

hormigón

y ACERO

n° 182

*ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO
DECLARADA DE UTILIDAD PUBLICA CON FECHA 4-3-77*

*INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA (C.S.I.C.)
APARTADO 19.002 - 28080 MADRID*

MIEMBROS PROTECTORES DE LA ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO

Dentro de nuestra Asociación existe una categoría, la de "Miembro Protector", a la que pueden acogerse, previo pago de la cuota especial al efecto establecida, todos los Miembros que voluntariamente lo soliciten. Hasta la fecha de cierre del presente número de la Revista, figuran inscritos en esta categoría de "Miembros Protectores" los que a continuación se indican, citados por orden alfabético:

- AGROMAN EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.**—Raimundo Fernández Villaverde, 43. 28003 Madrid.
- ALVI, S.A. (PREFABRICADOS ALBAJAR).**—Orense, 10. 28020 Madrid.
- ARPO EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.**—Avda. de la Innovación, s/n. Edificio Espacio, planta 3.ª, mód. 4-7. 41007 Sevilla.
- AUTOPISTAS, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.**—Plaza Gala Placidia, 1. 08006 Barcelona.
- CAMARA, S.A.**—Apartado 180. 36080 Pontevedra.
- CARLOS FERNANDEZ CASADO, S.A.**—Grijalba, 9. 28006 Madrid.
- CEMENTOS MOLINS, S.A.**—C.N. 340, Km. 329,300. 08620 Sant Viçenc dels Horts (Barcelona).
- CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACION DE OBRAS PUBLICAS (CEDEX).** Gabinete de Información y Documentación.—Alfonso XII, 3. 28014 Madrid.
- CENTRO DE TRABAJOS TECNICOS, S.A., C.T.T., S.A.**—Aribau, 185. 08021 Barcelona.
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.**—Almagro, 42. 28010 Madrid.
- COLEGIO DE INGENIEROS TECNICOS DE OBRAS PUBLICAS.**—Miguel Angel, 16. 28010 Madrid.
- COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TECNICOS. Centro de Documentación.**—Buen Pastor, 5. 08021 Barcelona.
- COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TECNICOS.**—Santa Engracia, 19. 17005 Gerona.
- COL. LEGI OFICIAL D'ARQUITECTES DE CATALUNYA.**—Plaça Nova, 5. 08002 Barcelona.
- CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S.A.**—Federico Salmón, 13. 28016 Madrid.
- CONSULTECO, S.L.**—Pintor Lorenzo Casanova, 26. 03003 Alicante.
- CUBIERTAS Y M.Z.O.V., S.A.**—Ayala, 42. 28001 Madrid.
- DRAGADOS Y CONSTRUCCIONES, S.A.**—Orense, 81. 28020 Madrid.
- DYWIDAG - SYSTEMS INTERNATIONAL, S.A.**—Azor, 25-27. Polígono Industrial Matagallegos. 28940 Fuenlabrada (Madrid).
- ECHO.**—De Hoeven, 15. B-3530 Houthalen (Bélgica).
- EMESA-TREFILERIA, S.A.**—Apartado 451. 15080 La Coruña.
- EMPRESA AUXILIAR DE LA INDUSTRIA, S.A. (AUXINI).** Departamento Obras Especiales.—Padilla, 46. 28006 Madrid.
- ENTRECANALES Y TAVORA, S.A. Biblioteca.**—Cardenal Spínola, s/n. Edificio E. 28016 Madrid.
- ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DEL EJERCITO.** Departamento de Infraestructura.—Joaquín Costa, 6. 28006 Madrid.
- ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.**—Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.
- ESTEYCO, S.A.**—Menéndez Pidal, 17. 28036 Madrid.
- ESTUDIOS Y PROYECTOS TECNICOS INDUSTRIALES, S.A. (EPTISA).**—Arapiles, 14. 28015 Madrid.
- EUROCONSULT, S.A.**—Apartado 99. 28700 San Sebastián de los Reyes (Madrid).
- FERROVIAL, S.A.**—Príncipe de Vergara, 135. 28006 Madrid.

(Continúa en el int. de contraportada)

**ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA
DEL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS**

COMITE DE REDACCION

Director:

PIÑEIRO, Rafael

Vocales:

BARREDO, Carlos

JODAR, Juan

JULIA, Manuel

LLOMBART, José Antonio

ROMERO, Rafael

SANCHEZ-GALVEZ, Vicente

Censores:

ALCALA, Juan Luis

CUVILLO, Ramón del

ELICES, Manuel

GONZALEZ VALLE, Enrique

MANTEROLA, Javier

MORAN, Francisco

MORENO TORRES, Juan

MURCIA, Juan

POZO VINDEL, Florencio J. del

SIEGRIST, Carlos

hormigón y acero

nº 182

1^{er} trimestre 1992

CUOTAS ANUALES

	<u>ESPAÑA</u>	<u>EXTRANJERO</u>
Miembros "Personales" menores de 27 años	4.000 ptas.	—
Miembros "Personales" (personas naturales)	8.000 ptas.	60 dólares
Miembros "Colectivos" (personas jurídicas).	20.000 ptas.	125 dólares
Miembros "Protectores" (personas naturales o jurídicas que deseen prestar una ayuda económica especial a la A.T.E.P.)	40.000 ptas.	250 dólares

Ni la Asociación ni el Instituto, una de cuyas finalidades es divulgar los trabajos de investigación sobre la construcción y sus materiales, se hacen responsables del contenido de ningún artículo y el hecho de que patrocinen su difusión no implica, en modo alguno, conformidad con la tesis expuesta.

De acuerdo con las disposiciones vigentes, deberá mencionarse el nombre de esta Revista en toda reproducción de los trabajos insertos en la misma.

APARTADO 19.002 - 28080 MADRID - ☎ 302 04 40

Depósito Legal: M-853-1958
Imprime: ACOR, S.A.- M. Hernández, 50 - MADRID
ISSN: 0439-5689

hormigón y acero n.182

índice

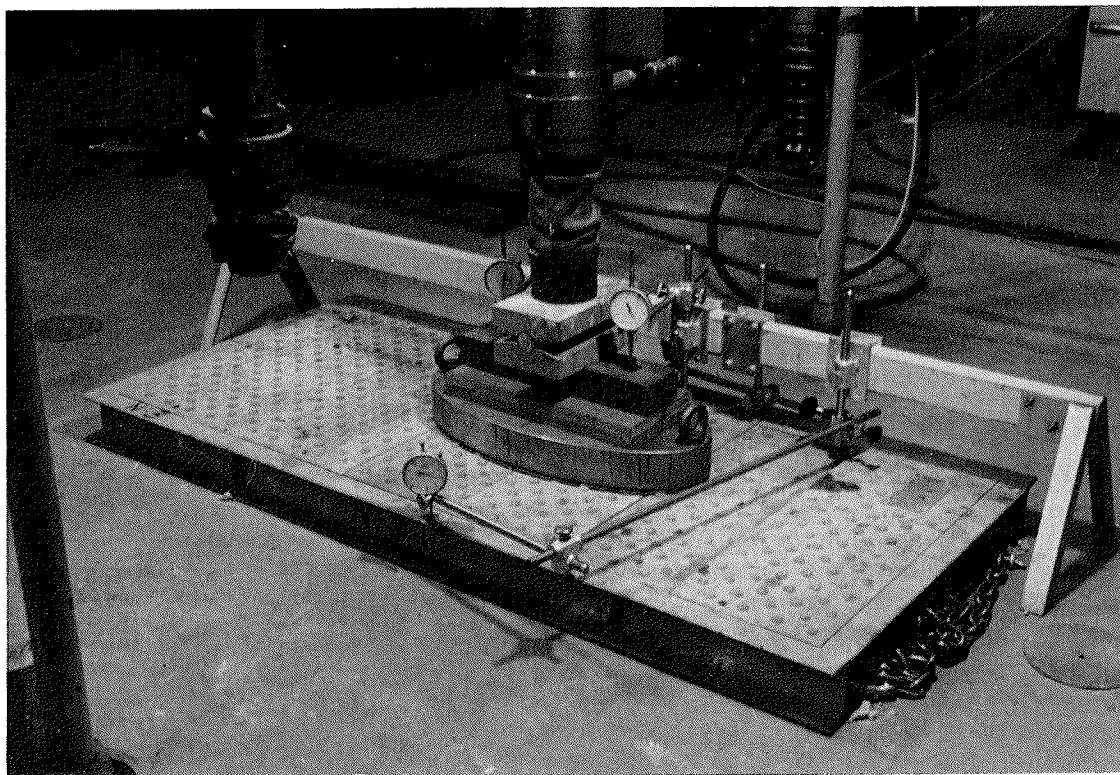
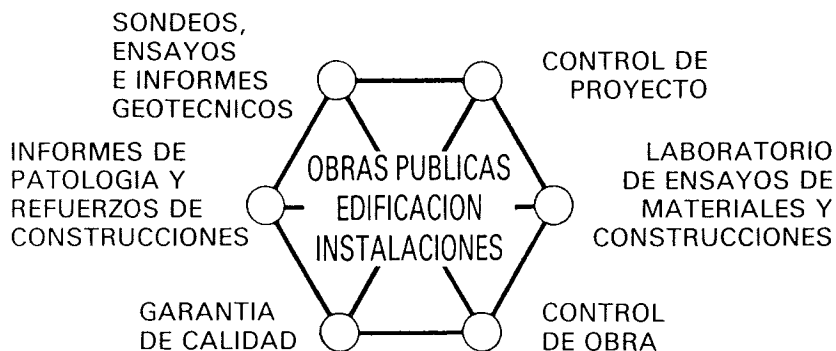
	Págs.
457-8-162 Jornada de presentación del Eurocódigo 2 “Estructuras de hormigón”	9-10
Journées de présentation de l’Eurocode 2 “Structures de béton”. Presentation of the Eurocode 2 “Concrete structures”. <i>J.M. Gállego.</i>	
457-8-163 Presentación del “Eurocódigo 2”, Parte 1 y resumen de las actividades del CEN TC 250/SC 2	11-15
Présentation du “Eurocode 2” Partie 1 et résumé des activités du CEN TC250/SC2. Presentation of the “Eurocode 2” Part 1 and summary of activities of CEN TC 250/SC2. <i>H. Ulrich Litzner.</i>	
457-8-164 El “Eurocódigo 2” en el contexto de la normativa española y europea	17-19
“L’Eurocode 2” dans le contexte des normes espagnole et européenne. The “Eurocode 2” in the context of the Spanish and European standards. <i>M. Martín Antón.</i>	
457-9-35 Bases del proyecto	21-28
Les bases du Project. Basis of design. <i>M. Díaz-Llanos Ros.</i>	
600-0-5 Durabilidad	29-39
Durabilité. Durability. <i>M.^a C. Andrade.</i>	
600-0-6 Los materiales en el “Eurocódigo 2”	41-45
Les matériaux dans le “Eurocode 2”. The materials in “Eurocode 2”. <i>J.M. Gállego.</i>	

