmica para calcular los registros de velocidad y desplazamiento de acelerogramas, las curvas espectrales y las historias temporales de la respuesta de sistemas oscilantes sometidos a un movimiento sísmico en su base. La técnica numérica más apropiada se elige en cada caso estableciendo un compromiso entre la precisión y el tiempo de cálculo, puesto que el error asociado a cada integrador crece con el tamaño del intervalo de integración.

La bondad de los esquemas de integración numérica en el dominio del tiempo se caracteriza mediante las funciones de transferencia de los correspondientes filtros digitales recursivos. Los factores que controlan el error en todo este proceso son la amplitud del intervalo de integración, la forma de variación de la señal entre puntos muestrados, y, en su caso, las propiedades dinámicas del oscilador (período propio y razón de amortiguamiento).

En este trabajo se presenta un criterio racional para evaluar la exactitud de los diferentes integradores temporales, basado en la comparación entre las funciones de transferencia (aproximadas) de los diferentes algoritmos y las correspondientes funciones de transferencia exactas, determinadas analíticamente para cada método de integración. Los resultados de dichas comparaciones y los factores que gobiernan el proceso se ejemplifican en el estudio, a fin de establecer algunas conclusiones y recomendaciones prácticas sobre este tema.

• **Modelos mecánicos para valorar la vulnerabilidad de edificios actuales**

**Sergio Lagomarsino**, Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Genoa, Italy

Con el fin de valorar la vulnerabilidad de edificios de mampostería y edificios de hormigón reforzado, se propone un modelo mecánico basado en el método del espectro de capacidad. Dicho método establece una clasificación de edificios por tipos y se han obtenido curvas de capacidad: a) para edificios de mampostería, mediante un modelo mecánico simplificado que utiliza pocos parámetros geométricos y tecnológicos; b) para edificios de hormigón reforzado, directamente de las fórmulas de códigos sísmicos. El estudio se ha llevado a cabo dentro del marco de proyecto sobre Riesgo de la UE, financiado por la Comisión Europea dentro del Quinto Programa Marco (FP5) y donde se propusieron dos métodos: un modelo macrosísmico que se utilizaría con mapas de riesgo macrosísmico, así como un modelo mecánico, que debería aplicarse cuando el riesgo se da con respecto a la aceleración máxima de la base (PGA, por sus siglas en inglés) y valores espectrales. La comparación de ambos modelos permite la obtención de una interesante validación cruzada.

• **Respuesta de edificios con estructura de hormigón ante sismos moderados**

**Antoni Blázquez Boya**, BLAZQUEZ-GUANTER/arquitectes, Universitat de Girona

El presente estudio tiene por objeto analizar si los tipos estructurales más empleados actualmente en Cataluña, son adecuados para resistir sismos moderados, o bien cuales serían los tipos más apropiados, además de averiguar si los actuales procedimientos de cálculo utilizados habitualmente por los Consultores de Estructuras son correctos, sobre todo porque no se suele considerar la interacción de la estructura con las paredes de cerramiento y separación.

En primer lugar, se estudian distintas modelizaciones estructurales para comprobar cuales representan mejor el comportamiento dinámico de los distintos tipos estructurales. Se estudia la importancia que tiene una correcta evaluación de los períodos fundamentales en el cálculo de las solicitudes que ha de resistir la estructura.

A continuación, para averiguar cómo interactúan las paredes de cerramiento y separación con la estructura, se ha confeccionado un modelo sometido a aceleraciones crecientes en que se analiza la respuesta que tendría un edificio en que se fueran rompiendo las paredes progresivamente.

Finalmente, utilizando las mediciones proporcionadas por los programas de ordenador y mediante la aplicación de una base de precios oficial de Cataluña, se comparan los costos de construcción de los distintos tipos.

Palabras clave: Sismo, Edificación, Período fundamental, Normativa, Modelos estructurales, Paredes relleno.

### 1.2 Sesiones técnicas

Las sesiones técnicas han tenido lugar en forma de ponencias orales de unos 20 minutos de duración y de mesas redondas, en 3 salas paralelas, así como en forma de póster en el hall del congreso.

Las sesiones se han estructurado en 3 grandes grupos:

**1.2.1** El primero de ellos ha sido dedicado al estudio del fenómeno sísmico en sus distintos aspectos geológico, histórico y sismológico, tanto en sus ámbitos metodológico como experimental. Se dan a continuación el título de la sesión y el número de presentaciones según las temáticas en las que se estructuraron el total de 51 ponencias en este grupo y que representan un total de 639 páginas en el CD de *Memorias del Congreso*:

- Sismicidad instrumental, registro y documentación histórica: 7 ponencias.
- Peligrosidad sísmica, tectónica activa y paleoseismología: 20 ponencias.
- Movimientos fuertes del suelo: 8 ponencias.
- Efectos locales: 16 ponencias.

**1.2.2** El segundo de los grupos corresponde al estudio de estructu-

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

ras y de dispositivos tecnológicos con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de edificios e infraestructuras expuestas al terremoto. Se da a continuación el número de presentaciones según las temáticas en las que se estructuraron estas 50 ponencias y que representan un total de 760 páginas en el CD de *Memorias del Congreso*:

- Vulnerabilidad sísmica: 13 ponencias.
- Disipadores de energía: 7 ponencias.
- Cálculo sísmico de estructuras: 15 ponencias.
- Dinámica estructural y de suelos: 10 ponencias.
- Control activo de estructuras 5 ponencias.

**1.2.3** El tercero ha agrupado sesiones polivalentes e interdisciplinarias, incluyendo mesas redondas sobre temas de actualidad. Las temáticas tratadas han sido las siguientes y representan un total de 168 páginas del CD de *Memorias del Congreso*

- Escenarios de daño y Planes de emergencia: 6 ponencias.
- Observaciones pre y post- terremoto: 5 ponencias.
- Normativas: 3 ponencias.
- Proyecto ISARD: 4 ponencias.

### Mesas redondas:

- Adaptación de Normas Nacionales al Eurocódigo 8.
- El papel de las aseguradoras frente al riesgo sísmicos.
- Características del acero para zonas sísmicas.
- Educación y comunicación del conocimiento.

Queremos aprovechar estas páginas para dar nuestro más sincero agradecimiento a todos los autores que han aportado sus trabajos a este congreso, a los conferenciantes invitados, a los ponentes, a todas las personas e instituciones que han apoyado y ayudado eficazmente en la celebración de este Tercer Congreso, y muy especialmente al Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials (CECAM) así como al Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona por su esfuerzo y colaboración.

ALEX BARBAT

Presidente de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS)

XAVIER GOULA

Miembro de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS)

JUAN BAUTISTA MARTÍNEZ-GUEVARA

Miembro de la Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS)

## EL NUEVO DB-HR: PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO (ver pág. 14)

Este artículo se ha realizado con el DB-HR publicado en el BOE en el mes de octubre de 2007. Para mayor información, puede consultarse la página web: [www.acusticaweb.com](http://www.acusticaweb.com), un observatorio de la implantación del DB-HR y de las noticias relacionadas con el mundo de la acústica.

### INTRODUCCIÓN

La construcción se basa en construir, romper, tapar y cubrir. Se trata de un proceso semiartesanal donde es necesario que cada acción esté bien ejecutada. Se aleja mucho de los procesos industriales y sistematizados porque cada edificio es un prototipo y cada planta del edificio, a pesar de estar diseñadas de forma idéntica, no se puede garantizar que se construyan igual: se puede desplazar una pared, un tabique, poner menos mortero en las juntas, perforar más una pared o un forjado, etc. Todas las obras suelen sufrir estos cambios.

### HABLAMOS DE CONSTRUCCIÓN PORQUE HABLAMOS DE ACÚSTICA

Cada material y cada sistema que utilizamos en una vivienda tienen un comportamiento acústico. Es necesario tener una visión global de la obra para afrontar el problema del aislamiento acústico, ya que es

algo difícil de conseguir en construcción. Intervienen dos mundos radicalmente diferentes; por una parte el mundo de la física, con sus conceptos teóricos y exactos para proyectar, y por otra parte, el mundo artesanal, con la mano de obra y la unión de diversos materiales. Ambos mundos han de trabajar correctamente.

Estos son los dos mundos que intenta regular el DB-HR. ¿Lo conseguirá? Resulta difícil saber cómo afectará a la práctica edificatoria porque el DB-HR plantea algunos interrogantes y además, en este país, nunca hemos aislado acústicamente. Lo más probable es que de aquí a unos años, ya nadie cuestione el hecho de colocar aislamiento acústico, de la misma forma que ahora nadie se cuestiona la colocación de aislamiento térmico. Todos juntos debemos empezar a familiarizarnos con esa gran desconocida que es la ciencia acústica.

### ENTORNO LEGISLATIVO ACTUAL

Cada año aumenta la exposición de la población al ruido. Nos hemos percatado de ello y lo vamos integrando poco a poco como una premisa de la sociedad de progreso. Cada vez más los coches y las motos hacen más ruido a baja frecuencia para dar una sensación de potencia, las salas de estar están llenas de altavoces del *home cinema* con sus potentes *subwoofers*, las terrazas y balcones están equipados con ruidosos aparatos de aire acondicionado, etc. Y a todo ello le tenemos que sumar el día a día, cargado de estrés y tensiones. Cuando llegamos a casa nos molesta el ruido que hace el vecino cuando camina, va al servicio, el llanto de los niños, la música a todo volumen y nos volvemos más intolerantes con las fiestas organizadas en nuestros barrios. La vida cotidiana nos estresa y la contaminación acústica se nos hace insoportable. Es por esta razón que la sociedad actual está reaccionando y valora cada vez más el descanso y el silencio.

Los efectos del ruido que padecemos son: alteraciones del sueño, trastornos conductuales, pérdida auditiva, estrés, hipertensión y enfermedades cardíacas, entre muchas otras. A pesar de que no nos parezca un problema grave, es necesario protegernos contra el ruido. (ver foto, pág. 14 –Rótulo con sonómetro. Medida de una mañana tranquila en Palamós–).

Para la protección contra el ruido tenemos dos ramas normativas: la de edificación y la ambiental. Las dos ramas están marcadas por directivas europeas que hay que cumplir para converger con Europa. En la edificación existe la LOE y ahora el CTE DB-HR. A nivel ambiental estatal tenemos la llamada "ley del ruido" del 37/2003 y a nivel catalán, la "Ilei del soroll" 16/2002.

De la LOE nos interesa destacar el hecho que define la responsabilidad trienal de las viviendas, que parece que podría entrar en vigor el año que viene. Por lo tanto, los defectos de acústica entrarían dentro de los seguros trienales y haría falta un OCT para controlarlos.

De la norma **NBE CA-88** mejor ni hablar, ya que nadie la cumple. Proponía la verificación de proyecto y no garantiza en absoluto el confort acústico. El paso de la NBE al DB-HR no es importante por los niveles exigidos sino por su verdadero cumplimiento.

### INTRODUCCIÓN DEL DB-HR EN EL CTE

El DB-HR será una de las partes del CTE que más afectarán al sector de la construcción. Comporta dos ejes principales: visión global acústica del edificio y la imposición como método de comprobación las medidas *in situ*. El CTE considera el edificio acabado como un producto. Por lo tanto, se exigen las prestaciones acústicas al edificio en su conjunto y no a cada uno de sus elementos constructivos, como lo hacía hasta ahora la NBE CA-88.

Se tiene que tener en cuenta la problemática acústica desde el principio de la realización del proyecto, porque nos condicionarán muchas de las posibles soluciones y la colocación de los materiales correspondientes.

El DB-HR nos obliga a proyectar y construir los edificios considerando:

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

- Aislamiento acústico al ruido aéreo.
- Aislamiento acústico al ruido de impacto.
- Control del ruido y de las vibraciones de las instalaciones.

El DB-HR quiere cuantificar la protección entre usuarios ya que el problema es de índole social y no tiene que ver con la fatiga de los materiales. El DB-HR caracteriza y cuantifica las exigencias con valores limitados, pero también explica como diseñar y dimensionar los diferentes sistemas para tener los aislamientos necesarios. Para obtener los nuevos valores de aislamiento, no lo solucionaremos dándoles más espesor a los materiales sino **cambiando los sistemas constructivos**.

Con el DB-HR, dejamos de hablar de aislamiento entre particiones para hablar de aislamiento entre recintos, pues tenemos en cuenta las transmisiones laterales. Necesitamos nuevas herramientas de predicción para saber si, con los elementos que estamos construyendo, cumplimos con los niveles acústicos exigidos. Es por esta razón que el DB-HR nos presenta dos caminos para proyectar las soluciones acústicas: el método **simplificado** con soluciones ya estipuladas o el método **general** en el que se ha de calcular cada parámetro. Para esta segunda opción, no habrá una herramienta informática como se había especulado y será necesario utilizar las hojas de cálculo de los fabricantes o el software de pago Acoubat-dBMat, una gran base de datos con un programa de cálculo sencillo que ayuda a realizar la predicción de los aislamientos acústicos.

Lo más probable es que la opción favorita de los proyectistas sea el método simplificado. Son soluciones que determinan el grado de aislamiento a través de una serie de medidas en construcciones reales. Estas soluciones están sobredimensionadas y aseguran estar por encima de los índices del DB-HR, siempre y cuando la ejecución sea la correcta. (ver foto, pág. 16 –*Sistema mixto cerámica y placas de yeso con paso de instalaciones*–).

En el **cálculo simplificado** el procedimiento radica en escoger en el siguiente orden los diferentes cierres:

1. los tabiques que necesitamos
2. los elementos de separación horizontales y verticales
3. las medianeras
4. las fachadas

Una vez realizado el recorrido obtenemos todos los paramentos necesarios sin calcular nada. Justificaremos esta solución simplificada en el proyecto a través de los ensayos de los fabricantes y empleando unas fichas justificativas parecidas a las de la NBE CA-88. Sin embargo, de momento los ensayos de los fabricantes sólo dan sus primeros pasos y si los comparamos, los resultados conseguidos son muy diferentes para elementos similares. Como mínimo serán necesarios tres años para lograr sistemas constructivos probados y fiables de acuerdo con el DB-HR, por lo que se deja la puerta abierta a otras soluciones constructivas justificadas mediante el cálculo.

Como complemento de los DB, se establecen los *Documentos Recognidos*, documentos con soluciones ya establecidas y que por ahora se desconocen porque no se han publicado. Sin embargo, las asociaciones Hispalyt y Atedy tienen los suyos preparados.

Una novedad importante es el hecho plantear el aislamiento acústico de la fachada teniendo en cuenta el nivel de ruido exterior. Se tendrá que saber con claridad en qué lugar se situará el edificio y qué nivel de ruido tiene asignado según los mapas de ruido. Según la normativa actual todas las fachadas son iguales y cuesta explicar a un usuario de una vivienda próxima a una carretera importante o un aeropuerto, que el edificio no está mal construido sino que él vive en un entorno muy contaminado.

### ÍNDICES DE AISLAMIENTO

Una de las grandes diferencias con respecto a la NBE CA-88 es la definición de los diferentes índices para cada tipo de ruido y situación. La ventaja de dichos índices es poder calcular y comprobarlos una vez acabado el edificio. No los explicaremos de manera indivi-

dual porque son muy numerosos, pero todos intentan ajustarse lo máximo posible a la realidad.

En comparación con la NBE CA-88, el DB-HR incrementa los índices de aislamiento para responder a las demandas de confort acústico. Pero dicho incremento no es muy importante, tal y como comprobaremos en las siguientes tablas. A la hora de comprobarlos, con medidas *in situ*, nos permite aplicar tolerancias de 3 dB. Es por esta razón que nos ha parecido muy interesante mostrar una tabla comparativa (ver tabla 1, pág. 17), para recintos protegidos con los niveles exigidos por la NBE CA-88, el DB-HR y el DB-HR con las tolerancias que nos permite a la hora de medir.