	Págs.
457-0-166 Estados límites últimos (flexión/compresión y pandeo) Etats limites ultimes (flexion/compression et flambement). Ultimate limit states (bending/compression and buckling). <i>F. Morán.</i>	47-52
457-0-167 Estados límites últimos (cortante, torsión y punzonamiento) . . . Etats limites ultimes de effort tranchant, torsion et poin- connement. Ultimate limit states for shear, torsion and punching. <i>S. Pérez-Fadón e I. Roche Jiménez.</i>	53-74
457-0-168 Estados límites de servicio Etats limites de service. Serviceability limit states. <i>J. Rodríguez Santiago.</i>	75-81
457-9-36 Prescripciones de detalle Prescription des détails. Notes concerning details. <i>J. Chomón Díaz y B. Gómez Sedano.</i>	83-100
457-0-169 Tratamiento del pretensado en el "Eurocódigo 2" Traitement du béton précontraint dans l'"Eurocode 2". Treatment of the prestressed concrete in the "Eurocode 2". <i>F.J. del Pozo Vindel y A.R. Marí Bernat.</i> (Con esta Ponencia se concluye la publicación de las que fue- ron presentadas en la Jornada sobre el "Eurocódigo 2", "Estruc- turas de hormigón".	101-109
591-2-242 Algunas ideas sobre el predimensionamiento de puentes empu- jados: Empuje con nariz metálica Quelques idées sur le prédimensionnement des ponts poussés: Poussage à l'aide d'avant-bèc métallique. Some ideas about incremental launched-bridges previous design: Incremental launching with steel nose. <i>C. Iglesias.</i>	111-128
837-8-17 Reparación de pilares de hormigón con pérdida de esquinas o recubrimiento Réparation de colonnes en béton armé avec des coins ou recouvrement perdus. Repair of concrete columns with corners or cover loss. <i>J.L. Ramírez; J.M. Bárcena; J.I. Urreta; B. de Val y J.R. Aurre- coechea.</i>	129-140



INTEMAC

INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES



ENSAYO DE TAPAS DE ARQUETA DE UN HANGAR DE IBERIA, FRENTE A LA SIMULACION DE CARGA DE LA RUEDA DE UN JUMBO.

MADRID: Oficina: Monte Esquinza, 30-4.º-D. Teléfs.: (91) 410 51 58 - 62 - 66. Télex: 49987 INTEM E - Fax: 410 25 80 - 28010 MADRID
MADRID: Laboratorio: Carretera de Loeches, 7 - Teléfs.: (91) 675 31 00 - 04 - 08 - Fax: 677 41 45 - 28850 TORREJON DE ARDOZ (Madrid)
BARCELONA: Oficina y Laboratorio: Avda. de la Riera, 10, Nave 2, Pol. Ind. Tres Santos - Teléf.: (93) 372 83 00 - Fax: 473 03 09
08960 SANT JUST DESVERN (Barcelona)

RELACION DE ENTIDADES QUE, EN LA FECHA DE CIERRE DEL PRESENTE NUMERO DE LA REVISTA, FIGURAN INSCRITAS, EN LA ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO, COMO "MIEMBROS COLECTIVOS".

ESPAÑA

AEPO, S.A.—Estudios y Proyectos.—Madrid.
ALTRESA, S.A.—Aranda de Duero (Burgos).
ASOCIACIO ENGINYERS INDUSTRIALS DE CATALUNYA.—Barcelona.
ASOCIACION DE INVESTIGACION DE LAS INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION.—
Paterna (Valencia).
CASTRO HERMANOS, S.L.—Mislata (Valencia).
CENTRO DE ANALISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS, S.A.—Oviedo.
CEYD TECNICA, S.A.—Oviedo.
C.I.C., S.A.—Consultor de Ingeniería Civil, S.A.—Barcelona.
CIISA "CONSULTING E INGENIERIA INT., S.A.".—La Coruña.
CINSA-EP.—Lasarte-Oria (Guipúzcoa).
COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. Demarcación de
Andalucía Oriental.—Málaga.
COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. Demarcación de
Galicia.—La Coruña.
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TECNICOS.—La Coruña.
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TECNICOS. Laboratorio
de Ensayos.—Tarragona.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE ASTURIAS.—Oviedo.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE BALEARES.—Palma de Mallorca.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE VALENCIA.—Valencia.
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS VASCO-NAVARRO.—Bilbao.
CONTROLEX.—Alicante.
CUBIERTAS Y M.Z.O.V., S.A.—Barcelona.
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS.—Escuela Técnica
Superior de Arquitectura.—Sevilla.
DIRECCION DE CARRETERAS Y TRANSPORTE. Diputación Foral de Guipúzcoa. San
Sebastián.
DITECO, S.L.—Valencia.
E.E.P., S.A.—Elementos Estructurales Prefabricados, S.A.—Sant Fruitos de Bages (Bar-
celona)
ENAGA, S.A.—Pozuelo de Alarcón (Madrid).
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.—Barcelona.
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.—Biblioteca.—La Coruña.
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.—Madrid.
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.—Biblioteca.—San Sebastián.
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.—Sevilla.
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS.—Biblioteca.—
Córdoba.
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES. Departamento de
Teoría de Estructuras. Universidad de Zaragoza.—Zaragoza.
ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TECNICA.—Castro de Elviña (La
Coruña).
ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TECNICA.—Granada.
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL.—Zaragoza.
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA MINERA. Biblioteca.—León.
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA.—Alicante.
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA.—Barcelona.
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA.—Burgos.
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA.—Córdoba.
ESCUELA UNIVERSITARIA POLITECNICA DE MANRESA.—Manresa (Barcelona).
ESTRUCTURAS Y ENCOFRADOS RETICULADOS, S.A.—Alicante.
EUROESTUDIOS, S.A.—Madrid.
FERNANDEZ CONSTRUCTOR, S.A.—Madrid.
FOMENTO DE CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S.A.—Valencia.
FORJADOS DOL.—Esquivias (Toledo).
FUERZAS ELECTRICAS DE CATALUÑA, S.A.—Barcelona.
FUNDACION DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES.—Madrid.
GIJON E HIJOS, S.A.—Motril (Granada).
GIRALDEZ OCAÑA CONTROL, S.L., G.O.C.S.L.—Vigo (Pontevedra).

HORMADISA, S.L.—Puentecesures - Cordeiro (Pontevedra).
 IDEAM, S.A.—Madrid.
 INBADELCA, S.A.—Baracaldo (Vizcaya).
 INDUSTRIAS VEYGA, S.A.—Tarrasa (Barcelona).
 INGENIERIA DE AUTOPISTAS Y OBRAS CIVILES, S.A.—Madrid.
 INGENIERIA Y ECONOMIA DEL TRANSPORTE, S.A.—Centro de Documentación.—
 Madrid.
 INGENIERIA FLORS, S.A.—Grao de Castellón.
 INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASOCIADOS, S.A.—Zaragoza.
 INSTITUCIONES COLEGIALES PARA LA CALIDAD EN LA EDIFICACION.—Murcia.
 INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIO DE CATALUNYA.—Barcelona.
 INSTITUTO JUAN DE HERRERA.—Madrid.
 J. CASTRO MATELO, S.A.—Sigüeiro (La Coruña).
 JUNTA DE CASTILLA Y LEON.—Consejería de Fomento.—Valladolid.
 JUNTA DE CASTILLA Y LEON.—Dirección General de Carreteras, Servicio de Gestión.—
 Valladolid.
 JUNTA DE CASTILLA Y LEON.—Servicio de Obras Públicas.—Ávila.
 LA AUXILIAR DE LA CONSTRUCCION.—Santa Cruz de Tenerife.
 LABORATORIO GEOCISA. Biblioteca.—Coslada (Madrid).
 LABORATORIO DE INGENIEROS DEL EJERCITO.—Madrid.
 LABORATORIOS DEL SURESTE, S.L.—El Palmar (Murcia).
 LUIS BATALLA, S.A. (LUBASA).—Castellón de la Plana.
 METALURGICA GALAICA, S.A.—Narón (La Coruña).
 MINISTERIO DE DEFENSA. DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA.—Madrid.
 MINISTERIO DE DEFENSA. DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA DEL MANDO
 SUPERIOR DE APOYO LOGISTICO DEL EJERCITO.—Madrid.
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO. DIRECCION GENERAL DE
 CARRETERAS. DEMARCACION CASTILLA-LEON.—Valladolid.
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO. DIRECCION GENERAL DE
 CARRETERAS, SERVICIO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS.—Madrid.
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO.—DIRECCION GENERAL PARA
 LA VIVIENDA Y ARQUITECTURA, SUBDIRECCION GENERAL DE NORMATIVA
 BASICA Y TECNOLOGICA.—Madrid.
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO. SUBDIRECCION GENERAL DE
 INFORMES ECONOMICOS Y TECNOLOGIA.—Madrid.
 PLACAS DE HORMIGON, S.A.—Lliga d'Amunt (Barcelona).
 POSTENSA, S.A.—Bilbao.
 PRAINSA.—Barcelona.
 PREFABRICACIONES Y CONTRATAS, S.A.—Madrid.
 PREFABRICADOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES, S.A. (PRAINSA).—Zaragoza.
 PREFABRICADOS DEL CEMENTO, S.A. (PRECESA).—León.
 PREFABRICADOS DE HORMIGON, S.A. (CUPRE-SAPRE).—Valladolid.
 PREFABRICADOS PARA NAVES Y VIVIENDAS, S.A.—Zaragoza.
 PREFABRICADOS POUSA, S.A.—Santa Perpetua de Moguda (Barcelona).
 PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO, S.A. (HORTE).—Valladolid.
 RUBIERA, S.A.—León.
 S.C.N., S.A.—Madrid.
 SERVICIO MILITAR DE CONSTRUCCIONES.—Barcelona.
 SERVICIO MILITAR DE CONSTRUCCIONES.—Burgos.
 SERVICIO TERRITORIAL DE CARRETERAS.—Gerona.
 SESTRA, S.A.L.—Andoain (Guipúzcoa).
 SOCIEDAD ANONIMA ESPAÑOLA TUBO FABREGA.—Madrid.
 SOCIEDAD ESPAÑOLA DE AUTOMOVILES DE TURISMO (SEAT). Biblioteca.—
 Barcelona.
 SPANDECK CATALANA, S.A.—Barcelona.
 TECHOS ESPECIALES PREFABRICADOS, S.A. (TEPSA).—Tarrasa (Barcelona).
 TECNOS, GARANTIA DE CALIDAD, S.A.—Madrid.
 TERRATEST, S.A.—Madrid.
 TEXSA, S.A.—Barcelona.
 TIGNUS, S.A.—Valencia.
 TUBERIAS Y PREFABRICADOS, S.A. (TYPASA).—Madrid.
 UNIVERSIDAD CASTILLA-LA MANCHA.—Albacete.
 UNIVERSIDAD DE CADIZ.—Algeciras (Cádiz).
 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA. Biblioteca Universitaria.—Santander.

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA. Departamento Ingeniería de la Construcción. Cátedra Materiales de Construcción.—La Laguna (Tenerife).
UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Biblioteca Universitaria.—Oviedo.
UNIVERSIDAD POLITECNICA. Hemeroteca.—Valencia.
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID. Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras. E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos.—Madrid.
VIGUETAS MUBEMI.—Torrente (Valencia).
VISANFER, S.A.—Totana (Murcia).
VORSEVI, S.A.—Ingeniería y Control de Calidad.—Sevilla.

EXTRANJERO

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND.—Sao Paulo (Brasil).
BIBLIOTECA DEL DIPARTIMENTO DI ENGEGERIA STRUTTURALE.—Politécnico d'Torino: Torino (Italia).
CONSULAR. CONSULTORES ARGENTINOS ASOCIADOS.—Buenos Aires (Argentina).
CONSULBAIRES. INGENIEROS CONSULTORES, S.A.—Buenos Aires (Argentina).
FILIAL BIBLIOTEKI AKADEMII NAUK SSSR.—Moskva A-219. Rusia.
LABORATORIO DE ENGENHARIA DE ANGOLA.—Luanda (República Popular de Angola).
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.—Lima (Perú).
SARET P.P.B. Cadre Technique.—Le Pontet (Francia).
SWETS SUBSCRIPTION SERVICE.—Lisse (Holanda).
UNIVERSIDAD CATOLICA DE QUITO. Biblioteca.—Quito (Ecuador).
UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO. Biblioteca Central.—Valparaíso (Chile).
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO. Biblioteca.—Mayagüez (Puerto Rico).
ZENTR. BIBLIOTEKA STRUIT. IARCHIT. Moskow I-434. Rusia.

MIEMBRO CORRESPONDIENTE

ASOCIACION BOLIVIANA DEL PRETENSADO (A.B.P.).—La Paz (Bolivia).

* * *

AVISO IMPORTANTE

DISCUSION DE LOS ARTICULOS ORIGINALES PUBLICADOS EN LA REVISTA "HORMIGON Y ACERO"

Todos los artículos originales que se publican en "Hormigón y Acero", quedan sometidos a discusión y al comentario de nuestros lectores. La discusión debe limitarse al campo de aplicación del artículo, y ser breve (cuatro páginas mecanografiadas a doble espacio, como máximo, incluyendo figuras y tablas).

Debe tratarse de una verdadera discusión del trabajo publicado y no ser una ampliación o un nuevo artículo sobre el mismo tema; el cual será siempre aceptado para su publicación en nuestra Revista, pero con tal carácter.

Debe ofrecer un interés general para los lectores. De no ser así, se trasladará al autor del artículo al que se refiera, para que la conteste particularmente.

Los comentarios deben enviarse, por duplicado, a la Secretaría de la A.T.E.P., Apartado 19.002, 28080 Madrid, dentro del plazo de tres meses contados a partir de la fecha de distribución de la Revista.

El autor del artículo cerrará la discusión contestando todos y cada uno de los comentarios recibidos.

Los textos, tanto de las discusiones y comentarios como de las contestaciones de los autores de los correspondientes artículos, se publicarán conjuntamente en una Sección especial que aparecerá en las últimas páginas de la Revista.

Normas que deben cumplir los artículos que se envíen para su publicación en "Hormigón y Acero"

1. CONDICIONES GENERALES

Los originales de los artículos que se desee publicar en "Hormigón y Acero", se enviarán a la Secretaría de la ATEP. Deberán cumplir rigurosamente las normas que a continuación se especifican. En caso contrario, serán devueltos a sus Autores para su oportuna rectificación.

Los que cumplan los requisitos exigidos pasarán al Comité de Redacción de la Revista el cual, previo informe y evaluación de su calidad por el correspondiente Cuerpo de Censores, decidirá si procede o no su publicación, sugiriendo eventualmente al Autor los cambios que, en su opinión, deben efectuarse para su final publicación en "Hormigón y Acero". Toda correspondencia en este sentido se mantendrá directamente con el Autor o primero de los Autores que figuren en el Artículo.