Es sorprendente observar como, en el caso de que tengamos que tomar medidas para comprobar el aislamiento, no se ha aumentado tanto como parece la protección respecto a la NBE CA-88. En el caso más común de pared entre vecinos y zonas comunes el incremento sólo es de 2 dB; para un local de instalaciones, se reduce en 3 dB el aislamiento para un recinto protegido y 13 dB para un recinto habitable. No tiene ningún sentido que desde la cocina o el baño estemos oyendo perfectamente como sube el ascensor, ya que el aislamiento de los otros recintos no servirá para nada: el ruido pasará por la junta de la puerta del baño o de la cocina hacia los otros recintos.

Observamos como el aislamiento mínimo exigido entre diferentes usuarios (vecinos) y entre usuarios y zonas comunes aumenta 5 dBA. En cambio, cuando tenemos un recinto habitable se mantiene el nivel y si le aplicamos las tolerancias de las medidas, obtenemos una disminución del 3 dB con respecto a la NBE CA-88!

En lo que al aislamiento de fachadas se refiere, se mantienen los niveles del actual NBE CA-88 que podemos considerar como bajos. A pesar de tener índices de aislamiento diferentes, son comparables y por lo general el  $R_A$  tiende a ser igual o 1 dB por encima de  $D_{NTA}$ . Se trata de una diferencia poco importante porque el índice  $R_A$  no tiene en cuenta las transmisiones laterales. El  $R_A$  caracteriza el elemento constructivo y el  $D_{NTA}$  el elemento y sus condiciones de contorno.

Hay que aislar más las paredes vecinas que las fachadas, porque el ruido que puede llegar a generar un vecino supera el que procede de la calle. El vecino puede tener la televisión con un volumen alto, hablar chillando, tocar el piano o dedicarse al bricolaje los domingos por la mañana. Genera un ruido discontinuo que molesta más que el sonido del tráfico que es más continuo. Así pues, nos tenemos que proteger del vecino.

El DB-HR también pide el control de la reverberación en las zonas comunes. Los acabados superficiales y los revestimientos de las zonas comunes deberán tener una absorción mínima de 0,2 m<sup>2</sup>, ya que así el sonido que se genera en los pasillos no será excesivo. La transmisión de ruido de las zonas comunes es elevada a través de la puerta de entrada y sobre todo, a través de la junta inferior de la puerta con el pavimento.

Tabla de ruido de impacto: (ver tabla, pág. 18).

El ruido de impacto no se cuantifica como el aéreo. El ruido aéreo es el nivel de aislamiento que nos da una pared o un forjado. En cambio, el ruido de impacto es la cantidad de ruido que deja pasar el forjado. Si damos un golpe al forjado, el recinto inferior tiene que recibir un nivel inferior a 65 dB, por lo tanto se tiene que incrementar en 15 dB la protección.

Ya hemos visto los índices y como aumentado ligeramente la protección del usuario. Comentemos que según un estudio de medidas realizadas en Galicia, realizado en forjados reticulares de 25+5 cm, se ha podido comprobar que sólo cumplían el DB-HR el 26% de los forjados para los niveles de aislamiento aéreo y el 41,2% para los niveles de impacto. Es un dato sorprendente que indica que será necesario dotar de más aislamiento a los forjados con un suelo flotante. A la solución al ruido de impacto la llamamos de corte elástico porque colocamos un elemento elástico y amortiguador entre el forjado y el pavimento, un suelo flotante desvinculado del forjado con lana mineral de alta densidad o con polietileno reticulado de 5 a 20 mm

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

de grosor. Y por encima, una capa de mortero armada de 5 cm para recibir el pavimento.

Comparativa con Europa del ruido aéreo: (ver comparativa, pág. 18).

Comparativa con Europa del ruido de impacto: (ver comparativa, pág. 18).

Las comparaciones nos muestran que a pesar del salto cualitativo del DB, seguimos a la cola en la protección contra el ruido. Más bien parece un primer intento para adquirir poco a poco la costumbre de construir mejor y conseguir mejores niveles en el futuro. Además de no asustar los promotores con elevados niveles de aislamiento y sus grandes repercusiones a la hora de construir.

### RECOMENDACIONES PARA PROYECTAR Y CONSTRUIR EDIFICIOS

Hay que tener en cuenta tres puntos básicos:

- Los aislamientos térmicos no tienen porque ser aislantes acústicos. Sólo las fibras de vidrio y las lanas de roca son a la vez buenos aislantes de ambos.
  - Aumentar el aislamiento 6 dB requiere el doble de masa para las paredes de azulejos, debido a que se trabaja en escala logarítmica.
  - Los cristales dobles con cámara de aire no siempre son aislantes acústicos, sino más bien lo contrario, ya que el vidrio provoca a menudo resonancias en su interior.
- Las instalaciones son una importante fuente de ruido. Recomendamos:
- Para las tuberías de agua empotradas, utilizar envolturas elásticas y pasamuros.
  - Aislar los bajantes con una manta de lana de roca o fibra de vidrio que las cubra, o colocarla en las paredes de los tabiques que protegen los bajantes.
  - Colocar cajetines eléctricos asimétricos y que no atraviesen la pared. Separación mínima de 60 cm.
  - Cajas de telecomunicaciones colocadas con paredes con un grosor suficiente y que no traspasen la pared de separación con la zona comunitaria.
  - Los conductos de aire acondicionado deben pasar por espacios independientes y aislados de los recintos protegidos y recintos habitables.
  - Equipos exteriores instalados con antivibradores y en las cubiertas. Pedir al suministrador del equipo exterior que no supere los 45 dBA de ruido. Recordemos que a menudo se acumulan aparatos en las cubiertas que pueden llegar a tener niveles de ruido muy elevado.
  - Las guías del ascensor unidas a los forjados del edificio mediante elementos elásticos y evitando el anclaje en los muros verticales de separación.
  - La maquinaria de los ascensores estará separada de los elementos estructurales del edificio mediante elementos amortiguadores de vibraciones y su colocación en un recinto considerado recinto de instalaciones al efecto de aislamiento acústico.

Recomendaciones del DB:

- Separaciones entre vecinos de un mismo edificio con sistemas mixtos: cerámicas y placas de yeso.
- Necesidad de ejecutar un suelo flotante con una capa de lana de roca, de fibra de vidrio de alta densidad o con láminas de polietileno con una capa de mortero armado por encima.
- Soluciones adecuadas a la carpintería exterior, aluminio o PVC de clase 3 o 4, estancas y con doble cristal de lunas diferentes para evitar resonancias.
- Registro de persiana integrada en el premarco, tipo monobloc y si podemos con fibras, lanas o con una capa viscoelástica elastomérica que es mucho más delgada. La tapa interior es recomendable que sea de aluminio o plomo. (ver foto, pág. 19 –Sistema mixto de división entre vecinos–).

### MEDIDAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Las medidas *in situ* de aislamiento acústico ha sido la parte más comentada del DB-HR y no es obligatoria. En un primer momento se preveía que los agentes implicados en el proceso edificatorio pudieran pedirlas, pero en el último momento se han eliminado, ya que uno de los agentes son los compradores de las viviendas y podrían reclamar un ensayo. Ahora sólo se realizarán cuando “*sea exigido por la legislación aplicable o esté previsto en el proyecto*”.

Después de especular sobre si los ayuntamientos lo pedirían, el Ministerio de la Vivienda hizo público que las Comunidades Autónomas son las que tendrán la potestad para decidir sobre este asunto. Sin embargo, hay ayuntamientos que antes de la licencia de primera ocupación piden la verificación de los diferentes elementos constructivos. El caso más conocido es el del Ayuntamiento de Valencia, que ya lleva algunos años reclamándolo y la experiencia ha sido valorada muy positivamente.

### CONCLUSIONES

Actualmente, son tres los factores por los cuales no gozamos de confort acústico en las viviendas y el DB-HR lo quiere solucionar: los elementos que cumplen con la NBE están por debajo del confort acústico, hay redacciones de proyectos poco definidos acústicamente donde sólo se incluye una hoja resumida y pocos detalles constructivos, y para terminar, la mano de obra está poco cualificada y la colocación se realiza de forma deficiente.

La aplicación del DB-HR es posible y supondrá una necesaria adaptación del sector. Será necesaria la mejora de la mano de obra y la recuperación de las buenas prácticas constructivas, hacer mucha pedagogía y explicar cuáles son los errores que no se deben cometer. Los errores provocan que las soluciones proyectadas resulten ineficaces y quizás habrá que evitar los trabajos a precio cerrado ya que aumentan considerablemente las patologías acústicas.

Habrá que tender hacia una racionalización de los proyectos en contra de la singularidad actual e incorporar tecnologías de otros procesos, como los industriales.

Los proyectistas deberán tener más conocimientos acústicos o subcontratar estos servicios a consultores acústicos con conocimiento de los materiales, ya que las soluciones desarrolladas por los cálculos del proyecto son complejas y no garantizan el resultado final. Es necesario un asesoramiento en fase de proyecto de las diferentes soluciones constructivas y analizar sus condiciones de contorno.

El hecho de haber calculado el aislamiento acústico desde el proyecto nos hará cambiar algunas de las soluciones constructivas que hemos estado aplicando hasta ahora. El DB-HR comportará una generalización de los sistemas de pavimentos flotantes y paredes divisorias entre viviendas con paredes secas de pladur o mixtas de cerámica y tradosados de pladur.

Los promotores tienen poca confianza en el actual sistema judicial. En caso de conflicto, aunque presenten sus ensayos iniciales al acabar la obra, los jueces pedirán un nuevo peritaje y entonces puede darse el caso de que las viviendas no cumplan con el DB-HR porque las condiciones de la calle hayan cambiado. Esta inseguridad jurídica no es de su agrado y representan al sector que más está frenando el DB-HR hasta que se aclare dicho punto.

España seguirá estando a la cola en protección acústica a pesar del aumento de los valores de aislamiento. Se trata de unos niveles que otros países ya legislaron diez años atrás. Por lo tanto, llegar a las exigencias propuestas es perfectamente viable.

Tendremos unos nuevos índices de aislamiento, mejores que los actuales, ya que toman en cuenta las transmisiones indirectas y son verificables *in situ* con un sonómetro. La mayoría de los países europeos realizan estas medidas. Su verificación dependerá de las

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

Comunidades Autónomas y de los ayuntamientos, ya que rara vez lo piden a los técnicos de la obra o los promotores.

DAVID CASADEVALL PLANAS  
Consultor acústico - Arquitecto Técnico  
[www.acusticaweb.com](http://www.acusticaweb.com)

### REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE) (ver pág. 21)

El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios está aprobado por el Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio y entrará en vigor a partir del 29 de febrero de 2008.

La primera lectura demuestra un documento con clara *dimensión ambiental* (tal como se describe en el texto), que probablemente nos llevará a una mayor y más detallada planificación de las instalaciones térmicas.

El nuevo reglamento dicta medidas para mejorar la calidad del aire, como por ejemplo la prohibición de utilizar combustibles sólidos de origen fósil, el uso de calderas que permiten reducir las emisiones contaminantes o la obligatoriedad de evacuar los humos por la cubierta en los edificios de nueva construcción. Asimismo, se establecen las exigencias básicas de ahorro de energía en un intento de añadir elementos de lucha contra el cambio climático. Por lo tanto, se tiene en cuenta el rendimiento energético de las instalaciones térmicas (se fijan los requisitos mínimos de eficiencia energética y se marca un procedimiento de inspecciones periódicas de calderas y sistemas de acondicionamiento de aire).

El enfoque de este nuevo reglamento, tal como se indica al inicio del Real Decreto 1027/2007 que lo aprueba, está basado en prestaciones u objetivos, es decir, expresa los requisitos que deben cumplir las instalaciones térmicas sin obligar al uso de una determinada técnica o material, ni impedir la introducción de nuevas tecnologías. Se permite la utilización de soluciones alternativas a las que establecen las instrucciones técnicas, siempre y cuando se justifique con documentación el cumplimiento de las exigencias.

Se incide de forma notable en aspectos de control de estas instalaciones:

a) control respecto a la ejecución. El proyecto debe incluir las verificaciones y las pruebas que deben realizarse para el control de ejecución de la instalación y el control de la instalación finalizada.

b) control respecto al mantenimiento. El proyecto debe incluir un "Manual de uso y mantenimiento" con las características específicas de cada instalación.

c) control sobre el cumplimiento del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Para ello se establece un régimen de **inspecciones** que cada Comunidad Autónoma podrá señalar, permitiendo establecer unas *inspecciones iniciales, periódicas o puntuales* (motivadas por denuncias o resultados desfavorables detectados en las operaciones de mantenimiento). Se establece que deben realizarse inspecciones periódicas de los equipos de generación de frío y calor, y de las instalaciones solares térmicas con el fin de verificar la eficiencia energética que marca el RITE. Cada Comunidad Autónoma definirá el calendario de las inspecciones así como los requisitos de los agentes autorizados para llevarlas a cabo.

El formato del documento que compone el nuevo RITE se mantiene como el anterior; consta de una 1<sup>a</sup> parte que contiene las condiciones generales de aplicación y las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas y de una 2<sup>a</sup> parte formada por las instrucciones técnicas (IT). Esta segunda parte incluye la caracterización y cuantificación de las exigencias mediante el establecimiento de niveles o valores límites. Actualmente la primera parte se desglosa en:

#### Capítulo I. Disposiciones generales

#### Capítulo II. Exigencias técnicas

#### Capítulo III. Condiciones administrativas

#### Capítulo IV. Condiciones para la ejecución de las instalaciones

#### Capítulo V. Condiciones para la puesta en servicio de la instalación

#### Capítulo VI. Condiciones para el uso y mantenimiento de la instalación

#### Capítulo VII. Inspección

#### Capítulo VIII. Empresas de instalación y mantenimiento

#### Capítulo IX. Régimen sancionador

#### Capítulo X. Comisión asesora

Del análisis de su contenido señalamos los siguientes aspectos:

El **ámbito de aplicación** del RITE recae en las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria de los edificios de nueva construcción, así como en las instalaciones térmicas de los edificios existentes, respecto a su reforma, mantenimiento, uso e inspección. Se define lo que se entiende por reforma (cambio de uso del edificio, cambio o incorporación del tipo de energía, incorporación, sustitución o modificación de algún subsistema de la instalación térmica).

Todos los agentes que intervienen en el proceso de instalación son **responsables del cumplimiento** del RITE. Incluyendo los que intervienen en su diseño, dimensionado, ejecución, mantenimiento e inspección. A este grupo se añade asimismo las entidades e instituciones que intervienen en el visado, supervisión o informe de los proyectos o memorias técnicas, así como los propios titulares y usuarios de la instalación.

Se crea un registro de **documentos reconocidos**, que son documentos técnicos sin carácter reglamentario para facilitar el cumplimiento de las exigencias del RITE. Serán del tipo guías técnicas para el diseño, códigos de buena práctica, guía de aplicación técnica, etc. El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio crea el Registro general de documentos reconocidos que tendrá carácter público e informativo. Tal y como describió el anterior reglamento, las **exigencias técnicas** de las instalaciones térmicas contemplan el bienestar y la higiene (calidad térmica del ambiente, calidad del aire interior, higiene –agua caliente sanitaria–, calidad del ambiente acústico), así como la eficiencia energética y la seguridad. De entre ellas, destaca la importancia de la eficiencia energética.