Los originales que por cualquier causa no fueran aceptados serán devueltos al Autor.

2. PRESENTACION DE ORIGINALES

Los originales se presentarán mecanografiados a doble espacio, por una sola cara, en hojas tamaño UNE A4. De cada artículo se enviará original y dos copias.

2.1. Título

El título, *en español, francés e inglés* deberá ser breve y explícito, reflejando claramente el contenido del artículo. A continuación se hará constar nombre y apellidos del Autor o Autores, titulación profesional y, si procede, Centro o Empresa en el que desarrolla sus actividades.

2.2. Resumen

Todo artículo deberá ir acompañado de un resumen, *en español e inglés*, de extensión no inferior a cien palabras (unas ocho líneas mecanografiadas) ni superior a ciento cincuenta palabras (doce líneas).

2.3. Gráficos y figuras

Los gráficos y figuras deberán ir numerados correlativamente en el orden en que se citen en el texto, en el cual deberá indicarse el lugar adecuado de su colocación.

Se presentarán delineados en tinta china negra sobre papel vegetal o sobre papel blanco, o en reproducibles de muy buena calidad. Todas las figuras llevarán su correspondiente pie explicativo.

Los rótulos, símbolos y leyendas deberán ser tales que, tras su reducción a la anchura de una o dos columnas de la Revista (setenta y dos o ciento cincuenta mm, respectivamente) queden letras de tamaño no inferior a 1,5 mm y sean, en todo caso, fácilmente legibles.

2.4. Fotografías

Se procurará incluir sólo las que, teniendo en cuenta la reproducción, sean realmente útiles, claras y representativas. Podrán presentarse en copias de papel opaco negro o en color, en negativo, o en diapositivas. Se tendrán en cuenta las normas sobre tamaño de rótulos y leyendas dadas en el punto

2.3 anterior. Irán numeradas correlativamente y llevarán su correspondiente pie explicativo.

2.5. Tablas y cuadros

Cumplirán las proporciones y dimensiones indicadas para las figuras. Llevarán numeración correlativa, citada en el texto, y un pie con la explicación adecuada y suficiente para su interpretación directa.

2.6. Unidades

Las magnitudes se expresarán, preferiblemente, en unidades del Sistema Internacional (S.I.) según las UNE 5001 y 5002.

2.7. Fórmulas, letras griegas, subíndices y exponentes

En las fórmulas se procurará la máxima calidad de escritura y emplear las formas más reducidas siempre que no entrañen riesgo de incomprensión. Para su identificación se utilizará, cuando sea necesario, un número entre paréntesis a la derecha de la fórmula.

Se cuidará especialmente que todas las letras griegas, subíndices y exponentes resulten perfectamente identificables, procurando evitar los exponentes complicados y letras afectadas simultáneamente de subíndices y exponentes.

Cualquier expresión que, por su complejidad, pueda dar lugar a interpretaciones equivocadas, se presentará manuscrita. Se diferenciarán claramente mayúsculas y minúsculas y aquellos tipos que puedan inducir a error (por ejemplo, la ℓ y el 1; la O y el cero; la K y la k, etc.).

2.8. Referencias bibliográficas

Las referencias bibliográficas citadas en el texto se recogerán al final del mismo dando todos los datos precisos sobre la fuente de publicación, para su localización.

Las citas en el texto se harán mediante números entre paréntesis. En lo posible, se seguirán las normas internacionales utilizadas generalmente en las diversas publicaciones, es decir:

Referencias de artículos publicados en revistas

Apellidos e iniciales del Autor o Autores; título del artículo; nombre de la publicación; número del volumen y fascículo; fecha de publicación, y número de la primera y última de las páginas que ocupa el artículo al que se refiere la cita.

Referencias de libros

Apellidos e iniciales del Autor o Autores; título del libro; edición; editorial, y lugar y año de publicación.

3. PRUEBAS DE IMPRENTA

De las primeras pruebas de imprenta se enviará una copia al Autor para que, una vez debidamente comprobadas y corregidas, las devuelva en el plazo máximo de quince días, con el fin de evitar el riesgo de que la publicación de su artículo tenga que aplazarse hasta un posterior número de "Hormigón y Acero".

En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones que alteren sustancialmente el texto o la ordenación del artículo original.

Jornada de presentación del Eurocódigo 2 "Estructuras de hormigón"

**José Manuel Gállego Estévez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Laboratorio Central de Estructuras y
Materiales, CEDEX, MOPT**

El pasado día 4 de febrero de 1992, tuvo lugar en Madrid, en las instalaciones del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX, una Jornada de presentación del Eurocódigo 2, relativo a las Estructuras de Hormigón, en la cual un conjunto de ponentes compararon las prescripciones de dicho Eurocódigo con las de las Instrucciones EH y EP vigentes en España y analizaron la posible incidencia de aquél en nuestro país. Dado el interés mostrado en dicha Jornada, así como la importancia de los temas tratados en la misma para los técnicos del hormigón, se ha considerado de interés divulgar a través de "Hormigón y Acero" los textos de las ponencias presentadas en la Jornada, las cuales aparecerán en este y sucesivos números de la revista.

Como es conocido, los Eurocódigos, acometidos inicialmente desde la Comisión de la Comunidad Europea, fueron transferidos recientemente al Comité Europeo de Normalización, CEN, para su elaboración y publicación, todo ello regulado mediante los oportunos mandatos de la Comisión.

CEN constituyó en su seno un nuevo Comité, el 250, para los trabajos relativos a los Eurocódigos. Dentro de este Comité, se crearon distintos Subcomités para los diferentes Eurocódigos, siendo el Subcomité 2 el encargado de elaborar el Eurocódigo de Hormigón.

Dado que los miembros de CEN son las Asociaciones Nacionales de Normalización de los países de la CE y de la EFTA, se constituyó, en el caso español, dentro de la Asociación Nacional de Normalización y Certificación, AENOR,

una estructura organizativa paralela a la de CEN. De este modo, se creó el Comité Técnico CTN 140 "Eurocódigos" y dentro de él el Subcomité 2 relativo al Eurocódigo 2, cuyo Presidente es el autor de esta nota y cuyo Secretario es D. Jesús Rodríguez Santiago.

Este Subcomité, creado hace algo más de un año y que se ha beneficiado del trabajo llevado a cabo en una etapa anterior por el GTG-2 del Grupo Español del Hormigón, GEHO, ha acometido, a lo largo de 1991, una serie de tareas encaminadas a potenciar, consolidar y divulgar las actividades españolas en relación con el Eurocódigo 2. Así, se ha coordinado la presentación de propuestas de nominación de expertos españoles a los distintos Equipos de Proyecto del Eurocódigo 2; se ha supervisado la traducción al español de la Parte 1 "Reglas generales y reglas para edificación" del Eurocódigo; se ha llevado a cabo un análisis y discusión técnica tanto de esta Parte, ya concluida, como de las otras Partes del Eurocódigo actualmente en preparación y, finalmente, se decidió la organización de una Jornada específica para la presentación y divulgación del Eurocódigo, cuya Parte 1 ha sido aprobada como Prenorma Europea ENV 1992/1/1 a finales de Diciembre de 1991.

La Jornada fue organizada por el CEDEX, contándose con el patrocinio de la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, de la Asociación Nacional de Laboratorios Acreditados, ANL, de la Asociación de Empresas Constructoras de Ambito Nacional, SEOPAN, y del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, IECA, lo que confirma el

interés que sin duda despierta este Eurocódigo en el panorama técnico español. La organización técnica corrió a cargo del Subcomité de AENOR antes indicado, siendo la mayoría de los ponentes miembros del mismo.

El contenido de la Jornada corresponde al siguiente listado de ponencias:

1ª.—“Presentación del “Eurocódigo 2-Parte 1” y resumen de las actividades del CEN TC 250/SC 2, por D.H.U. Litzner, Presidente del CEN TC250/SC2.

2ª.—“El Eurocódigo 2 en el contexto de la normativa española y europea”, por D. Manuel Martín Antón, Presidente de la Comisión Permanente del Hormigón.

3ª.—“Bases del Proyecto”, por D. Miguel Díaz-Llanos Ros.

4ª.—“Durabilidad”, por Dña. M.ª Carmen Andrade Perdrix.

5ª.—“Materiales”, por D. José Manuel Gállego Estévez.

6ª.—“Estados límites últimos (flexión/compresión y pandeo)”, por D. Francisco Morán Cabré.

7ª.—“Estados límites últimos (cortante, torsión y punzonamiento)”, por D. Santiago Pérez-Fadón Martínez y Dña. Inmaculada Roche Jiménez.