El cumplimiento del RITE podrá justificarse adoptando las soluciones basadas en las instrucciones técnicas o bien adoptando soluciones alternativas, siempre y cuando se justifique con la correspondiente documentación que la instalación diseñada cumple con las exigencias del RITE. La documentación técnica que justificará el cumplimiento del RITE será, según cada caso la siguiente:

a) Por potencia térmica nominal instalada > 70 kW (frío o calor) se requiere **proyecto**.

b) Por potencia térmica nominal instalada entre 5 kW y 70 kW (ambos inclusive) se requiere **memoria técnica**.

c) En los siguientes casos no se requiere documentación:

- Por potencia térmica nominal instalada > 5kW (frio o calor).
- Instalaciones de producción de agua caliente sanitaria con calentadores instantáneos, calentadores acumuladores y termos eléctricos cuando la potencia térmica nominal de cada una por separado o su suma sea menor o igual a 70 kW.
- Sistemas solares consistentes en un único elemento prefabricado. Se define el contenido del proyecto técnico en el artículo 16. El proyecto deberá incluir:

- Justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de bienestar térmico e higiene, eficiencia energética y seguridad del RITE y demás normativas aplicables.
- Las características técnicas mínimas que deben reunir los equipos y materiales que componen la instalación proyectada, así como sus condiciones de suministro y ejecución, las garantías de calidad y el control de recepción en obra que deben realizarse.

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

- Las verificaciones y las pruebas que deben hacerse para llevar a cabo el control de ejecución y el control de obra acabada.
- Las instrucciones de uso y mantenimiento, mediante la elaboración de un "Manual de Uso y Mantenimiento".

Las instalaciones que requieren un proyecto se ejecutarán bajo la dirección de un **técnico titulado competente** (director de la instalación). En el artículo 19 se establece que el director de la instalación hará las funciones de control y en los artículos 20, 21, 22 y 23 se detallan las operaciones que debe incluir cada fase del control. Para las instalaciones que requieren un proyecto se deberá presentar al órgano competente de cada comunidad autónoma un **certificado de inspección inicial**, además del proyecto y del certificado de la instalación. Una vez registrada la instalación deberá incluirse toda la documentación de referencia en el **Libro del Edificio**:

- a) El proyecto o memoria técnica de la instalación efectivamente ejecutada;
- b) El "Manual de uso y mantenimiento" de la instalación efectivamente ejecutada;
- c) Una relación de los materiales y equipos efectivamente instalados, en la que se indiquen sus características técnicas y de funcionamiento, junto con la correspondiente documentación de origen y garantía;
- d) Los resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2;
- e) El certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma;
- f) El certificado de la inspección inicial, cuando sea preceptivo.

Se establece la **responsabilidad de los usuarios** de:

- encargar a una empresa de mantenimiento la realización del mantenimiento de la instalación térmica;
- realizar las inspecciones obligatorias y conservar su documentación;
- conservar la documentación de todas las actuaciones de reparación o reforma en el Libro del Edificio.

Las operaciones de mantenimiento serán llevadas a cabo por empresas autorizadas; se establece como novedad que anualmente deberá expedirse un **Certificado de mantenimiento** que se tramitará por el órgano competente de la comunidad autónoma.

Se definen los requisitos que deben cumplir las **empresas autorizadas** como instaladoras o empresas de mantenimiento. Este punto ya se contemplaba en el antiguo reglamento, sin embargo no se especificaban los requisitos con tanto detalle. Ahora se contemplan aspectos como la validez del registro de las empresas en diferentes comunidades autónomas, así como de los carnés profesionales.

Se establece un régimen de **inspecciones** con la finalidad de verificar el cumplimiento del RITE. En la IT4 se especifica cuáles son las instalaciones objeto de inspección periódica, así como los contenidos y plazos de las mismas. Podrán realizarse inspecciones iniciales o periódicas. Se señalarán los calendarios según cada comunidad autónoma. (ver tabla 1, pág. 23).

En el artículo 32 se establece un criterio de calificación energética como resultado de las inspecciones, que se resume en tres niveles: **ACEPTABLE**, **CONDICIONADA** y **NEGATIVA**. La obtención de una u otra calificación radica en la detección o no de defectos, que pueden ser muy graves, graves o leves. El artículo 33 clasifica de forma genérica lo que se entiende por estos defectos.

Es una novedad la creación de una **Comisión Asesora**. Se determina la creación de un órgano colegiado de carácter permanente que orgánicamente depende de la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y que recibe el nombre de Comisión Asesora. Se determina su composición y organización. La Comisión Asesora tendrá las siguientes funciones:

- Analizar los resultados obtenidos en la aplicación práctica del RITE, proponiendo criterios para su correcta interpretación y aplicación.
- Recibir propuestas y comentarios de las diferentes Administracio-

nes Públicas, agentes del sector y usuarios para su estudio.

- Estudiar y proponer la actualización del reglamento de acuerdo con la evolución de la técnica.

- Estudiar las actuaciones internacionales en la materia.

- Establecer los requisitos que deben cumplir los documentos reconocidos del RITE (art. 6), las condiciones para validarlos y el procedimiento a seguir para su reconocimiento y registro.

En la segunda parte del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, las instrucciones técnicas detallan los parámetros que debe cumplir cada instalación. Esta parte está configurada por cuatro grandes bloques:

**IT 1. Diseño y dimensionado**

**IT 2. Montaje**

**IT 3. Mantenimiento y uso**

**IT 4. Inspección.**

Cada una de estas instrucciones establece los valores límites que forman parte de las exigencias de bienestar, calidad del ambiente, eficiencia energética y seguridad. Además, se desarrollan las condiciones de montaje, las pruebas a realizar en cada instalación, las instrucciones de mantenimiento y el régimen de las inspecciones.

Algunos parámetros que forman parte de las condiciones de diseño han variado o se han añadido para poder compararlos con el anterior reglamento (velocidades medias del aire, caudales mínimos de ventilación diferentes para locales de fumadores o no fumadores, calidad del aire con respecto a concentración de CO<sub>2</sub> o a filtraciones mínimas, etc.). Sin embargo, todos los cambios que nos trae este nuevo reglamento tienen relación directa con la mejora de la calidad de las condiciones ambientales para los usuarios y también para el medio ambiente.

Queda prohibida la instalación de:

- Calderas de tipo atmosférico a partir del 1 de enero del 2010.
- Calderas con marcado de prestación energética según el RD 275/1995, del 24 de febrero, de una estrella a partir del 1 de enero de 2010.
- Calderas con marcado de prestación energética según el RD 275/1995, del 24 de febrero, de dos estrellas a partir del 1 de enero de 2012.

ELENA VILAGRAN GRAU

Arquitecta Técnica

Jefa de Área de Instalaciones de CECAM

## COMPRESIÓN DE ROCAS CON BANDAS EXTENSOMÉTRICAS: MÓDULO DE YOUNG (E) Y COEFICIENTE DE POISSON (v) (ver pág. 25)

### 1. INTRODUCCIÓN. LA MECÁNICA DE ROCAS

La **mecánica de rocas** es la disciplina que, dentro de los campos de la Geología y de la Ingeniería, trata las propiedades y comportamientos mecánicos de los materiales rocosos y de la respuesta que éstos presentan ante las fuerzas a las que están sometidos.

Las masas rocosas están casi siempre afectadas por discontinuidades o planos de debilidad, que separan el **macizo rocoso** en diferentes bloques o **matriz rocosa**. Debido a estas discontinuidades el medio rocoso presenta un carácter discontinuo y anisótropo.

Por lo tanto, la finalidad de la mecánica de rocas es poder conocer y predecir el comportamiento de los materiales rocosos frente a la acción de las fuerzas internas y externas que se ejercen sobre ellos. El conocimiento de las tensiones y deformaciones que puede llegar a soportar el material rocoso frente a unas determinadas condiciones

permitirà evaluar su comportamiento mecánico y enfocar los problemas presentados por las obras de edificación y de ingeniería. La relación entre ambos parámetros describirá el comportamiento de los diferentes tipos de rocas, lo cual junto con sus propiedades físico-químicas y las condiciones a las que están sometidas en la naturaleza, definirá el comportamiento del macizo rocoso.

Las clasificaciones de los macizos rocosos se basan en uno o varios de los factores que determinarán su comportamiento mecánico:

- Propiedades de la matriz rocosa
- Frecuencia y tipo de discontinuidades
- Grado de meteorización
- Estado de tensiones "in situ"
- Presencia de agua

### **2. PRUEBAS DE LABORATORIO EN LA MATRIZ ROCOSA: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LAS ROCAS DURANTE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN UNIAXIAL**

Para predecir la respuesta de los macizos rocosos frente a una determinada actuación que conlleve un cambio en las condiciones iniciales, es necesario estudiar sus propiedades y su comportamiento mediante las técnicas apropiadas: reconocimientos, pruebas "in situ" y de laboratorio.

Las **pruebas "in situ"** permiten evaluar las características de los macizos rocosos en su estado y condiciones naturales, a escalas representativas de su totalidad.

En cambio, las **pruebas de laboratorio** permiten obtener información sobre las propiedades físico-químicas y mecánicas de la matriz rocosa, las cuales definirán su comportamiento mecánico:

- Naturaleza
- Resistencia a la rotura (compresión, tracción, flexión, corte)
- Deformación
- Influencia de la presencia de agua

Además, se puede extrapolar el comportamiento matriz rocosa-discontinuidad, mediante pruebas de corte en roca entre dos fragmentos separados por una discontinuidad.

A menudo, una de las pruebas que más información proporciona y que mayor importancia tiene es la de la **resistencia a la compresión uniaxial**. Esta prueba nos indica el máximo esfuerzo que soporta una roca sometida únicamente a compresión vertical, sin confinamiento. ( $\sigma_1 \neq 0; \sigma_2 = \sigma_3 = 0$ ). Se determina sobre una probeta, generalmente cilíndrica, a la que se aplica con la ayuda de una prensa una carga incremental a una velocidad aproximada de 0,75 MPa/s. Se expresa de la siguiente forma siendo

$$\sigma_p = \frac{P}{A} \quad (\text{Mpa})$$

$\sigma_p$  resistencia a la compresión uniaxial

P carga de rotura

A área de la sección transversal del testigo de roca

Este parámetro proporciona información esencial sobre las propiedades mecánicas de las rocas y permite una primera clasificación de los diferentes tipos de roca en función de su valor de resistencia a la compresión. La *tabla 1* (ver tabla 1, pág. 26 –Valores de resistencia a la compresión uniaxial de la matriz rocosa sana–) nos enseña las categorías típicas de resistencia a la compresión uniaxial para los diferentes tipos de roca sana.

Si vamos más allá del valor de resistencia a la compresión y medimos la deformación que experimenta una roca durante el proceso de compresión uniaxial, se obtienen las proporciones de tensión-deformación ( $\sigma - \epsilon$ ) que permitirán definir el comportamiento de la roca:

- Antes de la rotura
- En el momento de la rotura
- Despues de la rotura

Debido al carácter anisótropo de la inmensa mayoría de las rocas,

los gráficos resultantes de los estudios tensión-deformación, presentan tendencias no lineales entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones producidas, obteniéndose diferentes modelos de curvas  $\sigma-\epsilon$  para los diferentes tipos de rocas (ver figura 1, pág. 27 –Diferentes comportamientos tensión-deformación en rocas.  $\sigma_p$  resistencia de pico  $\sigma_r$  resistencia residual–).

La curva que representa el gráfico tensión-deformación durante la rotura de una roca puede dividirse en diferentes tramos, de forma que el comportamiento mecánico durante la prueba de compresión uniaxial será la combinación de los posibles comportamientos ideales elástico-plástico-frágil, tal y como se refleja en la *Figura 2* (ver figura 2, pág. 26 –Comportamientos mecánicos durante la compresión de una roca–).

**OA:** cierre de fisuras originales

**AB:** comportamiento elástico (si retiramos la fuerza aplicada, se recuperan las deformaciones)

**B:** Límite de elasticidad ( $\sigma_y$ ). Resistencia a partir de la cual comienza la deformación dúctil o plástica. A partir de este punto la roca aún puede mantener deformaciones importantes antes de alcanzar su límite de resistencia. Una vez superado este punto, aunque se retiren completamente las fuerzas aplicadas, la roca no se recupera del todo.

**BC:** comportamiento plástico o dúctil. Se inicia la fisuración de la roca.

**C:** comportamiento frágil. Se alcanza la resistencia de pico ( $\sigma_p$ ). En rocas frágiles, los valores  $\sigma_y$  y  $\sigma_p$  están muy próximos o coinciden, lo que no ocurre en las rocas con un comportamiento más plástico. La diferencia entre ambos valores es sumamente importante, dado que nos indica la capacidad que tiene la roca para seguir soportando cargas una vez superado su límite elástico, sin que llegue a romperse. Por otra parte, podemos calcular también las deformaciones irrecuperables que sufre una roca por esfuerzos inferiores a su resistencia de pico.

### **3. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE YOUNG O DE ELASTICIDAD (E) Y DEL COEFICIENTE DE POISSON (v)**

La deformabilidad es la característica que tiene cualquier material de alterar su forma como respuesta a las fuerzas que actúan sobre él. Si suponemos que todas las rocas, en mayor o menor medida, se comportan de forma elástica al inicio de una prueba de compresión (tal y como hemos visto en la FIG. 2), podemos afirmar que la deformabilidad de las rocas se expresará por sus constantes elásticas:

**E: módulo de elasticidad o de Young**  $E = \sigma/\epsilon_{ax}$

**v: coeficiente de Poisson**  $v = \epsilon_y/\epsilon_{ax}$

El módulo de Young, E, define la relación lineal elástica entre el esfuerzo aplicado y la deformación producida en la dirección de aplicación del esfuerzo (deformación axial  $\epsilon_{ax}$ ).

El coeficiente de Poisson, v, define la relación entre la deformación transversal ( $\epsilon_y$ ) y la axial ( $\epsilon_{ax}$ ).

La *Figura 3* (ver figura 3, pág. 28 –Relaciones geométricas y cálculos para obtener las constantes elásticas de una roca a partir de una prueba a compresión uniaxial–) muestra las relaciones geométricas de los parámetros descritos.

Por lo tanto, si durante una prueba de compresión registramos, además de los valores de la resistencia, las deformaciones longitudinales (axiales) y transversales que experimenta un testigo de roca, podremos elaborar los cálculos pertinentes para aportar los valores correspondientes a las constantes elásticas de la matriz rocosa bajo prueba, E y v.

Se pueden realizar las medidas mediante:

**a) comparadores de deformación**

**b) bandas extensométricas**

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

---

Se pueden realizar los cálculos siguiendo uno de estos tres métodos:

- 1)** Tomando la pendiente de la parte recta del gráfico (método recomendado)
- 2)** Tomando la pendiente de la recta que une el origen con el 50% de la resistencia de pico.
- 3)** Tomando la pendiente de la recta que une el origen con la resistencia de pico.

Un material con un comportamiento isótropo elástico ideal, cuyo volumen no varía durante la aplicación de cargas, presentaría un coeficiente de Poisson de 0,5 (para mantener el volumen, el acortamiento unitario axial que se produce es el doble del ensanchamiento unitario transversal). Debido a la anisotropía que presentan las rocas, el valor del coeficiente de Poisson siempre será inferior a 0,5, situándose generalmente entre el 0,15 y el 0,40.

En cuanto al módulo de deformación elástico o de Young (E), una roca dura con un comportamiento mecánico frágil, presentaría un valor de E superior a una roca con comportamiento dúctil (por lo tanto menor coeficiente de Poisson v). En la *Tabla 2* (ver tabla 2, pág. 29 –Valores característicos de E y v para diferentes tipos de rocas–) se indican los valores máximos y mínimos característicos de E y v para diferentes rocas.

El CECAM, Centro de Estudios de la Construcción y Análisis de Materiales, en su afán de constantes mejoras en el ámbito de las pruebas de control de calidad de la construcción y conscientes de las necesidades de sus clientes de obtener unos resultados con la mayor exactitud posible, ha incorporado a su instrumental un nuevo equipo de **bandas extensométricas** para la medición de las deformaciones longitudinales y transversales en testigos de roca durante la realización de pruebas de compresión.

El principio de funcionamiento es la transformación de la magnitud física a medir (longitud – deformación), a otra magnitud que nos permita evaluar su valor: resistencia eléctrica. Las bandas extensométricas son elementos de tipo resistivo, que basan su funcionamiento en el cambio de resistencia eléctrica que experimenta un hilo conductor al variar su longitud. Por lo tanto, podremos determinar la variación de longitud que experimenta una banda midiendo la variación de resistencia que presenta (ver figura 4, pág. 29 –Diagrama de bloques del principio de medición de deformaciones mediante bandas extensométricas–). De esta forma, existirá una relación directa entre la deformación que sufre la banda y la variación de la resistencia eléctrica medida. Si la banda extensométrica se encuentra perfectamente adherida a un testigo (de roca o de hormigón), podremos decir que la deformación que experimenta la banda es la que experimenta el testigo.

Supongamos que tenemos un hilo de material conductor con una longitud inicial  $L_0$  y un diámetro inicial  $D_0$ , y que lo sometemos a una deformación longitudinal alcanzando una longitud y diámetro final L y D respectivamente (ver figura 5, pág. 30 –Deformación de un hilo conductor–).

Se formularán las deformaciones longitudinales y transversales del hilo por las siguientes expresiones:

Si suponemos que el material se comporta mecánicamente de forma elástica (como una roca cuando empieza a estar sometida a un esfuerzo compresivo), es decir, todas las deformaciones que se aplican se recuperan, la relación entre las deformaciones longitudinales y transversales será dada por el coeficiente de Poisson v:

$$v = -\frac{\epsilon_L}{\epsilon_L} = -\frac{\Delta D / D_0}{\Delta L / L_0}$$

Por otra parte, la resistencia eléctrica de un hilo conductor se puede expresar como:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

donde  $\rho$  es la resistividad del material, L es la longitud del hilo conductor y A es su área o sección. En el caso de un hilo de sección circular, se puede expresar la última expresión en función del diámetro:

$$R = \frac{4}{\pi} \rho \frac{L}{D^2}$$

Para ver la variación de la resistencia en función de los parámetros, recorremos a la diferenciación logarítmica:

$$\frac{dR}{R} = \frac{dp}{\rho} + \frac{dL}{L} - 2 \frac{dD}{D}$$

donde la variación de resistividad  $d\rho/\rho$  se debe a la variación de volumen  $dV/V$ , que se conoce como efecto piezoresistivo, y se da por:

$$\frac{dp}{\rho} = C \frac{dV}{V}$$

siendo C la constante de Bridgman, propiedad característica del material de hilo conductor. Si expresamos el volumen en función de la longitud y del diámetro del hilo, queda:

$$\frac{dp}{\rho} = C \frac{dV}{V} = C \left( \frac{dL}{L} + 2 \frac{dD}{D} \right)$$

Por lo tanto, la variación de la resistencia resulta ser:

$$\frac{dR}{R} = C \left( \frac{dL}{L} + 2 \frac{dD}{D} \right) + \frac{dL}{L} - 2 \frac{dD}{D}$$

Y teniendo en cuenta que el coeficiente de Poisson es la relación entre la deformación transversal y la longitud, nos queda:

$$\frac{dR}{R} = [(1 + 2v) + C(1 - 2v)] \frac{dL}{L} = K \frac{dL}{L}$$

donde el valor K, que sólo depende del material del hilo, se denomina *factor de galga* y es una constante adimensional. Por lo tanto, se puede medir la deformación mediante:

$$\epsilon = \frac{1}{K} \frac{dR}{R}$$

es decir, midiendo la variación de resistencia podemos determinar la deformación que ha experimentado la banda.

La prueba se hace por duplicado instalando en cada testigo dos bandas en sentido longitudinal y dos en sentido transversal, en caras opuestas (ver foto 6, pág. 31 –Colocación de bandas a un testigo de basalto–).

Es necesario preparar previamente la probeta, puliendo su superficie para asegurar una buena adherencia banda-testigo. Posteriormente se adhieren las bandas mediante cianocrílico, de forma que no quede ninguna burbuja de aire entre la banda extensométrica y el testigo.

Para la medición de las deformaciones se conectan las bandas a un módulo de adquisición de datos, que transformará las diferencias de resistencias medidas en deformación (ver foto 7, pág. 31 –Equipos de adquisición de datos–).

Posteriormente se representan gráficamente las deformaciones transversal y longitudinal respecto a la carga axial y se obtienen las correspondientes deformaciones unitarias axial y transversal, la carga de rotura  $\sigma_p$ , el módulo de Young, E y el coeficiente de Poisson, v. En la *Figura 8* (ver figura 8, pág. 32 –Ejemplo de acta de resultados de una prueba de compresión uniaxial con bandas extensométricas–) se refleja un ejemplo de acta de resultados.

Una vez obtenidos los valores de E y v, se pueden establecer las siguientes relaciones con otros parámetros:

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

---

### Mòdulo de deformació tangencial o de rigidez, G:

$$G = \frac{\text{tensió}_{\tan}}{\text{deformació}_{\tan}} = \frac{\sigma_{\tan}}{\epsilon_{\tan}} = \frac{\tau_{xz}}{g_{xz}} \quad G = \frac{E}{2 \cdot (1+v)}$$

### Mòdulo de deformació volumètrica, B:

$$B = \frac{\text{tensió}_{\text{isotòpica}}}{\text{deformació}_{\text{isotòpica}}} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} \quad B = \frac{E}{3 \cdot (1-2v)}$$

#### 4. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se emplean los módulos de deformación en la formulación de los modelos matemáticos utilizados para el cálculo de las respuestas de los materiales frente a situaciones de tensión que alteran su estado de equilibrio. Por ejemplo, el caso más práctico sería el del cálculo de asientos, suponiendo un semiespacio elástico, isotrópico y homogéneo, sometido a una carga aplicada a través de una cimentación directa. En este caso, según Boussinesq, el asiento S valdría:

$$S = \frac{k \cdot q \cdot B \cdot (1-v^2)}{E}$$

donde

**k:** constante función de la forma de la cimentación

**q:** presión aplicada

**B:** ancho de la cimentación

**v:** coeficiente de Poisson

**E:** módulo de Young

El módulo de Young actúa como principal factor, dado que de su correcta determinación puede depender que los asientos sean admisibles o no: un cálculo incorrecto de E, con un valor bajo, dará un asiento teórico mayor que el real, dado que es el único parámetro que toma parte del denominador de la expresión.

#### 5. CONCLUSIONES

El estudio de las masas rocosas es de suma importancia para el diseño de las nuevas estructuras a ejecutar, las cuales provocarán una nueva situación de tensión en el macizo. La predicción de su comportamiento se basa tanto en estudios in situ como en estudios en laboratorio y en cualquier caso, son esenciales los estudios tensión-deformación. Entre éstas, la prueba de compresión uniaxial es fundamental.

Considerando que las rocas, en los estados iniciales de una situación compresiva, se comportan de forma elástica e insertando un equipo de medición de las deformaciones (transductores o bandas extensométricas) durante la ejecución de una prueba de compresión uniaxial, además de obtener la última resistencia del testigo de roca, se obtendrán los gráficos tensión-deformación ( $\sigma - \epsilon$ ), a partir de los que se puede calcular directamente las constantes elásticas, características del material:

**E: módulo de elasticidad o de Young**  $E = \sigma/\epsilon_{ax}$

**v: coeficiente de Poisson**  $v = \epsilon_i/\epsilon_{ax}$

y de estas:

**Mòdulo de deformació tangencial o de rigidez, G:**  $G = \frac{E}{2 \cdot (1+v)}$

**Modulo de deformació volumètrica, B:**  $B = \frac{E}{3 \cdot (1-2v)}$

La determinación de forma precisa y exacta de las constantes elásticas de los materiales es fundamental para cálculos posteriores por parte de geólogos, ingenieros, arquitectos y aparejadores, pudiendo inducir a tomar medidas innecesariamente conservadoras si se calculan sin cuidado y se expresan valores bajos, con el consiguiente incremento en el coste final de la obra.

Desde el CECAM, debido a la constante innovación y la marcada vocación por aportar soluciones a las necesidades de nuestros clientes, estamos en condiciones de ofrecer pruebas de precisión como la *Compresión Uniaxial con Bandas Extensométricas, según UNE 22950:31990*, cuyos resultados permiten trabajar con valores reales exactos y prescindir de tablas a menudo conservadoras.

LLUÍS RODRÍGUEZ ALONSO

Geólogo

Jefe de Área de Suelos. CECAM

## EL MARCADO CE PARA MEZCLAS BITUMINOSAS

(ver pág. 34)

La Directiva 89/106/CE sobre Productos de Construcción sufre un considerable retraso en su implantación, a pesar de que fue transpuesta según el Real Decreto 1630/1992.

Todos los estamentos implicados en el sector de las mezclas bituminosas tendrán que estar preparados para afrontar la inminente implantación del marcado CE en esta materia, como respuesta al Mandato/124 de la Comisión CEN/CENELEC relativo a la redacción de normas armonizadas para productos de construcción de carreteras.

La normativa entrará en vigor el 1 de marzo de 2008 y será de obligado cumplimiento a nivel europeo, con el fin de armonizar los requisitos técnicos de los productos para que no exista ninguna reticencia a su libre circulación en los países miembros de la Unión Europea.

Los fabricantes de mezclas bituminosas tendrán que implementar un sistema de control de calidad interno que cumpla con los requisitos de las normas y posteriormente solicitar a un organismo notificado el inicio del proceso para obtener el marcado CE de cada una de las mezclas bituminosas.

### 1. LAS NUEVAS FAMILIAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS Y EL MARCADO CE

Esta nueva normativa implica la entrada en circulación de una serie de familias de mezclas bituminosas diferentes a las que usamos actualmente en nuestro país y a las que nos tendremos que adecuar. Actualmente, según el PG3 (O.M. FOM/891/2004 de 1 de marzo), tenemos las lechadas bituminosas, mezclas bituminosas en caliente y mezclas bituminosas discontinuas en caliente por capas de rodadura.

Con la entrada en circulación del marcado CE, tendremos ocho familias de mezclas según la norma UNE-EN 13108:

**Parte 1-** Hormigón asfáltico

**Parte 2-** Hormigón asfáltico por capas muy finas

**Parte 3-** Asfalto blando

**Parte 4-** Mezclas cerradas

**Parte 5-** Asfalto mezclado con mástiques bituminosos y áridos

**Parte 6-** Mástique bituminoso

**Parte 7-** Mezclas drenantes

**Parte 8-** Asfalto reciclado

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

La misma normativa incluye dos partes donde se especifican los ensayos que se tienen que realizar y el control necesario en la fábrica.

### **Parte 20- Ensayos de tipo**

### **Parte 21- Control de Producción en Fábrica**

También será aplicable la normativa UNE-EN 12697, que consta de 43 partes, cada una de las cuales es un método de ensayo.

Este desarrollo no sólo afectará a las Mezclas Bituminosas en Caliente (MBC) sino también a otros productos de construcción de carreteras:

- Tratamientos superficiales
- Productos para sellado de juntas
- Mezclas bituminosas en frío y recicladas
- Áridos, ligantes bituminosos, etc.

Debido a todo ello, algunos artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas (PG3) podrán verse modificados de manera importante.

El marcado CE establece unos requisitos mínimos esenciales para las obras civiles y de edificación, que son:

- Estabilidad y resistencia mecánica
- Seguridad ante el fuego
- Salud, higiene y medio ambiente
- Seguridad de uso
- Aislamiento acústico
- Aislamiento térmico y ahorro de energía

La normativa UNE-EN 13108 incluye cláusulas para la evaluación de la conformidad, que incluye el Control de Protección en Planta, la guía para el marcado CE y el Ensayo Inicial Tipo. (ver diagrama, pág. 35).

El Control de Producción en Planta es un sistema de calidad que obliga al fabricante a establecer un Plan de Calidad concreto con una periodicidad que depende, entre otros factores, del número de no conformidades obtenido.

En cuanto al Ensayo Inicial Tipo, incluye un mínimo de ensayos de comprobación de la mezcla, así como de sus componentes.

El Sistema de Conformidad se especifica para cada tipo de mezcla en el caso del hormigón asfáltico, según la normativa UNE-EN 13108-1, será el Sistema 2+ para mezclas bituminosas para carreteras y otras áreas de tránsito.

Para el Sistema 2+, el fabricante tendrá como tareas:

- Ensayo Inicial de Tipo de producto
- Control de Producción en Planta
- Ensayo de muestras en planta según un plan de control

Las tareas del organismo notificado son:

- Inspección inicial
- Vigilancia, evaluación y autorización permanente del control de producción en fábrica, inspecciones periódicas.

Con ello este organismo otorga el Certificado de control de producción en planta.

El marcado CE ha de incluir:

- la Declaración de conformidad del fabricante
- el Certificado de control de producción en planta

## 2. PANORAMA EUROPEO

Las mezclas bituminosas en caliente, en referencia a los productos para la construcción de carreteras y otras zonas pavimentadas, son objetos de estudio por parte del Comité de Normalización CEN/TC 227. Se estudian los diferentes tipos de mezclas sin que se incluyan los diferentes materiales que los componen.

La UNE-EN 13108 recoge los criterios mínimos a exigir a los materiales empleados en su sistema de producción, es decir, el ensayo inicial tipo y el control de producción en planta.

Las siete primeras partes de esta normativa recogen las especificaciones de las mezclas bituminosas existentes y la octava parte se refiere a las mezclas bituminosas recuperadas para mezclas recicladas. Las partes veinte y veintiún recogen los criterios mínimos a

exigir al sistema de producción y a las exigencias escogidas para la mezcla.

Sólo tres de los siete apartados corresponden a mezclas comunes en nuestro país. (ver tabla 1, pág. 36).

Cada tipo de mezcla está definido dentro de la normativa por una serie de requerimientos generales con propiedades genéricas, que pueden ser seleccionados en función de las condiciones externas y de la aplicación. También aparecen otros requerimientos como los empíricos, comunes en nuestro país o los fundamentales también llamados prestacionales, empleados en países como Francia.

Un aspecto importante de la nueva normativa es que se centra únicamente en las especificaciones de la mezcla bituminosa como producto. Esta norma no se refiere a los materiales que la conforman, ni tampoco a la puesta en obra.

Otro aspecto a tener en cuenta es que las especificaciones recogen una serie de propiedades con diferentes niveles de exigencia que clasifican las mezclas en diferentes categorías.

## 3. REQUERIMIENTOS DE LAS MEZCLAS SEGÚN LA UNE-EN 13108

Como se ha mencionado anteriormente, cada tipo de mezcla está definido dentro de la normativa europea por una serie de requerimientos generales. Junto a éstos también existen los requerimientos empíricos y los prestacionales o fundamentales.

Se debe escoger uno de los dos sistemas.

- método empírico. Requisitos generales + requisitos empíricos
- método fundamental. Requisitos generales + requisitos fundamentales.

A continuación se presenta un listado de los diferentes requisitos de cada una de las mezclas bituminosas de la normativa europea más empleadas en nuestro país.

### **"Asphalt Concrete". UNE-EN 13108-1.**

Corresponde al primer tipo de mezcla analizado. Como ya se ha indicado, corresponde al hormigón asfáltico, son las mezclas convencionales que se corresponden a las mezclas densas (D), semidensas (S) y gruesas (G). Existen otras mezclas como las de alto módulo (MAM), las drenantes (PA) y las de granulometría discontinua (F y M).

Los requerimientos definidos para las mezclas D, S y G serán: (ver tablas 2, pág. 37).

### **"Asphalt Concrete for very thin layers" PNE EN 13108-2.**

Es el hormigón asfáltico para capas finas. Corresponde con las mezclas bituminosas en caliente de granulometría discontinua en capa de poco grosor. Tienen la denominación M y F.

Los requerimientos entre este tipo de mezclas no hacen la distinción entre los requerimientos generales, empíricos o fundamentales. (ver tabla 3, pág. 38).

### **"Porous Asphalt" PNE EN 13108-7.**

Son las mezclas drenantes. Se designan con las letras PA. Dentro del PG3 se analizan junto con los hormigones asfálticos.