8ª.—“Estados límites de servicio”, por D. Jesús Rodríguez Santiago.

9ª.—“Prescripciones de detalle”, por D. Jesús Chomón Díaz y D. Benedicto Gómez Sedano.

10ª.—“Tratamiento del pretensado en el Eurocódigo-2”, por D. Florencio Jesús del Pozo Vindel y D. Antonio Marí Bernat.

Como se indicó anteriormente, la Parte 1 del Eurocódigo está ya concluida y fue aprobada por el CEN como Prenorma Europea, previniéndose la aparición de las versiones del mismo en

francés y alemán (lenguas oficiales, junto con el inglés, en el CEN, estando en este momento únicamente finalizado el original en inglés) a lo largo del primer semestre de 1992.

Se prevé que a lo largo de 1992 se ultimarán los textos de las Partes 1A (Hormigón en masa), 1B (Elementos y estructuras prefabricados de hormigón), 1C (Hormigón de áridos ligeros) y 1D (Tendones de pretensado externo y pretensado no adherente), estando además en preparación la Parte 2 relativa a Puentes y la Parte 10 relativa a Resistencia al fuego.

La aplicación de los Eurocódigos en general y del relativo al hormigón en particular, precisa de la existencia de una serie de Euronormas relativas a materiales (en el caso de este Eurocódigo, las normas relativas a hormigón, aceros de armado y pretensado y sistemas de pretensado, estando únicamente concluida la correspondiente al hormigón, que es la ENV 206) que le sirvan de soporte. Dado que esta normativa, a nivel europeo, se encuentra aún pendiente de aprobación y por tanto el Eurocódigo debería, entre tanto, descansar para su aplicación en Normas nacionales, y existiendo además otra serie de razones que lo hacen aconsejable, determinados países están preparando Documentos de Aplicación Nacional del Eurocódigo 2, que facilitarán la aplicación de éste al respectivo contexto nacional, indicando normas de referencia, elección de valores alternativos a los indicativos del Eurocódigo (que aparecen en su texto enmarcados), etc. En el caso español, este Documento de Aplicación Nacional habrá, evidentemente, de ser contemplado en el conjunto de trabajos que el CTN 140/SC2 debe abordar en el futuro inmediato.

Con la publicación de las ponencias de la Jornada de presentación del Eurocódigo 2, se pretende, a la vez que divulgar su contenido, comparándolo con las Instrucciones españolas, fomentar el debate y la participación en las tareas de elaboración y revisión del Eurocódigo, asunto éste sin duda de la mayor importancia para la construcción española.

Presentación del "Eurocódigo-2", Parte 1 y resumen de las actividades del CEN TC250/SC2*

Dr. Ing. Hans-Ulrich Litzner, Wiesbaden (RFA)

1. INTRODUCCION

La Comisión de Comunidades Europeas (CEC) aspira al completo desarrollo del mercado interno europeo para finales de 1992. La principal característica de este Mercado es el libre movimiento de mercancías, capital y servicios. Esto, para el mercado de la construcción, significa lo siguiente: libre importación y exportación de productos de la construcción (es decir: cemento, acero, elementos prefabricados) y servicios (trabajos de proyecto y ejecución de obras).

La integración al mercado europeo de la construcción tendrá algunas consecuencias que no se limitarán únicamente a cuestiones técnicas. No obstante, las siguientes consideraciones tratarán, principalmente, los aspectos técnicos.

El mercado europeo de la construcción requiere un Sistema Europeo de Regulación (Fig. 1). Consta de: Directivas, que forman el fondo legal; Documentos Interpretativos, que cuantifican los Requisitos Esenciales, y Especificaciones Europeas Armonizadas (categoría A y B de las Normas de Aprobación Técnica Europea). Las Especificaciones son necesarias para la verificación de la conformidad con los requisitos esenciales y, consecuentemente, para la aceptación del producto de construcción por parte del cliente. El Eurocódigo 2 constituye una parte importante de estas Especificaciones.

Jornada de presentación del Eurocódigo 2 "Estructuras de Hormigón", 1ª Ponencia.

2. DIRECTIVA SOBRE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCION Y DOCUMENTOS INTERPRETATIVOS

La Directiva de la CEC sobre Productos de Construcción (Fig. 1) establece unos requisitos esenciales que, de acuerdo con los objetivos a que se refieren, son:

- a) Resistencia mecánica y estabilidad.
- b) Seguridad en caso de fuego.
- c) Higiene, salud y medio ambiente.
- d) Seguridad en el uso.
- e) Protección contra el ruido.
- f) Ahorro de energía y retención del calor.

Los Documentos Interpretativos tienen por objeto dar forma concreta a los requisitos esenciales y crear el nexo necesario entre estos requisitos y las Normas Armonizadas Europeas. Los Eurocódigos Estructurales y, por tanto, también, el Eurocódigo 2, se basan, fundamentalmente, en el Documento Interpretativo sobre Resistencia Mecánica y Estabilidad aceptado en 1991 por el Comité Permanente de la CEC para la Construcción. Esto significa que los Eurocódigos Estructurales constituyen una herramienta básica para verificar que el requisito esencial a) se cumple en el producto de construcción o en la estructura que se está considerando.

Con respecto a las estructuras de hormigón, este tema se muestra esquemáticamente en la Fig. 2: Consiste en el Eurocódigo 1, que proporciona principios básicos de diseño (fiabilidad) y la información necesaria sobre acciones

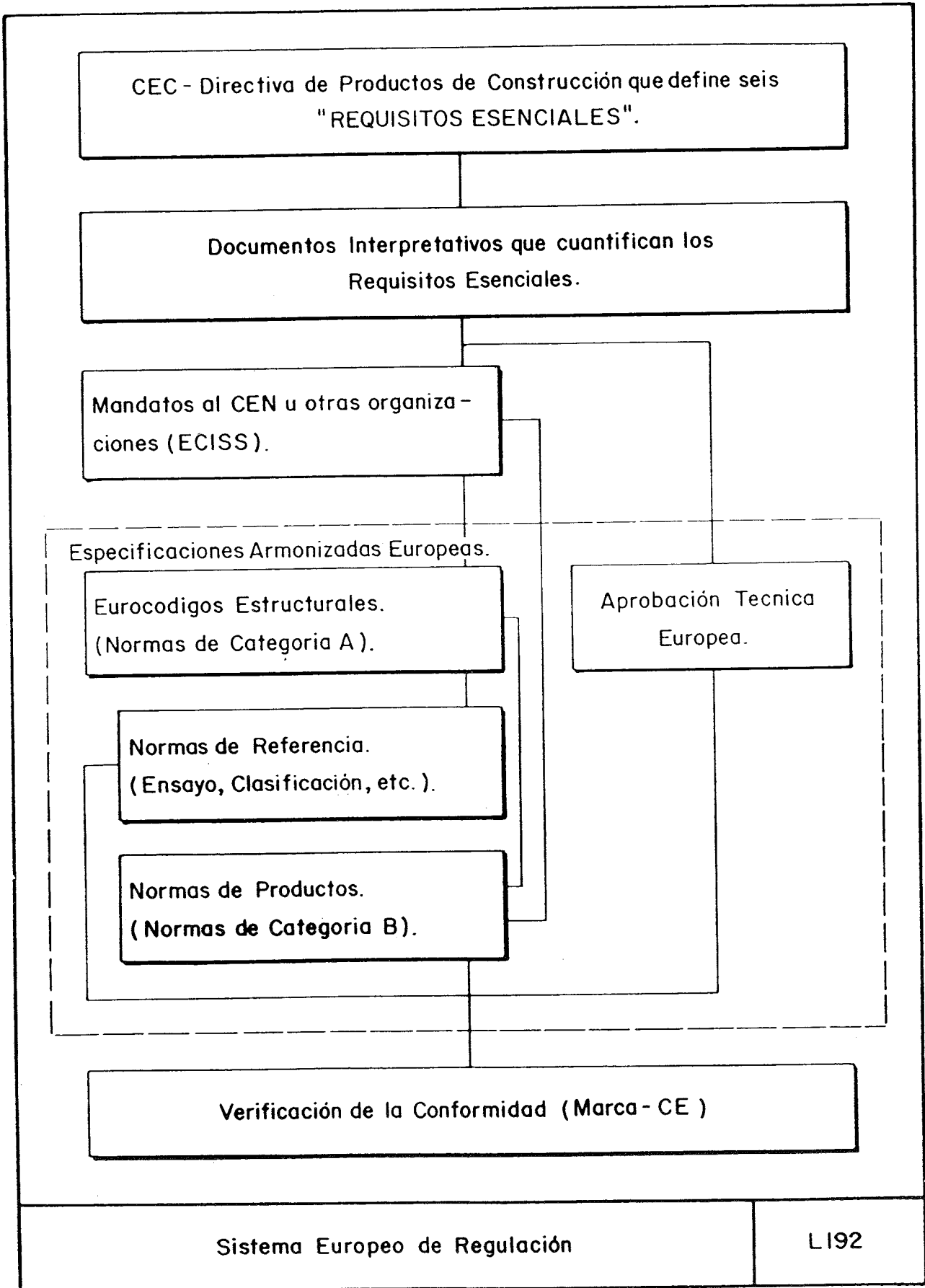


Fig. 1.

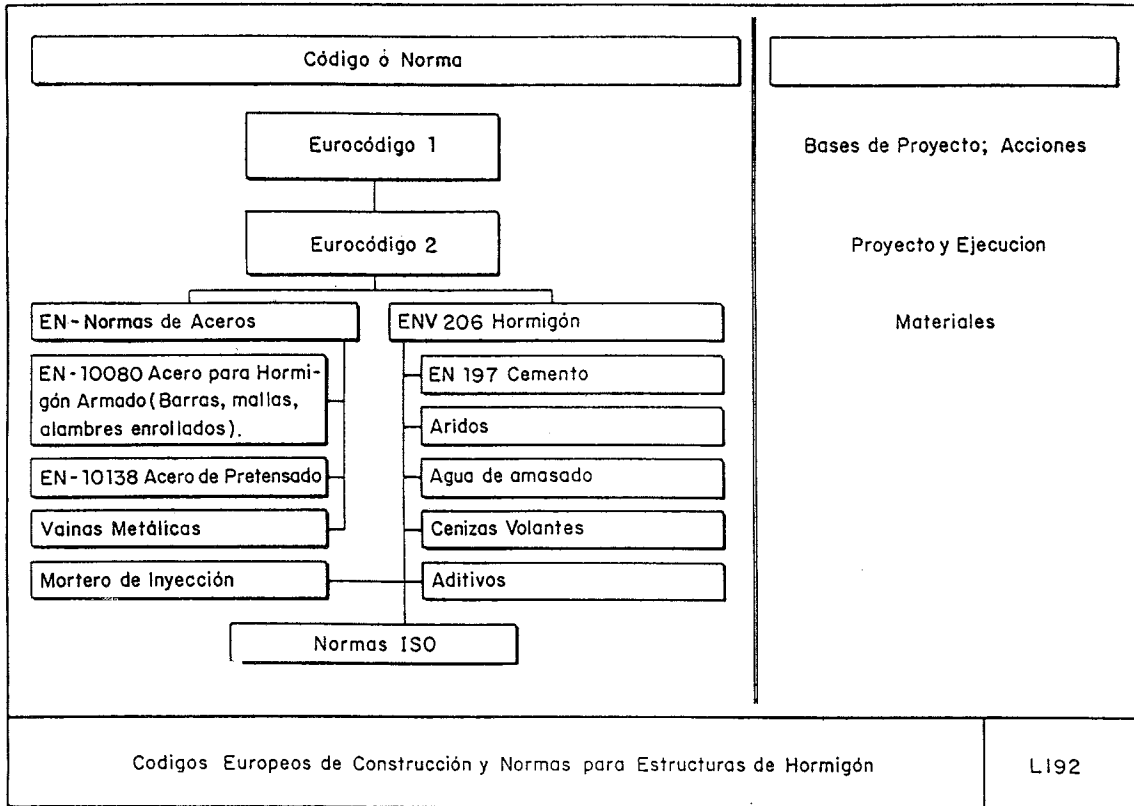


Fig. 2.

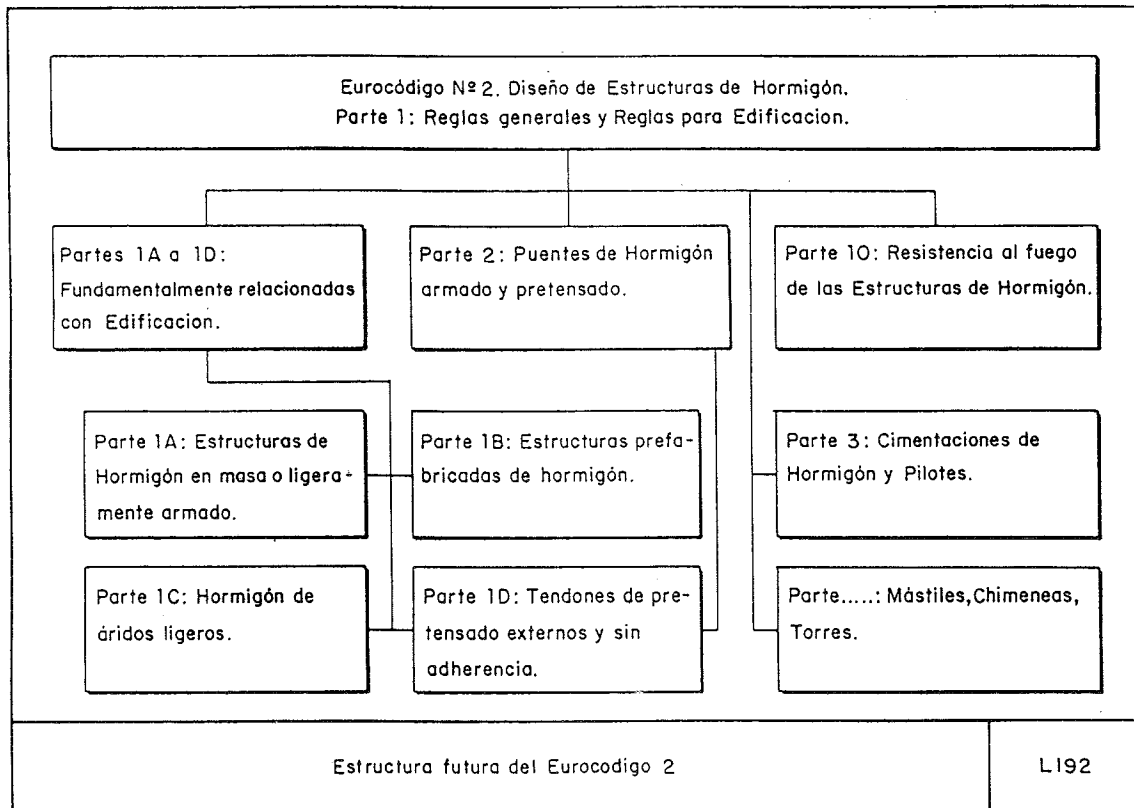


Fig. 3.

a las que son sometidas las estructuras y sus combinaciones; reglas para el proyecto y ejecución de estructuras de hormigón (Eurocódigo 2); normas sobre materiales (EN V 206, EN 197, EN 10 080 y EN 10 138) y, finalmente, normas sobre ensayos, de momento, fundamentalmente, Normas ISO. Según la Normativa CEN, este sistema de códigos debería reemplazar gradualmente a los sistemas nacionales existentes.

3. EUROCODIGO 2 PARA EL PROYECTO Y EJECUCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON

El Eurocódigo 2 constituye la parte fundamental en el sistema de códigos, como muestra la Fig. 2. Hasta ahora, sólo la Parte 1 "Reglas Generales y Reglas para Edificios" está completamente acabada y será publicada por CEN como Pre-norma (EN V) en 1992.

Un poco de información sobre la historia de este documento podría ser interesante:

El trabajo sobre el Eurocódigo 2, Parte 1, comenzó en 1979. El trabajo estuvo guiado por el Código Modelo CEB/FIP publicado en 1978 por el Comité Europeo del Hormigón (CEB). La CEC publicó un primer Borrador del Eurocódigo 2 en 1984. A su discusión fueron invitados todos los países miembros de la CE.

Entre 1984/1985 el primer grupo editorial del EC2 (Presidente: Prof. F. Levi, Italia) recibió aproximadamente unos 2.000 comentarios de los distintos estados miembros. Sobre esta base, en 1988 y 1989 se prepararon distintos borradores. De nuevo, los países miembros de la CE tuvieron la oportunidad de hacer sus comentarios. El resultado final es la versión de Octubre 1991 de la Parte 1 del Eurocódigo 2 que se publicará como Pre-Norma Europea a principios de 1992.

Resumiendo la historia, se puede afirmar que el EC2 es el resultado de una discusión en toda regla, mantenida durante 10 años y que constituye, necesariamente, un compromiso entre diferentes opiniones nacionales. Esto debería tenerse en cuenta cuando el Eurocódigo 2 sea enjuiciado y comparado con los reglamentos nacionales de los distintos países miembros de la CEE.