Igual que para las mezclas anteriores, la normativa no hace la diferencia entre los requerimientos generales, empíricos o fundamentales. (ver tabla 4, pág. 38).

## 4. CONSECUENCIAS DEL MARCADO CE

Las especificaciones dadas a las mezclas bituminosas empleadas en nuestro país se basan en una serie de propiedades mecánicas de durabilidad, superficial y relativa a la posibilidad de trabajar la mezcla. Entre todas dichas especificaciones, las que resultan más críticas por su comportamiento y las que normalmente clasifican y designan estas mezclas son las siguientes:

- Resistencia a las deformaciones plásticas.
- Resistencia a la acción del agua.

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

- Resistencia a la fisuración térmica y al envejecimiento.

Dentro del artículo 542 del Pliego de Prescripciones técnicas (PG3), correspondiente a las mezclas bituminosas en caliente, aparecen las especificaciones dadas a las mezclas bituminosas según las propiedades que se acaban de enumerar. Se destacan los ensayos que estudian y realizan cada una de ellas, especificando cuáles han de ser los resultados o dentro de qué intervalo han de situarse para obtener uno u otro tipo de mezcla.

Según este artículo, el análisis de huecos y la deformación plástica se estudiarán según la normativa NLT-159, ensayo de Marshall. Si se trata de capas de rodadura o intermedias se hará según la normativa NLT-173, ensayo de pista en laboratorio. En cuanto a la sensibilidad del agua, se empelará el ensayo de inmersión-compresión, según la normativa NLT-162.

Las especificaciones para las mezclas bituminosas de granulometría discontinua aparecen en el artículo 543 del Pliego de Prescripciones Técnicas. De acuerdo con este artículo, para las mezclas discontinuas de tipo F, la resistencia a las deformaciones plásticas se analizarán según el ensayo de pista en laboratorio, normativa NLT-173, y la pérdida de resistencia por la acción del agua según el ensayo de inmersión-compresión, normativa NLT-162. En cambio, para las mezclas bituminosas monogranulares de tipo M, se estudia la perdida por abrasión, ensayo de Cántabro, según la normativa NLT-352. El diseño de las mezclas según la nueva normativa europea está marcado, como ya se ha indicado anteriormente, por una serie de requerimientos generales, empíricos y fundamentales. Estos nuevos requerimientos no siempre se ajustan a los que se emplean actualmente en nuestro país. Con el nuevo marco europeo, las mezclas bituminosas no se tienen que diseñar para un tipo de firmeza, para un clima concreto o para un tránsito específico. Son mezclas con unas especificaciones de tipo menú o niveles de exigencia que clasifican las mezclas dentro de unas categorías. Es por esta razón que se puede decir que existe una gran diferencia entre la normativa europea y la existente actualmente en nuestro país.

Una vez analizadas nuestra normativa actual y la europea, que será de cumplimiento obligatorio dentro de poco tiempo, se puede comprobar que no se podrá seguir utilizando dos de los ensayos.

### **Ensayo de Marshall. NLT- 159**

Actualmente es un ensayo de referencia para el diseño y la caracterización de las mezclas bituminosas en caliente más comunes en nuestro país y dentro de la normativa europea será una especificación para las mezclas bituminosas en usos en firmes de aeropuertos.

La resistencia a la deformación permanente se estudia en la normativa europea mediante otro ensayo, no utilizado en nuestro país, pero que sí es conocido. Se trata del ensayo *Wheel Tracking*.

Este último está recogido en la norma UNE 12697-22. Los resultados obtenidos mediante uno y otro serán los mismos.

### **Ensayo de inmersión-compresión. NLT-162**

La sensibilidad al agua es una propiedad crítica en el comportamiento de las mezclas bituminosas. Mediante este ensayo se obtiene un índice de pérdida, producido al comparar las resistencias a compresión simple de dos series de probetas, una serie mantenida en el aire y otra sometida a un baño de agua. En cambio, la normativa UNE EN 12697-12 determina la resistencia a la fractura por tracción de una probeta cilíndrica cuando se aplica una carga a compresión diametral. Los resultados se expresan en % de resistencia conservada.

### **5. GUÍA PARA EL MARCADO CE**

Dentro de la comisión técnica de Asfema, se construyó en marzo de 2006, el grupo 3 "Marcado CE". El objetivo de este grupo es la redacción de una Guía para obtener el marcado CE de las mezclas bituminosas. En este grupo participan más de 20 técnicos de empresas que fabrican mezclas bituminosas, suministradores de ligantes, centros de investigación y laboratorios.

La confección de la Guía es el último paso de una serie de etapas:

- Revisión de las 43 normativas de ensayo UNE EN 12697 y análisis con la normativa vigente. De acuerdo con la Dirección General de Carreteras, este documento permitirá elegir cuáles serán los ensayos aplicables en nuestro país y los cambios con respecto a la situación actual. (Procedimientos de ensayo, equipos, etc.)
- Un trabajo de correlación entre los valores actuales y los ensayos del futuro.
- Propuesta de especificación de nuestras mezclas bituminosas actuales en base a las normas UNE EN 13108.
- Adaptación del criterio de Control de Producción en Planta (FPC)

### **6. CONCLUSIONES**

El mercado CE es un pasaporte para la libre circulación del producto en el mercado interior de la UE. Garantiza las especificaciones de un producto para el uso previsto y significa que el producto tiene la conformidad, con una normativa armonizada o un DITE. El mercado CE será obligatorio, después de los períodos de implantación, para cualquier familia de productos que dispongan de una especificación técnica armonizada y publicada oficialmente.

El mercado CE no es una marca de calidad, sólo garantiza algunos aspectos relacionados con los requisitos esenciales de seguridad, salubridad y protección del medio ambiente, con una finalidad basada en la evaluación de los riesgos relacionados con dichos aspectos. Evidentemente, el mercado CE tampoco garantiza el buen uso y manipulación del producto, ni el diseño correcto de la edificación y obra civil, donde está previsto su uso.

Las marcas de calidad del producto son de tipo voluntario, como la N de AENOR. Pueden seguir usándose pero no substituyen el mercado CE, en todo caso lo completan. La Comisión impone que estas marcas voluntarias no contengan elementos ya cubiertos por el mercado CE y que se usen conjuntamente con el mercado CE de forma inequívoca, en igualdad de condiciones.

### **7. BIBLIOGRAFÍA**

- ASEFMA. Asociación española de fabricantes de mezclas bituminosas
- BARDESI, A. *Situación creada por el marcado CE de áridos*. Normativa actual. Futura norma CEN y marcado CE de mezclas bituminosas. Junio de 2005.
- JORNADA TÉCNICA DE ASEFMA. *Panorámica actual de las mezclas bituminosas. Asefma, un nuevo enfoque*. Junio de 2005.
- PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN. (Directiva 89/106/CEE). Marcado CE, ¿Cómo se comprueba? Versión 8, mayo 2007. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- NORMES ARMONIZADAS, UNE-EN 13108-1, UNE-EN 13108-20, UNE-EN 13108-21, UNE-EN 12697.
- JOURNAL. Das Asphalt Magazin. Gestrata. Abril de 2006. *CE-Kennzeichnung von Asphalt, Asphalt in Kontext der Neuen Europ. Normen*
- INFORMATIONS MATERIAL ZUR ZERTIFIZIERUNG DER WERKSEIGENEN PRODUKTIONSKONTROLLE (WPK) FÜR ASPHALTMISCHGUT. (EN 13108-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7). *Amt der Steiermärkischen Landesregierung*. Junio de 2007.

DOMINGO LOSADA

Arquitecto Técnico

Jefe del Área de Viales de CECAM

### PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA FUTURA EHE: ASPECTOS RELEVANTES Y CRITERIOS PARA SU ELABORACIÓN (ver pág. 42)

#### RESUMEN

La Comisión Permanente del Hormigón (CPH) aprobó el pasado mes de julio DE 2007 el proyecto de revisión de la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)" que, actualmente, está en trámite administrativo previo a su aprobación por el Consejo de Ministros. En este artículo, se describen, de forma cualitativa, las líneas básicas que han inspirado este proceso de actualización de la EHE, así como aquellos aspectos más innovadores de la misma.

#### INTRODUCCIÓN

La Comisión Permanente del Hormigón (CPH), en su reunión de 25 de julio de 2007, aprobó el texto final del proyecto de futura "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)", que recoge el resultado de los trabajos desarrollados en el seno de la Comisión para revisar el reglamento actualmente vigente.

Finaliza así un largo trayecto iniciado hace más de cinco años, cuando, en marzo de 2002, la Comisión acordó el inicio de los trabajos para la revisión de la Instrucción, constituyendo una serie de grupos de trabajo para abordar cada una de las grandes líneas que se identificaron entonces como fundamentales para la actualización de la Instrucción EHE vigente, bajo la coordinación de los autores de este artículo.

Hay que resaltar como la primera característica de la futura EHE que es un proyecto que materializa el resultado final de la aportación de muchos. En primer lugar, evidentemente, de los miembros de la CPH, pero es justo resaltar que únicamente de ellos. Otros tres vectores de participación han sido también fundamentales para la consecución del proyecto en sus términos actuales: la colaboración con las diversas administraciones autonómicas, la aportación de los expertos que han constituido los diversos grupos de trabajo y los comentarios y observaciones formulados durante la fase de difusión pública del proyecto.

Así, muchas de las propuestas incluidas en su redacción, especialmente en los aspectos relativos a las estrategias para la gestión de la calidad, obedecen a la estrecha colaboración establecida entre las diversas Administraciones Públicas representadas en el seno de la Comisión Técnica para la Calidad de la Edificación (CTCE), en la que la presencia de representantes de las Administraciones Autonómicas así como de algunos Departamentos Ministeriales, han permitido el planteamiento de respuestas que pretenden ser eficaces en relación con la calidad y acordes con las nuevas exigencias que pide la situación actual del Sector de la construcción.

En segundo lugar, cabe destacar el papel desarrollado por los expertos que han formado parte de los grupos de trabajo constituidos en el propio seno de la Comisión. Un número de expertos superior a setenta, miles de horas, personas y más de cien reuniones mantenidas, son algunos de los datos que permiten reflejar el esfuerzo generoso de todas las personas involucradas. De alguna manera, estos datos conlleva una tarea tan ardua con la emprendida en los trabajos para la revisión de un reglamento como la Instrucción EHE.

Finalmente, cabe recordar que, en marzo de 2007, la Comisión acordó abrir una fase de difusión pública, al objeto de facilitar el conocimiento de su contenido antes de su aprobación, así como recabar propuestas y comentarios que permitieran mejorar su redacción. Dicha fase se materializó en un total de 1229 observaciones remitidas por diferentes Sectores industriales, por Asociaciones empresariales,

por Colegios Profesionales y también, por numerosos profesionales que formularon sus propuestas a título individual. Como consecuencia de las mismas, se introdujeron numerosas modificaciones, unas seiscientas cincuenta, que permitieron una mejora sustancial del texto. La futura Instrucción mantendrá el carácter integral que ha venido siendo tradicional a lo largo de su historia. Su ámbito de aplicación incluye todas las obras de construcción, tanto las de edificación como las de ingeniería civil, y cubre todas las fases de su vida de servicio, incluyendo su proyecto, ejecución y mantenimiento. Las líneas básicas que han inspirado el proceso de actualización reglamentaria han sido las siguientes:

- Enfoque prestacional, alineándose con la tendencia establecida por el Código Técnico de la Edificación.
- Incorporación del marcado CE para productos de construcción, como consecuencia de la aplicación de la Directiva 89/106/CEE, para la libre circulación de productos en el ámbito comunitario.
- Adopción del formato de seguridad del Eurocódigo EN 1992-1-1"Estructuras de hormigón".
- Ampliación del ámbito de aplicación de la Instrucción a los hormigones de alta resistencia, hasta 100 N/mm<sup>2</sup>.
- Incorporación a la Instrucción de nuevos hormigones: hormigones reciclados, hormigones ligeros, hormigones de fibras, hormigones autocompactantes y hormigones no estructurales.
- Optimización del esfuerzo de control, incidiendo en las comprobaciones del proyecto y de la ejecución.
- Adopción de criterios de contribución a la sostenibilidad.
- Introducción de criterios para la estimación de la vida útil de las estructuras.
- Incorporación de los forjados contemplados hasta ahora en el Instrucción EFHE-02.
- Incorporación de artículos dedicados expresamente a tratar los aspectos específicos fundamentales de elementos prefabricados y de puentes.
- Adaptación general al estado actual del conocimiento sobre estructuras de hormigón.
- Redacción clara y concisa, limitando el articulado a textos normativos, principios generales y a la particularización a los caso más frecuentes e importantes.

#### LA INNOVACIÓN EN LA TÉCNICA REGLAMENTARIA

Frente a la crítica tradicional del efecto limitador que puede suponer la reglamentación a la hora de abordar soluciones innovadoras desde el punto de vista técnico, el proyecto de la futura Instrucción establece, desde su primer capítulo, su vocación prestacional, estableciendo qué requisitos básicos deben cumplir las estructuras y cuantificando sus exigencias, de manera que sea posible cualquier solución o procedimiento siempre que garantice el nivel de prestaciones establecido.

En dicho sentido, la mayor parte del articulado del borrador de nueva Instrucción no es sino un procedimiento que la CPH considera como el más conveniente o adecuado, para conseguir el mencionado nivel, lo que no implica que no puedan emplearse otros métodos alternativos. De esta manera, se procura la necesaria coherencia reglamentaria con otras reglamentaciones vigentes, entre las que por su carácter aún reciente y novedoso, cabe destacar el Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, con el que, además, se ha pretendido mantener un paralelismo en su redacción, que facilite la comprensión de los requisitos y sus exigencias básicas.

Se perfecciona también así el planteamiento que venía siendo ya tradicional en el texto de los artículos 1º de las últimas Instrucciones de hormigón, en las que se establecía que el Autor del Proyecto y la Dirección de Obra "pueden, bajo su personal

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

responsabilidad y previa justificación de que no se reducen los niveles de prestaciones, emplear sistemas de cálculo, disposiciones constructivas, etc., diferentes".

Por otra parte, se ha considerado la figura de los nuevos agentes creados por la Ley de Ordenación de la Edificación, entre los que cabe destacar la nueva figura de las entidades de control de calidad.

### LA RESPUESTA A NUEVAS DEMANDAS SOCIALES

Desde su primera versión, aparecida en 1968, la Instrucción de hormigón ha venido constituyendo una referencia técnica indiscutible, incluso en el contexto internacional.

El método del momento tope (1968), el planteamiento estadístico de un control de calidad para el hormigón (1973), la aplicación del método de bielas y tirantes para regiones con discontinuidad o la introducción de criterios de durabilidad (1998) pueden ser buenos ejemplos de cómo las diferentes Instrucciones han ido incorporando los conocimientos técnicos consolidados en cada momento.

Actualmente y siguiendo con la vocación histórica de situarse en la punta tecnológica, la Comisión Permanente ha estimado necesario incorporar otros enfoques, probablemente novedosos para el planteamiento tradicional del proyecto y la ejecución de las estructuras de hormigón, pero que atienden nuevas demandas de la Sociedad: las que requieren de nuestras obras un planteamiento sostenible capaz de compatibilizar el desarrollo económico consustancial con la actividad constructora, con otros aspectos, como la consideración de factores sociales y la minimización de los impactos medioambientales.

### LA CONVERGENCIA CON EL MARCO EUROPEO

La próxima EHE será la primera Instrucción de hormigón que se apruebe con la Directiva 89/106/CEE de productos de construcción en fase de aplicación plena, con una gran cantidad de productos que ya disponen del marcado CE o, en su caso, están en vías de tenerlo. Esta circunstancia tiene una importante influencia también en el texto del borrador de la futura Instrucción, en donde de acuerdo con los compromisos de España como Estado Miembro de la Unión Europea y conforme con los planteamientos de la propia Comisión Europea, se considera que la posesión del citado marcado CE es suficiente para comprobar la conformidad del producto que lo posea, siempre que su documentación permita comprobar que las categorías o valores garantizados por el marcado CE son conformes, según cada caso, con las especificaciones establecidas por la propia Instrucción.

Por otra parte, el programa de Eurocódigos ha venido experimentando un sustancial avance durante los últimos años. En particular, desde diciembre de 2004 se dispone de la norma EN 1992-1-1 "Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings", constituyendo una referencia básica para los trabajos de revisión que se han abordado y que han estado enfocados en todo momento hacia la convergencia técnica con el programa de Eurocódigos.

Entre los aspectos más significativos relacionados con dicha convergencia, cabe destacar la modificación del formato de seguridad de la vigente Instrucción EHE, proponiéndose la adopción en el futuro de coeficientes de ponderación de acciones con valores únicos, a semejanza del planteamiento efectuado por los Eurocódigos y permitiendo, sin embargo, la reducción en algunos casos de los coeficientes parciales de ponderación de los materiales condicionada a que se presenten una serie de condiciones de garantía de calidad que permita emplearlos sin merma de los niveles de seguridad esta-

blecidos. En este sentido, cabe destacar la posibilidad de optimizar el empleo de recursos en estos casos, con la consiguiente ventaja desde el punto de vista económico y medioambiental, de manera que la calidad se constituye por derecho propio como herramienta básica para la contribución a la sostenibilidad.

### NUEVOS PRODUCTOS Y NUEVOS PROCESOS

La Instrucción EHE actualmente vigente planteó en 1998 la incorporación de los hormigones de alta resistencia (HAR) al ámbito reglamentario, si bien se formuló con carácter de recomendaciones, al objeto de fomentar el avance tecnológico y animar a su empleo por parte de los técnicos.

Transcurrida prácticamente una década desde entonces, los HAR se han incorporado con normalidad a muchas de las obras que se construyen en España, habiéndose avanzado en el conocimiento de sus propiedades mecánicas, especialmente en aquellos aspectos que condicionan su comportamiento diferido en el tiempo. Se ha considerado conveniente, por lo tanto, incorporar dichos hormigones al articulado de la Instrucción. Por ello, se ha ampliado su ámbito de aplicación para los hormigones con resistencias características especificadas de hasta 100 N/mm<sup>2</sup>. (ver foto 1, pág. 45 –Puente arco de Los Tilos (La Palma, Canarias), ejecutado con hormigón de altas prestaciones–).

Por otra parte, la experiencia positiva que se ha tenido con los HAR aconseja seguir el mismo procedimiento en la futura Instrucción con otros tipos de hormigón que podrían considerarse innovadores; bien porque son resultado de los avances tecnológicos de los últimos años, como puede ser el caso de los hormigones autocompactantes, o porque siendo técnicas conocidas con anterioridad no se habían integrado hasta el momento en el ámbito de la Instrucción, como puede ser el caso de los hormigones con áridos ligeros o los hormigones con fibras. (ver foto 2, pág. 46 –Ejecución de una losa con hormigón autocompactante–).

Mención especial merecen los hormigones reciclados, para los que el proyecto de futura Instrucción establece los criterios para su empleo, mediante la incorporación de árido grueso procedente de demoliciones de hormigón en proporciones que pueden ser de hasta un 20% en el caso de hormigones estructurales pero que pueden incrementarse hasta un 100% en el caso de hormigones no estructurales (hormigones de limpieza, relleno de zanjas, etc.).

(ver foto 3, pág. 46 –Utilización de hormigones estructurales con áridos reciclados en la pasarela de Marina Seca, Forum 2004, Barcelona–).

Pero las novedades de este proyecto de Instrucción no se refieren sólo a los hormigones, sino que también se ha considerado por primera vez la casuística derivada de la aparición en el mercado de nuevas sistemas de suministro del acero corrugado en forma de rollo que, por sus ventajas logísticas y de optimización de despuntes, están llamados a jugar un papel fundamental en el futuro para la elaboración de las armaduras para hormigón armado. (ver foto 4, pág. 47 –Armaduras pasivas suministradas en rollo–).

Por otra parte, tras la inclusión de los aceros corrugados con características especiales de ductilidad B400SD, en uno de los anejos de la vigente EHE, el Proyecto de futura EHE contempla este tipo de aceros con total carta de naturaleza en el articulado correspondiente a materiales, planteando la exigencia de su empleo en el caso de estructuras sometidas al sismo o cuando el autor del proyecto requiera para sus cálculos de unas deformaciones superiores a las convencionales.

Por otro lado, la aplicación de la vigente Instrucción EHE no permite el empleo de determinados tipos de árido que, siendo frecuentes en algunas zonas de España como es el caso de las ubicadas en el "arco mediterráneo", podrían ser utilizados en determinadas cir-

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

---

cunstancias para hormigones convencionales, de acuerdo con algunos estudios llevados recientemente a cabo, como es el caso de los trabajos desarrollados por AIDICO para la Generalidad Valenciana. Por ello, el borrador de Instrucción EHE contempla la posibilidad de empleo de áridos con contenidos de finos superiores a los actualmente admitidos, siempre que se cumpla una limitación global para la totalidad de los finos aportados por los diversos componentes del hormigón (áridos, cemento o agua reciclada en las centrales). En la misma línea, se permite el empleo de áridos con coeficientes de Los Ángeles superiores a 40, siempre que se cumplan determinadas condiciones prestacionales del hormigón con él fabricados, lo que pretende dar respuesta asimismo a la problemática planteada en otras zonas como son, en este caso, Galicia y Canarias.

Pero no sólo los productos innovadores son objeto preferente de esta revisión. La futura Instrucción está orientada de forma concluyente hacia aquellos productos que llegan realmente a la obra, estableciendo también mecanismos para que, en el resto de los casos, se traslade a la Dirección Facultativa la trazabilidad de los productos empleados. En este sentido, los procesos como la prefabricación y la ferralia cobran una especial atención por parte de la Instrucción que, de forma paralela al tratamiento que ha venido siendo tradicional para la fabricación del hormigón, incorpora especificaciones que deben cumplir los referidos procesos. Así, se establecen los criterios a seguir, por ejemplo, en cada uno de los posibles procesos desarrollados en las instalaciones de ferralia para la elaboración de las armaduras pasivas, como son el enderezado, el corte, el doblado o la soldadura.

Una tipología estructural que queda incorporada explícitamente es la consistente en forjados unidireccionales construidos "in situ", con armaduras básicas en celosía. Este tipo estructural estaba contemplado en la Instrucción EFHE, pero constituido por un elemento prefabricado (la armadura básica en celosía mas una zapata inferior de hormigón), sobre el que se disponía un mallazo superior y se vertía el hormigón *in situ*. La obligatoriedad de colocar un encofrado de fondo, por razones de seguridad laboral, hace prácticamente innecesaria la existencia de la zapata de hormigón, ejecutándose en la actualidad este forjado totalmente *in situ*, a pesar de no satisfacer algunos de los requisitos que exige la actual Instrucción EHE, porque no fue redactada pensando en contemplar este tipo estructural. (ver foto 5, pág. 48 –*Forjado unidireccional con armadura básica en celosía, construido in situ*–).

Cabe destacar también la especial atención para la incorporación del proceso de prefabricación al texto de la futura EHE. En dicho sentido, se incorpora la actual Instrucción de forjados de manera que las especificaciones de la Instrucción permitan su aplicación a las tipologías de forjados anteriormente incluidas en el ámbito de la EFHE-02. Por otra parte, se han tenido en cuenta las peculiaridades específicas del propio proceso de prefabricación, incluyéndose disposiciones específicas para el caso de uniones o disposiciones constructivas particulares de prefabricación.

Por fin, se incorpora un artículo dedicado a tableros de puentes de hormigón, con el objetivo de incidir en os aspectos más importantes de su proyecto, como pueden ser las zonas de discontinuidad (apoyos a media madera, zonas de anclajes, juntas, etc.).

### UNA APROXIMACIÓN AL ESTADO DEL CONOCIMIENTO EN CÁLCULO Y PROYECTO

Una de las razones fundamentales para la revisión de una normativa, y especialmente cuando se trata de una Instrucción que va más allá de unas recomendaciones, es la actualización de formulaciones y métodos de cálculo, proyecto, ejecución, control, evaluación o mantenimiento, de acuerdo con el estado actual del conocimiento. No se trata de introducir los últimos avances recientemente desarrollados o

publicados, sino de recoger aquéllos que, además, vienen avalados por un sólido bagaje teórico, por un contraste experimental, o sanctionados por la práctica.

En este sentido, la futura Instrucción EHE puede no parecer tan "rompedora" como lo fue su antecesora, pero sin embargo son muchos los aspectos de carácter técnico que han sido mejorados, bien conceptualmente, bien en sus aspectos de aplicación práctica. Se han cubierto, en esta revisión, numerosas lagunas o aspectos no suficientemente bien resueltos que, inevitablemente, siempre existen en un texto tan amplio y complejo , respondiendo así a las reivindicaciones de los técnicos que deben aplicarla día a día.

Sería imposible explicitar en este limitado espacio todos los cambios, mejoras e innovaciones que han sido introducidos. Nos limitaremos por ello a citar unos cuantos, por su importancia, aparte de los que ya se mencionan en otros apartados de este texto. Estos son:

- La extensión del campo de aplicación a los hormigones de alta resistencia ha obligado a contemplar los efectos estructurales a que pueden dar lugar las diferencias de comportamiento entre estos hormigones y los hormigones convencionales. Así, se han reformulado las expresiones que relacionan las diversas características del hormigón ( $f_c$ ,  $E_c$ ,  $f_{ct}$ , fluencia, retracción...), se han adaptado expresiones para la resistencia a cortante, habida cuenta de que la fractura del HAR es más limpia y moviliza menos fricción entre caras de fisuras, se han desarrollado nuevos métodos de cálculo de flechas diferidas, se han adaptado los diagramas de cálculo en rotura y los dominios de deformación, se ha modificado el diagrama tensión-deformación a utilizar para el cálculo no lineal y se han reformulado las expresiones de las cuantías mecánicas mínimas en función de la resistencia a tracción, de quien en realidad dependen, que evoluciona menos que proporcionalmente con la resistencia a compresión.

- La inclusión de los forjados unidireccionales ha obligado a revisar a fondo el cálculo a cortante, y a estructurarlo de forma que sea válido para forjados y otros elementos (eliminando así la incoherencia existente entre la EFHE y la EHE). El tratamiento planteado es, pues, general para piezas simples y compuestas, prefabricadas o construidas *in situ*, armadas y/o pretensadas, con zonas fisuradas o no por flexión, de hormigones convencionales o de alta resistencia. Se ha tratado de resolver el problema del cortante en piezas sin armadura transversal, con bajas cuantías de armadura longitudinal, proporcionando un valor de  $V_{u2}$  mínimo, se han mejorado algunos aspectos, tales como la influencia del axil en la resistencia a cortante  $V_{u1}$ , la Influencia de la cuantía longitudinal cuando hay pretensado  $p=(As+Ap)/bd$ , el valor a adoptar del brazo mecánico cuando hay esfuerzo axial o en secciones circulares, la separación de armaduras en sentido longitudinal o transversal, y se ha abierto un camino de gran interés para la consideración del diseño integrado de secciones bajo solicitudes combinadas, teniendo en cuenta la influencia de la presencia de otros esfuerzos, como flexión, torzor y axil en la capacidad resistente a cortante-tracción  $V_{u2}$ , a través del ángulo de inclinación de las bielas, en la línea de lo ya iniciado por la normativa Canadiense.

- La utilización de aceros de alta ductilidad, permite considerar mayores redistribuciones de esfuerzos en estructuras hiperestáticas, lo cual se tiene en cuenta expresando el grado de redistribución como una función lineal de la profundidad de la fibra neutra en rotura,  $x/d$ , en la sección crítica. Complementando este planteamiento, se propone en el Anejo 7 "Calculo simplificado de secciones en estado límite ultimo de agotamiento bajo tensiones normales", una metodología muy sencilla para dimensionar la armadura de secciones rectangulares para resistir una solicitud de flexocompresión con un nivel de ductilidad mínimo (es decir un valor de  $x/d$  prefijado).

- El efecto del confinamiento del hormigón, esencial para el diseño sísmico o para evaluar la resistencia de soportes o bielas de compresión zunchados, se trata de una manera acorde con las formulaciones del Eurocódigo sismorresistente, que tiene en cuenta no

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

solo la cuantía volumétrica de armadura transversal, sino también su eficacia (forma de los estribos), su separación longitudinal e incluso el tipo de hormigón.

- El anexo 10 "Requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas", amplía y mejora el existente, introduciendo algunos conceptos básicos sobre diseño sismorresistente. Así mismo plantea los principios fundamentales del diseño por capacidad (el adoptado en los países más avanzados en este tema) y propone disposiciones de armado para elementos usuales en zonas sísmicas no contemplados en la actual instrucción, como las pantallas acopladas y otros.

- Se han modificado algunas fórmulas correspondientes a comprobaciones en estados límite últimos (torsión, punzonamiento, rasante en juntas entre hormigones,...) y estados límite de servicio (fisuración y deformabilidad), tratando de resolver dificultades históricas de interpretación o de aplicación. En el ELU de pandeo, se ha modificado la expresión de la esbeltez límite inferior, que era un valor constante ( $\lambda=35$ ), para introducir una expresión mucho más rigurosa, pero fácil de aplicar, que considera la presencia de esfuerzo axil, cuantía de armaduras o solicitudes de flexión del soporte. De esta manera, una gran parte de los soportes actualmente considerados "esbeltos", no lo serán, simplificándose el cálculo de los mismos.

- Cabe mencionar los cambios realizados en las cuantías mínimas, tanto mecánicas como geométricas. Las primeras se plantean formulándolas en función de la resistencia media a tracción del hormigón, pues responden a la capacidad mínima que ha de tener la armadura para resistir la tracción liberada por el hormigón al fisurarse, la cual depende, obviamente, de la resistencia a tracción. En cuanto a las cuantías mínimas geométricas, se ha complementado la tabla 42.3.5, introduciendo las armaduras mínimas en zapatas y losas de cimentación y limitando las armaduras horizontales en muros, que no aumentan a partir de un ancho de éstos de 50 cm, pues se trata de resolver unos problemas de tensiones de borde, que no son proporcionales al ancho del muro. Igualmente se propone una distribución más racional de las armaduras horizontales en altura.

- Finalmente, es importante mencionar que el tratamiento de la seguridad adoptado, en coherencia con el Eurocódigo 2, mantiene e incluso incrementa el nivel de seguridad, reduciendo el coste global de la estructura. Esto puede no parecer así, en un análisis superficial, pues:

- se reducen los coeficientes de seguridad de las acciones ( $\gamma_{fg}=1,35$  en lugar de 1,50 y  $\gamma_{tg}=1,5$  en lugar de 1,60 para acciones desfavorables permanentes y variables, respectivamente) independientemente del nivel de control de la ejecución,
- pueden reducirse los coeficientes de minoración de resistencias (hasta 1,10 en el acero y 1,35 en hormigón, si se satisfacen una serie de requisitos relativos a la producción, manipulación y puesta en obra de estos materiales y a la existencia de distintivos de calidad), y
- se elimina el factor de cansancio del hormigón (aunque el proyectista puede adoptar un valor entre 0,85 y 1,0)

Sin embargo, es conocido que la seguridad no solo depende de los coeficientes parciales, sino también, y posiblemente en mayor medida, del grado de rigor y adecuación con que se realiza todo el proceso estructural (Proyecto, materiales, ejecución, control, operación y mantenimiento). En este sentido, impulsar el control de proyecto y de la ejecución, la inspección y el mantenimiento, garantizando la durabilidad a lo largo de la vida útil, son aspectos que reducen enormemente la dispersión de las variables aleatorias que afectan a las solicitudes y a la respuesta y por tanto al grado de incertidumbre. La futura Instrucción apuesta por un mejor proyecto y ejecución, basándose en un control más eficaz y en la existencia de distintivos de calidad para reducir la dispersión. El resultado esperable es mejorar la calidad, reducir la probabilidad de fallo y, por tanto, aumentar la seguridad, con un esfuerzo económico menor pero mejor orientado.