En la actualidad, el prestigioso equipo de Proyectos del Subcomité 2 de CEN/TC250 sigue preparando otras Partes del Eurocódigo 2 (Fig. 3). En 1992 se acabarán las Partes 1A a 1D; la Parte 10, en 1993, y la Parte 2, para finales de 1993. El trabajo sobre la Parte 3 (Cimentaciones de hormigón y pilotes) así como la Parte sobre Mástiles, Chimeneas y Torres de Refrigeración, comenzarán probablemente en 1993.

Esto demuestra que la aparición de la Parte 1 del Eurocódigo 2 es solamente un trozo del mosaico del sistema Europeo de Normas y que otras partes aparecerán a su debido tiempo.

4. APLICACION DE LA PARTE 1 DEL EUROCODIGO 2; DOCUMENTOS DE APLICACION NACIONAL

La reglamentación del CEN para el Establecimiento de Normas, indica que una Norma Europea (EN-Standard) será implementada por los países miembros de la CEN de la manera siguiente:

- Dándole rango de Norma nacional y
- Retirando cualquier Norma nacional conflictiva.

Esta regla, sin embargo, no es de aplicación para las Pre-Normas Europeas (EN V). Por esta razón y teniendo en cuenta la dificultad de obtener un compromiso en cuestiones técnicas a nivel europeo, CEN TC250 ha acordado publicar todos los Eurocódigos en forma de Pre-norma europea (EN V).

Se invita a los Estados Miembros de la CE a que utilicen el Eurocódigo 2, Parte 1, paralelamente a sus Códigos y Normas nacionales. Teniendo en cuenta que todavía faltan partes importantes del futuro sistema de normalización (Fig. 2), se necesitan documentos de aplicación nacional que establezcan el nexo entre la Parte 1 del Eurocódigo 2 y las normas de referencia nacionales, como por ejemplo, para acciones, materiales, ensayos y control de calidad. En algunos países (Gran Bretaña, Alemania) ya existen estos documentos de Aplicación Nacional.

En casi todos los países de la CE, actualmente se discute si la Parte 1 del Eurocódigo 2 conduce a soluciones más económicas si se comparan a las que ofrece la Reglamentación Nacional.

Desde las primeras aplicaciones del Eurocódigo 2, se pueden obtener las conclusiones preliminares siguientes:

—El concepto de seguridad parcial en los Eurocódigos, probablemente va a permitir obtener soluciones más económicas que el concepto de seguridad global.

—Los métodos de análisis plástico y no lineal, pueden conducir a soluciones más económicas, en comparación con los basados en la teoría elástica lineal, en los casos en que los estados límites últimos rigen el diseño y el detalle.

—Los requisitos sobre durabilidad y estados límites de servicio son más exigentes que algunos Códigos nacionales.

—La redacción del Eurocódigo 2, Parte 1, deberá mejorarse cuando se transfiera a Norma EN.

5. CONCLUSION

Con respecto a los últimos puntos, es necesario mantener una discusión amplia sobre el Eurocódigo 2, Parte 1, tanto a nivel nacional como a nivel europeo. El Sub-Comité 2 necesita conocer la experiencia en el uso del EC2 para su futuro trabajo, a fin de cumplir los requisitos exigibles por los usuarios del Código. Se espera que, a partir de esta Jornada, se obtenga un fuerte impacto en el desarrollo del EC2.

RESUMEN

Se describe la situación del Eurocódigo 2 en el contexto de la Directiva de Productos de Construcción de la Comunidad Europea, detallándose el proceso seguido para la elaboración

de este Eurocódigo, así como las Partes actualmente en preparación y las normas en que deberá apoyarse para su aplicación.

Se analiza el rango futuro de los Eurocódigos, que serán publicados inicialmente como Prenormas Europeas y se indican algunas conclusiones preliminares de la aplicación del Eurocódigo 2, en comparación con las Reglamentaciones Nacionales existentes.

SUMMARY

The situation of Eurocode 2 within the frame of the Building Products Directive is analyzed. Details are given about the work that has been done for the preparation of this Eurocode and also about the Parts currently in progress.

It is discussed the future status of the Eurocodes, which will be published initially as European Prestandards. Some preliminary conclusions about the application of Eurocode 2 in comparison with the existing National Codes, are given.

* * *

Nueva Publicación HORMIGON ARMADO, 13ª Edición

Título: Hormigón Armado, 13ª Edición

Autores: P. Jiménez Montoya, A. García Meseguer y F. Morán Cabré

Editor: Gustavo Gili, Barcelona, diciembre 1991

Caract.: 2 volúmenes de 21 x 28 cm, 1.244 págs., encuadernados en tela con sobrecubierta

Dado el éxito obtenido por las anteriores ediciones de esta obra durante más de veinte años, los autores se han visto obligados a preparar una nueva edición de la misma, revisando y actualizando su contenido.

En la redacción de la misma se han tenido en cuenta la "Instrucción Española para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado — EH-91", de reciente aparición; el Pliego para la Recepción de Cementos RC-88, así como la normativa europea e internacional más actual, en especial el Eurocódigo EC-2 de 1991 y el Código Modelo MC-90 del CEB.

Se han revisado en profundidad los capítulos de cementos, de preparación del hormigón, de control de calidad y de deformaciones, en los que se han producido los mayores cambios al aparecer las nuevas normas indicadas.

En el tomo II se ha redactado de nuevo el apartado dedicado a programas de ordenador, introducido a partir de la 12ª edición, que ha sido ampliado hasta su extensión actual de 150 páginas. Se presentan en total 10 programas para el cálculo de esfuerzos en pórticos y para el armado de secciones y piezas de hormigón. Si bien los programas son análogos a los de la edición anterior, se han introducido en los mismos cambios importantes que facilitan su uso.

Por otra parte, los programas se presentan ahora en lenguaje GW-BASIC para ordenadores personales compatibles, incluyendo una documentación completa y detallada de cada uno de ellos, que abarca organigramas, descripción de datos y resultados, formulación aplicada, listados fuente y ejemplos numéricos. De estos programas es posible solicitar un disco que contiene los listados fuente en GW-BASIC y, optativamente, versiones compiladas y optimizadas de los mismos para su uso profesional.



BASES DE DATOS

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Base de Datos Referencial
especializada en publicaciones
periódicas españolas de
CIENCIA Y TECNOLOGIA

ICYT

TEMATICA: Agronomía, Astronomía, Astrofísica, Ciencias de la Vida, Ciencias de la Tierra y el Espacio, Farmacología, Física, Matemáticas, Química y Tecnología.

FUENTES: 525 publicaciones periódicas

PERIODO DE COBERTURA: Desde 1979 hasta la actualidad

VOLUMEN: 59.000 referencias

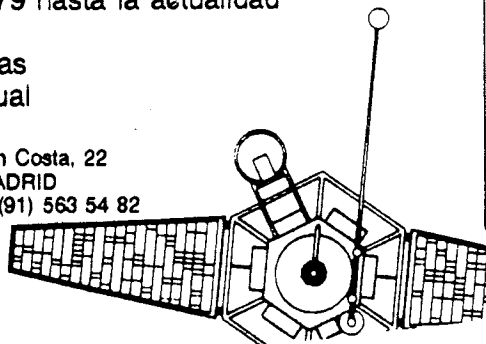
CRECIMIENTO ANUAL: 6.500 referencias

PERIODO DE ACTUALIZACION: Mensual

PRODUCTOR:

INSTITUTO DE INFORMACION Y
DOCUMENTACION EN CIENCIA Y
TECNOLOGIA (ICYT)

c/ Joaquín Costa, 22
28002 MADRID
Teléfono (91) 563 54 82



Otras Bases de Datos:

IME: Medicina y Areas relacionadas

ISOC: Ciencias Sociales y Humanidades

CIRBIC: Catálogo Colectivo de Libros y Revistas de las
Bibliotecas del CSIC

Para información y suscripciones:

SERVICIO DE DISTRIBUCION DE INFORMACION

Pinar, 19

28006 MADRID

Teléfono (91) 585 56 48/5649/5668

El Eurocódigo 2 en el contexto de la Normativa española y europea*

Manuel Martín Antón
Subdirector General de Normativa
Técnica y Análisis Económico
Ministerio de Obras Públicas y Transportes

1. INTRODUCCION A LOS EUROCODIGOS

1.1. La primera fase: 1976-1990

La elaboración de los eurocódigos, como especificaciones técnicas para el diseño y ejecución de estructuras de edificación e ingeniería civil, surge como idea, en 1976, en paralelo con los primeros trabajos de preparación del proyecto de Directiva sobre productos de construcción.

La organización o estructura de funcionamiento se basaba en:

—Grupos de redacción (uno por cada eurocódigo) compuestos por expertos seleccionados por la Comisión de las Comunidades Europeas y encargados de elaborar los documentos de base.