### EL EFECTO DE LA INSTRUCCIÓN COMO TRACTOR DE PROYECTOS DE I+D+I

La experiencia de la elaboración de las últimas versiones de la Instrucción de hormigón, bajo cualquiera de sus acepciones (EH, EP o EHE), pone de manifiesto que los trabajos de elaboración reglamentaria suelen desencadenar la realización de proyectos y estudios de investigación que, desde iniciativas públicas o privadas, permiten poner a disposición de la actividad reglamentaria nuevos avances en el conocimiento. La elaboración del proyecto de futura EHE ha sido un notable ejemplo de este efecto, siendo muy numerosos los trabajos que se han puesto en marcha animados por la circunstancia de los trabajos de revisión reglamentaria.

Entre todos ellos, cabe destacar por su singularidad e importancia el estudio desarrollado para el análisis de la posibilidad del empleo de la probeta cúbica para el control del hormigón. Dicho estudio fue elaborado como resultado de la cooperación con las Administraciones Autonómicas, en el ámbito de la anteriormente denominada Comisión Técnica para la Calidad de la Edificación (CTCE). Han participado en los trabajos laboratorios de control pertenecientes a trece Comunidades Autónomas, coordinados por sus respectivas Administraciones, de conformidad con una pauta de procedimiento consensuada previamente, lo que probablemente haya constituido el mayor estudio jamás realizado en España en el ámbito del hormigón. Otros ejemplos notables de investigaciones relacionadas con la elaboración de la Instrucción, pueden ser los siguientes:

(ver foto 6, pág. 50 –*Ensayos de resistencia a cortante de vigas pretensadas de hormigón de alta resistencia autocompactante*–).

- Estudio para el empleo de hormigones reciclados (CEDEX, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad de A Coruña, Universidad de Cantabria, LOEMCO).
- Estudio sobre la influencia de los finos en los áridos calizos de la Comunidad Valenciana (AIDICO, Generalitat Valenciana).
- Estudio sobre las propiedades mecánicas del hormigón autocompactante (IECA, Universidad Politécnica de Madrid).
- Estudio teórico y experimental de las deformaciones diferidas y de la resistencia a esfuerzo cortante de elementos estructurales armados y pretensados de hormigón autocompactante (Universidad Politécnica de Cataluña)
- Criterios de proyecto de hormigones de alta resistencia (Universidad Politécnica de Cataluña, ACHE)
- Estudio sobre el cortante en forjados con celosía básica ejecutados in situ (Universidad Politécnica de Cataluña, CELSA).
- Estudio para la caracterización del acero suministrado en rollo (Ministerio de Fomento, AIDICO, CEDEX, ANIFER, UPC).
- Estudio sobre las condiciones de durabilidad de hormigones empleados en prefabricación (ANDECE, Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, INTEMAC).
- Desarrollo de aplicaciones específicas de software para la evaluación de los nuevos criterios de contribución de la estructura a la sostenibilidad (LABEIN, Universidad Politécnica de Cataluña).
- Estudio para el desarrollo de nuevos criterios de aceptación en el hormigón (IECA, Universidad Politécnica de Cartagena)
- Adaptación del ensayo de doble punzonamiento para hormigones reforzados con fibras metálicas (Ensaya Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña)

### LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA FUTURA INSTRUCCIÓN

El proyecto contempla la incorporación de las nuevas tecnologías a la práctica habitual de las actividades relacionadas con el proyecto, la ejecución y el control de las estructuras de hormigón. Para ello, habilita la posibilidad de empleo de documentación en formato electrónico y procedimientos de firma electrónica, fomentando el acceso a informaciones por Internet y recomendando el empleo de formatos de intercambio de datos, como los desarrollados por la Generalidad Valenciana y AIDICO en el proyecto FIDE para el ámbito de la edificación.

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

### LA NECESIDAD DE OPTIMIZAR EL ESFUERZO DE CONTROL

Los datos disponibles hasta el momento en España sobre los orígenes de las patologías que aparecen en las estructuras de hormigón son muy escasos. La encuesta más conocida en este aspecto sobre el origen de las patologías en España en el ámbito de las estructuras de hormigón fue elaborada hace ya bastante tiempo por la Asociación Científico-Técnica del Hormigón estructural y revelaba que mientras que el 48% de las mismas tienen su origen en el proyecto o el 28% lo tienen en la fase de ejecución, sólo el 14% proceden de los materiales. Es muy probable que estas cifras hayan podido modificarse de alguna manera, pero casi con toda seguridad, el menor porcentaje seguirá siendo atribuible a orígenes en los materiales de construcción.

Por otra parte, el control se ha venido centrando tradicionalmente en los materiales, con especial énfasis en los ensayos de probetas de hormigón.

Algunos datos actualmente disponibles ponen de manifiesto que, por ejemplo, en la Comunidad Valenciana se fabricaron más de 1.000.000 de probetas durante el año 2006. La extrapolación de dichas cifras a todo el territorio español, daría un total en el entorno de los seis millones y medio de probetas de hormigón al año. El ensayo de dichas probetas conlleva el consumo de más de 900 toneladas de azufre al año, con una generación de residuos contaminados con este elemento del orden de ochenta mil toneladas, procedentes de los restos de las probetas.

Las cifras anteriores, claramente desorbitadas, ponen de relieve la necesidad de optimizar el "esfuerzo" de control, reenfocándolo hacia los aspectos que pudieran ser más relevantes para evitar futuras patologías durante la vida de servicio. Pero ello debe efectuarse manteniendo, como no puede ser de otra manera, las condiciones de seguridad para el usuario de las estructuras. Para ello, los distintivos de calidad se han venido consolidando en los últimos años como una herramienta que permite desarrollar una estrategia suficientemente garante de la consecución de tales objetivos.

Por otra parte, desde diversos ámbitos se ha puesto un énfasis importante en la necesidad de reenfocar el control de manera que las responsabilidades que conlleva para la Dirección Facultativa se refieran exclusivamente a los productos que realmente se reciben en la obra y no sobre otros materiales o productos componentes que se insumen en instalaciones industriales ajenas a la misma, (centrales de hormigón preparado, talleres de ferralla externos o instalaciones de prefabricación fuera de la obra, etc.). Es por ello que, evidentemente sin olvidar al resto de los productos, el proyecto de la nueva Instrucción se enfoca básicamente hacia el control del hormigón, las armaduras pasivas y los elementos prefabricados, entendiendo que son sólo éstos los que llegan normalmente a una obra de características convencionales. Y ello sin olvidar la necesidad de garantizar ante la Dirección Facultativa la trazabilidad de los diferentes productos empleados.

### LOS DISTINTIVOS DE CALIDAD COMO HERRAMIENTA DE VALOR AÑADIDO Y GARANTÍA PARA EL USUARIO

La Instrucción de hormigón estructural (EHE) actualmente vigente ha venido consolidando desde el año 1998 la figura de los distintivos de calidad para diferentes productos incluidos en su ámbito.

Además, partiendo de su consideración como iniciativas empresariales para dotarse de esquemas voluntarios de garantía de calidad certificados por una tercera parte independiente, surge paralelamente la necesidad de discriminación entre los distintivos de calidad que realmente aportan un valor añadido para el usuario respecto de aquéllos que son meras operaciones comerciales. Para ello, a los efectos de la futura Instrucción, se mantiene la figura del reconocimiento oficial por parte de las Administraciones Públicas con competencias en el ámbito de la construcción.

En esta línea, la futura Instrucción contempla una serie de consideraciones especiales para aquellos productos que estén en posesión de un distintivo de calidad. Entre dichas consideraciones, cabe destacar que, en algunos casos, permite:

- La eliminación de ensayos en recepción, como en el caso de las armaduras elaboradas.
  - La aplicación de criterios de identificación, como en el caso del hormigón.
  - La aplicación de coeficientes de ponderación reducidos para los materiales, como en el caso del acero o en el del hormigón empleado en elementos prefabricados.
  - La aplicación de mayores tensiones de tesado.
  - La aplicación de longitudes menores de transferencia del pretensado.
- Por otra parte, la experiencia acumulada durante el período de vigencia de la actual Instrucción, ha aconsejado el establecimiento de unos criterios mínimos para el reconocimiento oficial de los distintivos de calidad, de manera que pueda dotarse al sistema de absoluta transparencia y garantía para los usuarios. En esta línea, la futura Instrucción incluye un Anejo en el que se establecen las exigencias mínimas que deberá contemplarse por cualquier Administración competente para efectuar el referido reconocimiento.

### LA CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Durante los últimos años, los diferentes agentes sociales han venido manifestando una creciente sensibilidad por los aspectos ligados a la protección del medio ambiente y a la consecución de un desarrollo sostenible.

En este aspecto, lejos de considerar la construcción como una actividad inocua, la opinión pública tiende a percibirla como uno de los principales factores que colaboran para la afección al medio natural.

En el contexto anterior, cabe hacer alguna reflexión sobre la posible contribución a la sostenibilidad de las actividades de proyecto y ejecución de estructuras de hormigón. En tal sentido, no cabe sino recoger el reto que plantea la Sociedad, liderando un proceso de mentalización de los agentes involucrados y estableciendo criterios y metodologías que contribuyan eficazmente a lograr estructuras que colaboren mejor con la sostenibilidad. Por lo tanto, es necesario centrar la actividad de proyecto y construcción de las estructuras en un nuevo marco que considere de forma integral los aspectos económicos, sociales y ambientales.

La dimensión económica de la actividad ligada a las estructuras de hormigón puede valorarse a partir del siguiente dato: durante el año 2005 la facturación de los sectores industriales relacionados sólo con los materiales y productos incluidos en la Instrucción EHE asciende a unos 16.400 millones de euros, lo que supone alrededor del 2% del PIB. La contribución de los sectores del cemento, del hormigón preparado y el siderúrgico a esta cifra puede valorarse en el 19,2%; 32,2% y 11,3%, respectivamente. Hay que tener en cuenta además, que en los datos anteriores no está incluida la propia actividad constructora.

Por otra parte, parece evidente la eficacia de la actividad constructora como instrumento para la atención de demandas sociales (vivienda, sanidad, educación, etc.), así como elemento de ordenación y vertebración del territorio.

Además, la construcción presenta potencialidades como "sumidero ambiental", de manera que, a medida que avanza el conocimiento técnico actual, se permite aumentar el empleo de productos directamente reciclados o elaborados a partir de subproductos industriales, con el consiguiente efecto favorable como actividad incentivadora del reciclado y sensible a la preocupación por el consumo masivo de recursos naturales.

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

En este contexto se enmarcan las nuevas iniciativas de la Comisión Permanente del Hormigón, que se plasman en el texto de la futura Instrucción EHE mediante diferentes estrategias, entre las que cabe destacar el ya mencionado empleo de hormigones reciclados, el fomento de subproductos industriales y la posibilidad de reciclado del agua en las centrales de hormigón.

Por otro lado, conscientes de la falta de tradición para considerar estos aspectos por parte de los agentes involucrados en el proyecto y la ejecución, se ha estimado conveniente la definición de índices cuantitativos que permitan el diseño de estrategias de proyecto y el desarrollo de procesos de ejecución eficaces, desde el punto de vista de la contribución a la sostenibilidad. En este sentido, cabe destacar el esfuerzo que se ha hecho para desarrollar un “índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES)”, definido a partir de otro índice, el de sensibilidad medioambiental (ISMA). En ambos casos, se trata de parámetros cuantitativos susceptibles de ser calculados por procedimientos sencillos, a partir de las condiciones previstas en el proyecto y desarrolladas durante la fase de ejecución de las obras. Dado lo novedoso del sistema, en el borrador de la propuesta se ha optado por darle un carácter voluntario, debiendo aplicarse únicamente cuando así lo decida la Propiedad.

### ESTADO ACTUAL DE LA NUEVA INSTRUCCIÓN

Con fecha 25 de julio de 2007, la Comisión Permanente del Hormigón ha aprobado el texto definitivo de la nueva Instrucción de Hormigón Estructural que se encuentra actualmente en la correspondiente fase de tramitación oficial, previa a su aprobación por el Consejo de Ministros y posterior publicación el Boletín Oficial del Estado.

ANTONIO R. MARÍ BERNAT

Catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña  
PONENTE GENERAL DE LA NUEVA INSTRUCCIÓN EHE

FERNANDO RODRÍGUEZ GARCÍA  
Secretario de la Comisión Permanente del Hormigón  
Ministerio de Fomento

### PRUEBAS FINALES EN EDIFICACIÓN (ver pág. 54)

En la edificación, las pruebas finales o también llamadas pruebas de servicio, son aquellas que se efectúan sobre un sistema constructivo una vez ejecutado, un elemento constructivo una vez colocado o una instalación total o parcialmente ejecutada para probar sus prestaciones finales.

El fin de las pruebas de servicio es verificar el buen comportamiento del punto de control ensayado, y de no ser así, sirven para detectar las posibles deficiencias que podría encontrar el usuario final del inmueble y poder adoptar soluciones correctoras en el momento apropiado. Hablamos del momento apropiado porque a la hora de realizar las pruebas de servicio los industriales todavía están en la obra y pueden adoptar de forma inmediata soluciones de corrección, evitando el incremento de tiempo y gasto que representaría, como sería el caso si se detectasen cuando la obra ya estuviese ocupada por los usuarios finales. Por otra parte, la aplicación de la medida correctora se realiza en un edificio que todavía está en construcción y en el cual, si la ejecución de la prueba se ha programado correctamente, no se han ejecutado todos los acabados que pueden verse afectados por las prestaciones insuficientes de un elemento, como podrían ser los pavimentos, aplacados, techos falsos, enyesado, pintura, etc. Así pues, tanto la localización como la reparación de la deficiencia se simplifican, evitando que elementos contiguos y/o acabados resulten afectados.

Es decir, la correcta programación y ejecución de las pruebas de servicio en una obra o promoción repercuten directamente en la re-

ducción de los costes una vez acabado el edificio (post-venta) y por lo tanto, en una mayor satisfacción del usuario final.

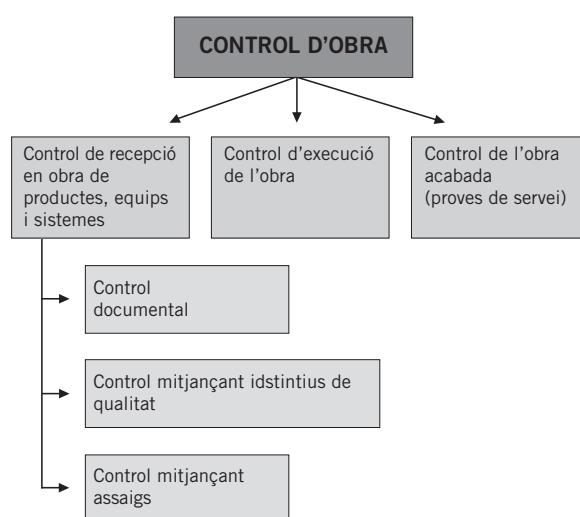
Si consultamos las estadísticas sobre daños en la edificación, observamos que alrededor de un tercio de las reclamaciones provienen de deficiencias en la ejecución. De hecho, ésta es la segunda causa después de los errores o carencias en fase de proyecto. Por consiguiente, con una correcta planificación y/o ejecución de las pruebas de servicio, se puede solucionar un amplio elenco de problemáticas que afectan a la ejecución. (ver figura 1, pág. 54 –Causas de daños y lesiones–).

### EVOLUCIÓN DE LA LEGISLACIÓN SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad de los materiales se inició en los años sesenta y ha ido evolucionando con el tiempo. Hasta 1988 el control se centraba únicamente en el hormigón y el acero. Sin embargo, con la publicación del Decreto 375/1988 de la Generalitat, se incorporaron nuevos materiales. Pero no fue hasta la aparición del CTE que el control realizado en las obras sufrió un giro importante. (ver tabla 1, pág. 55).

Hasta la publicación del CTE se había hablado principalmente del control de calidad, entendiéndose como control de calidad los ensayos que se llevan a cabo en el laboratorio y en la recopilación de documentación acreditativos de los materiales que no tenían la obligación de someterse a ensayo. Evidentemente, durante la fase de ejecución de la obra, se realizan muchos más controles, pero a menudo no se documentan o no se deja constancia de ello.

El Código técnico hace especial hincapié en este aspecto y habla de **control de obra**, concepto mucho más amplio que involucra tres tipos de control diferentes: el de recepción, el de ejecución y el de obra acabada (pruebas de servicio).



### LAS PRUEBAS DE SERVICIO ANTES DEL CTE

Dado que las competencias en materia de vivienda son transferidas a las diferentes Comunidades Autónomas, la legislación aplicable y el nivel de exigencia es muy diferente en cada caso. En su momento, Cataluña fue pionera en materia de control de la calidad, con la publicación en 1988 del Decreto 375 relativo al control de calidad de la edificación. Dicho decreto no ha sufrido ninguna modificación sustancial desde entonces y no contempla la realización de pruebas de servicio.

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

En la mayoría de las comunidades autónomas no se definen de manera explícita las pruebas de servicio que deben llevarse a cabo y se deja la posibilidad de su ejecución a criterio del proyectista, de la dirección facultativa o de la dirección de la ejecución material de la obra. Una de las comunidades autónomas que sí contempla en su normativa de control de calidad de edificación la realización de pruebas de servicio o de obra acabada, es la Comunidad Valenciana. Mediante la Ley 3/2004 de 30 de junio de la Generalitat, sobre Ordenación y Fomento de la Calidad de la edificación (LOFQUE) y de la figura del Libro de control, regulado a través de la orden de 30 de septiembre de 1991, que define los controles que deben llevarse a cabo y que pueden resumirse en control de recepción de materiales, justificación del control de ejecución y controles para la aceptación de diferentes partes de la obra. Esta estructura de control de obra nos recuerda bastante a la del actual Código Técnico de la Edificación. En la tabla 2 (ver tabla 2, pág. 56) se enumeran las pruebas de servicio obligatorias según LC 91 en la Comunidad Valenciana.

### LAS PRUEBAS DE SERVICIO EN EL CÓDIGO TÉCNICO

El CTE dispone por primera vez en una normativa de ámbito estatal la obligatoriedad de llevar a cabo pruebas de servicio. Las pruebas finales o pruebas de servicio se incluyen en el apartado de control de obra acabada. En el apartado 7.4 del Código Técnico se define este control de la siguiente manera:

*"7.4 Control de la obra terminada: En la obra terminada, bien sobre el conjunto del edificio, o bien sobre las diferentes partes y sus instalaciones parcial o totalmente acabadas, deben llevarse a cabo, además de las que pueden establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable."*

En la parte II del CTE, se concretan cuáles son las pruebas de servicio mínimas que se requieren, aunque debe añadirse que sólo en dos de los diez documentos básicos que lo componen hay una descripción de las mismas, dejando siempre abierta la posibilidad de llevarlas a cabo si se contemplan en las especificaciones del proyecto o si durante la ejecución de la obra se consideran necesarias, según criterio del director de la ejecución de la obra. Estas pruebas consisten en la comprobación de las instalaciones de protección contra incendios y en la comprobación de la estanqueidad de las instalaciones de suministro de agua y saneamiento.

Requeriments del CTE quant a proves de servei	
Document bàsic	Proves de serveis
Protecció davant el risc d'incendi	Prova de servei d'instal·lacions de protecció contra incendis.
Salubritat	Prova de servei d'instal·lacions d'abastament d'aigua.
	Prova de servei d'instal·lacions d'evacuació d'aigües residuals.

Aunque el CTE ha supuesto un cambio importante en el concepto de control de obra, todavía queda bastante camino para recorrer si lo comparamos con otras normativas de control de calidad de la edificación, vigentes antes de su publicación. Prueba de ello es que muchos agentes intervienen en el proceso de construcción, sabiendo los beneficios que aportan las pruebas de servicio, por iniciativa propia, realizan habitualmente muchas más de las prescritas por el CTE.

### LAS PRUEBAS DE SERVICIO EN EL MARCO ACTUAL

Durante los últimos años hemos podido comprobar como la demanda de pruebas de servicio en nuestro laboratorio ha ido aumentando de manera progresiva, hasta llegar al punto de que muchos promotores y técnicos, tanto en obra pública como privada, solicitan sistemáticamente la realización de determinadas pruebas de servicio durante la ejecución de sus obras. El tipo de obra en el que con más frecuencia se realizan estas pruebas son las promociones de medio-gran tamaño de edificios plurifamiliares.

El tipo de pruebas más solicitadas son principalmente, las que se centran en la comprobación de dos aspectos: por una parte la correcta impermeabilización del envolvente (cubierta, fachadas y aperturas) y por otra la comprobación del funcionamiento de las instalaciones (ver tabla 4, pág. 60). Estos dos grupos pruebas se relacionan directamente con las reclamaciones más frecuentes que se producen en las obras, que son la aparición de humedades y las deficiencias en instalaciones, y que representan aproximadamente una cuarta parte de las reclamaciones que se producen según las estadísticas facilitadas por el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Girona y las correspondientes a la Aseguradora Musaat (ver figuras 2, pág. 58).

Si analizamos estos datos observamos que el porcentaje de siniestros imputables a las partidas o elementos para los que la cultura del control de calidad ya cuenta con más experiencia, como son el estudio del terreno (4,38%), el control de la estructura (8,20%) y el control de calidad de los materiales que intervienen en la obra (4,86%), representa un porcentaje muy inferior al de los siniestros causados por humedades, deficiencias en las instalaciones o fallos en los aislamientos, que representa un 26,40% del total de las reclamaciones. Al analizar estas estadísticas debe tenerse en cuenta que una parte importante de los siniestros contemplados corresponden a daños ocasionados por accidentes y por tanto no están relacionados con el control de calidad de la obra, y además hay un porcentaje muy elevado de otros, fruto de la complejidad del proceso constructivo que da lugar a muy diversa casuística. Esta situación implica que los porcentajes anteriormente comentados deben considerarse orientativos y que, con toda seguridad, podrían variar de forma significativa si se acotara el ámbito de los siniestros a los relacionados directamente con el proceso de construcción y se pudiese desgranar más los capítulos de otros.

De todos modos, lo importante es comprobar que un segmento de aproximadamente un 25% de los siniestros podría minimizarse fácilmente el riesgo si se sistematizasen las pruebas de servicio. Por lo tanto, vemos que el nuevo enfoque que ha adoptado la normativa actual relativa al control de obra de priorizar los sellos y marcas de calidad para los productos y sistemas que llegan a la obra, y centrar el control en el producto o sistema ya ejecutado (control de ejecución y control de obra acabada) responde al hecho de que una parte muy importante de los siniestros es debido a la ejecución y no a las deficiencias de los materiales. El CTE ha hecho un primer paso en este sentido, que sin duda irá aumentando, y las pruebas de servicio que el momento se habían llevado a cabo de forma voluntaria, serán una herramienta más de control generalizado en todas las obras.

ANNA FERRER ROBERT  
GEMMA SOLER PUJOL  
Arquitectos Técnicos  
Gabinete técnico de CECAM

### PRESENTACIÓN DE LOS PRIMEROS RESULTADOS DEL BARÓMETRO DEL CLIMA DE CONFIANZA DEL SECTOR DE LA VIVIENDA (ver pág. 61)

## TRADUCCIÓ AL CASTELLÀ

---

El pasado 7 de noviembre tuvo lugar en el marco del Barcelona Meeting Point la presentación del primer Barómetro del clima de confianza del sector de la vivienda. La presentación fue dirigida por el Consejero de Medio Ambiente y Vivienda, Francesc Baltasar, la secretaria de Vivienda, Carme Trilla y el presidente del Institut Cerdà, Gabriel Ferreté. A continuación se comentaron los resultados en tres mesas redondas, con la presencia de varios agentes, entre ellos el Consejo de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Cataluña.

Este barómetro servirá de referencia para el establecimiento de un índice de confianza del sector. Dicho índice debe permitir identificar tendencias, positivas o negativas, del clima de confianza del sector, emprender acciones de refuerzo o correctivas y medir el impacto de las actuaciones que se llevan a cabo, así como los sucesos coyunturales que afectan al mercado y al acceso a la vivienda.

El barómetro es uno de los primeros instrumentos del que se ha dotado el Pacto nacional para la vivienda, con la intención de conocer de mano de los agentes implicados (Administración pública, economía privada, agentes sociales y ciudadanos) la percepción de la evolución del sector.

El Barómetro recoge las percepciones de los diferentes sectores respecto a diferentes cuestiones como el precio de las viviendas o de las hipotecas, el acceso a la vivienda, la capacidad de los municipios de construir viviendas de protección oficial, la prevención de riesgos laborales o la aplicación del Código técnico de la edificación.

Para medir el clima de confianza, el Institut Cerdà ha llevado a cabo 2.200 encuestas entre todos los agentes implicados: proveedores de materiales, comercios, constructores, promotores, API, administradores de fincas, aparejadores y arquitectos técnicos, municipios, entidades financieras y ciudadanía.

El informe tiene tres partes: una parte general, que es la que permitirá hacer un seguimiento de los indicadores, una parte específica para cada agente, que variará en función de las temáticas que planteen y una tercera, que será un monográfico que permitirá hacer un análisis específico de situaciones coyunturales concretas.

Para la parte general, que será fija e igual para todos los agentes, se medirán casi 200 parámetros agrupados en cinco indicadores:

- Sectoriales y de entorno, con preguntas como la satisfacción con la evolución de los precios de la vivienda nueva y de segunda mano, o confianza en la evolución futura del alquiler. (ver gráfico 1, pág. 61).
- Empresariales: confianza para poder hacer frente a la carga financiera del stock de viviendas, satisfacción con la gestión de alquileres o cuotas impagadas, confianza en la capacidad de estar al día de las novedades del sector, satisfacción con la calificación de la mano de obra disponible o satisfacción con el conocimiento y aplicación de las normativas de calidad y seguridad de las empresas subcontratadas. (ver gráfico 2, pág. 62).
- De calidad e innovación: satisfacción con la introducción de nuevas tecnologías en la empresa o satisfacción con las infraestructuras disponibles con nuevas promociones. (ver gráfico 3, pág. 63).
- Relativos a la administración y normativa: confianza en la capacidad de aplicar el nuevo Código técnico, satisfacción con las tramitaciones urbanísticas y licencias municipales, confianza en el apoyo de la Administración con la fiscalidad actual del alquiler, la rehabilitación o la adquisición de vivienda. (ver gráfico 4, pág. 64).
- Sociales: preocupación por la divergencia entre la vivienda construida y la demanda, confianza en la capacidad de vender el piso en menos de seis meses, satisfacción con la evolución del precio de las hipotecas. (ver gráfico 5, pág. 65).

El Institut Cerdà es una fundación privada independiente y sin ánimo de lucro que, desde sus comienzos en el año 1984 con motivo de la conmemoración de los 125 años de la implantación del Pla Cerdà en Barcelona, tiene como finalidad contribuir al impulso permanente y a la dinamización de la sociedad en ámbitos relacionados con temas emergentes y retos estratégicos de futuro desde el rigor y la objetividad que le permite su posición de independencia.

Las actuaciones del Institut Cerdà se llevan a cabo en ámbitos emergentes en los que resulta imprescindible profundizar y que es necesario desarrollar para lograr el proceso económico de una mejor calidad de vida de la ciudadanía. Las iniciativas se refieren principalmente a: el territorio, el urbanismo, el medio ambiente, la vivienda, la energía, la logística, las infraestructuras, la distribución comercial y la movilidad.

El Institut Cerdà está presidido por Gabriel Ferraté desde diciembre de 2005, la Dirección General está a cargo de Carlos Cabrera, y cuenta con un consolidado equipo de más de 50 profesionales de diferentes disciplinas. La sede corporativa del Institut Cerdà se encuentra en Barcelona, aunque también dispone de oficinas en Madrid.

Como ejemplo, adjuntamos cinco gráficos sobre el nivel de confianza en el futuro del sector.

Se prevé una periodicidad semestral y con toda seguridad será un buen indicador para conocer la evolución del sector de la vivienda.

ERNEST OLIVERAS I AUMALLÉ

Arquitecto Técnico

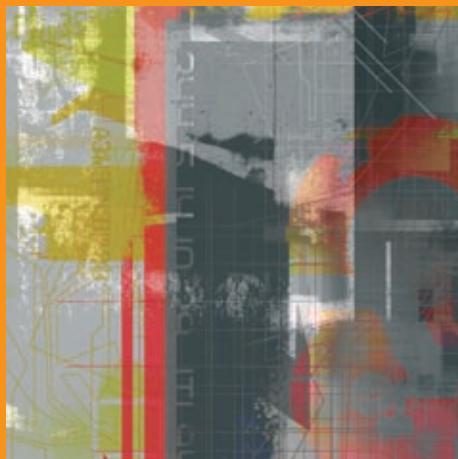
Presidente del Consejo de Colegios de Aparejadores y  
Arquitectos Técnicos de Cataluña



## ADRECES DE CORREU ELECTRÒNIC

acustica@cecamlab.com  
aigues@cecamlab.com  
assessoria.professional@cecamlab.com  
atmosfera@cecamlab.com  
cecam@cecamlab.com  
celra@cecamlab.com  
ceramiques@cecamlab.com  
comercial@cecamlab.com  
comercial.quimica@cecamlab.com  
comptabilitat@cecamlab.com  
cursos@cecamlab.com  
eac@cecamlab.com  
formigons@cecamlab.com  
gabinet.tecnic@cecamlab.com  
geotecnica@cecamlab.com  
gerencia@cecamlab.com  
gestio@cecamlab.com  
informatica@cecamlab.com  
inspeccions@cecamlab.com  
instal.lacions@cecamlab.com  
lloret@cecamlab.com  
microbiologia@cecamlab.com  
obra.civil@cecamlab.com  
olot@cecamlab.com  
qualitat@cecamlab.com  
quimica@cecamlab.com  
quimica.construccio@cecamlab.com  
residus@cecamlab.com  
seguretat@cecamlab.com  
sols@cecamlab.com  
terres.agricoles@cecamlab.com  
vilamalla@cecamlab.com

**www.cecamlab.com**



**cecam** 

centre d'estudis de la construcció  
i anàlisi de materials, slu

[www.cecamlab.com](http://www.cecamlab.com)  
e-mail: [cecam@cecamlab.com](mailto:cecam@cecamlab.com)

**Celrà**  
Pol. Industrial - C. Pirineus  
17460 Celrà  
T 972 492 014 / F 972 494 117  
[celra@cecamlab.com](mailto:celra@cecamlab.com)

**Lloret de Mar**  
Ctra. antiga de Vídreres,  
sect. ind. Q, nau D-18  
17310 Lloret de Mar  
T 972 371 223 / F 972 371 015  
[lloret@cecamlab.com](mailto:lloret@cecamlab.com)

**Vilamalla**  
Pol. Ind. Pont del Príncep,  
sect. I, parc, 28  
17469 Vilamalla  
T 972 526 139 / F 972 526 140  
[vilamalla@cecamlab.com](mailto:vilamalla@cecamlab.com)

**Olot**  
Urb. Pla de Baix II - Av. d'Europa  
17800 Olot  
T 972 260 071 / F 972 261 247  
[olot@cecamlab.com](mailto:olot@cecamlab.com)