—Los Ingenieros de enlace, expertos que intervenían, periódicamente, en el Grupo de redacción aportando criterios nacionales y enriqueciendo el contenido.

—Un Grupo de Coordinación, compuesto por expertos designados por las autoridades competentes de los Estados miembros (a razón de uno por Estado), que aportaba la necesaria homogeneidad a los trabajos a través del ejercicio de una visión horizontal.

—El Comité de Dirección, compuesto por funcionarios designados por las autoridades de los Estados miembros (a razón de dos por Estado) y presidido por la Comisión de las Comunidades Europeas.

Bajo este esquema se afrontaron los siguientes nueve eurocódigos:

- EC-1: "Reglas comunes".
- EC-2: "Estructuras de hormigón".
- EC-3: "Estructuras metálicas".
- EC-4: "Estructuras mixtas hormigón-acero".
- EC-5: "Estructuras de madera".
- EC-6: "Estructuras de albañilería".
- EC-7: "Cimentaciones".
- EC-8: "Estructuras en zonas sísmicas".
- EC-9: "Acciones sobre estructuras".

En todo momento estaba latente el problema del "status", es decir, qué rango era el adecuado para otorgársele a estas especificaciones técnicas.

Aún sin resolver esta cuestión, lo que sí se tenía claro era qué objetivos se pretendían con los eurocódigos, a saber:

—Estimular el funcionamiento del Mercado Común, eliminando las trabas causadas por la existencia de criterios diferentes.

—Definir especificaciones técnicas comunes, para la aplicación eficaz de la Directiva del Consejo 71/305/CEE sobre coordinación de los procedimientos de adjudicación de los contratos públicos de obras, como alternativa a las especificaciones técnicas nacionales.

—Reforzar la posición competitiva de la industria europea de la construcción y actividades afines, con países fuera de la Comunidad, y

—Establecer una base económica para las normas comunes enfocadas a productos destinados a la construcción.

En 1986 se produce la incorporación de España a las Comunidades Europeas y, con ello, a los trabajos de elaboración de eurocódigos.

* Jornada de presentación del Eurocódigo 2 "Estructuras de Hormigón", 2.ª Ponencia.

1.2. La segunda fase: 1990 en adelante

En 1990, tras arduas disquisiciones, se resuelve el problema del "status", acordándose, por el Comité de Dirección de Eurocódigos, el traspaso de los trabajos al Comité Europeo de Normalización (CEN) para su gradual adopción como normas europeas.

Corroborando lo anterior, la Comisión de las Comunidades Europeas firma, con la aquiescencia del Comité Permanente de la Construcción de la Directiva 89/106/CEE ("productos de construcción"), el Acuerdo Comisión-CEN relativo al traspaso de tales trabajos (documentos CONSTRUCT 89/019/III-B-5 y BC/CEN/03/89).

Se conferirá, así, a los Eurocódigos, en el futuro, el rango de normas europeas armonizadas en el marco de la Directiva 89/106/CEE citada, aprobándose inicialmente, con carácter experimental.

En consecuencia los eurocódigos, "per se" y conforme al "status" que les otorga la Directiva mencionada, son especificaciones técnicas no obligatorias, pero cuya aplicación presume la verificación de los requisitos esenciales definidos en dicha Directiva (resistencia mecánica y estabilidad, seguridad de uso, etc.) cuando por el ordenamiento jurídico se exija el cumplimiento de tales requisitos.

El procedimiento de elaboración de las normas europeas armonizadas Eurocódigos se sale de lo común, al contemplarse la existencia en el proceso, de una vigilancia y participación, ejercida por los Estados miembros a través de representantes por ellos designados que forman parte de las delegaciones de los Organismos Nacionales de Normalización (AENOR, AFNOR, DIN, BSI,...) en el seno del CEN.

El Comité Técnico de Normalización del CEN, que tiene a su cargo los trabajos de elaboración de eurocódigos es el TC-250 y su homólogo en España, el CTN-140 de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

Los eurocódigos sobre los que se trabaja, con mayor o menor intensidad, son, ahora:

- EC-1: "Acciones sobre estructuras".
- EC-2: "Estructuras de hormigón".
- EC-3: "Estructuras metálicas".
- EC-4: "Estructuras de hormigón y acero".
- EC-5: "Estructuras de madera".
- EC-6: "Estructuras de albañilería".
- EC-7: "Geotecnia".
- EC-8: "Estructuras en zonas sísmicas".
- EC-9: "Estructuras de aluminio".

2. EL EUROCODIGO-2 EN EL CONTEXTO DE LA NORMATIVA ESPAÑOLA Y EUROPEA

2.1. El valor "per se" del Eurocódigo-2

Conviene repetir que el Eurocódigo-2 es una norma europea armonizada de carácter experimental, derivada de la Directiva 89/106/CEE (de productos de construcción) y que, en el futuro perderá el carácter experimental.

En todo caso, se trata de un conjunto de especificaciones técnicas cuyo cumplimiento es voluntario (no obligatorio), a no ser que, en otro momento, se disponga lo contrario a través de una disposición legal.

2.2. El valor del Eurocódigo-2 como consecuencia del derecho nacional y comunitario

Entre los objetivos del Tratado de Roma, constitutivo de la Comunidad Económica Europea, figuran los relativos a la libre circulación de mercancías y el fomento de la competencia.

Con relación al tema que nos ocupa y a tales objetivos, las Directivas 89/106/CEE (sobre productos de construcción) y las 89/440/CEE y 71/305/CEE (sobre contratos públicos de obras) son, tal vez, el desarrollo legislativo más relevante.

Es en virtud de tal legislación comunitaria por la que se confiere a los eurocódigos un valor adicional significativo, desde el punto de vista práctico.

En efecto, los eurocódigos encuentran, en tales campos (industrias de la construcción y contratos públicos de obras) su razón de ser y su aplicabilidad, en mayor o menor grado.

En la medida en que España está obligada a transponer tales Directivas, incorporándolas a su ordenamiento jurídico, bastará con acudir a nuestra propia legislación para comprender el uso y alcance de los eurocódigos como futuras normas europeas armonizadas.

Resulta significativo al respecto reflejar aquí lo que literalmente señala el apartado 2 del artículo 10 de la Directiva 71/305/CEE modificada por la 89/440/CEE, ya citadas:

"Sin perjuicio de los reglamentos técnicos nacionales obligatorios, siempre y cuando sean compatibles con el Derecho comunitario (por ejemplo: EH-91), dichas especificaciones técnicas serán definidas por los poderes adjudicadores o bien por referencia a normas nacionales que transpongan normas europeas, o bien en referencia a documentos de idoneidad técnica, o bien en referencia a especificaciones técnicas comunes".

Al margen de todo lo anterior hay que señalar un aspecto importante, dentro del contenido de los eurocódigos, y es que la fijación de los valores concretos aplicables en cada territorio nacional en cuanto a coeficientes de corrección, ponderación y seguridad de acciones, materiales y factores análogos, quedan reservados a los Estados miembros.

3. UNA VISION DE FUTURO

Se incluye, a continuación, lo que puede considerarse una visión de futuro (optimista, sin duda) de lo que puede ser el calendario de la vida del EC-2 en los años próximos:

—1992: EC-2 como norma europea armonizada experimental (en lo que respecta a la parte relativa a edificación); aplicabilidad a potestad del proyectista y director de obra (conforme artículo 1 de Instrucción EH-91).

—1996: EC-2 (parte edificación) ¿norma europea armonizada?: Definición de coeficientes y condiciones de aplicabilidad como procedimiento alternativo reconocido pero no obligatorio en el marco de una nueva EH-96 (masa, armado, pretensado).

—1977 en adelante: Convergencia.

RESUMEN

Los eurocódigos son especificaciones técnicas voluntarias para el proyecto y ejecución de estructuras de edificación e ingeniería civil.

La elaboración de los eurocódigos comienza, a iniciativa de la Comisión de las Comunidades Europeas, a nivel de idea, en 1976.

En 1990 se traspasan los trabajos de eurocódigos al Comité Europeo de Normalización (CEN).

Así pues, los eurocódigos tendrán, en el futuro, el rango de normas europeas.

En la medida en que los mandatos de normalización en materia de eurocódigos se realicen en el marco de la Directiva 89/106/CEE (productos de construcción), tendrán el carácter de normas europeas armonizadas.

La elaboración de los Eurocódigos en el CEN se realiza, mediante un procedimiento especial, bajo la tutela de los Estados miembros y de la propia Comisión de las Comunidades Europeas.

El Eurocódigo-2 se refiere a las estructuras de hormigón.

Los eurocódigos contribuirán a mejorar las condiciones de competencia en materia de contratos públicos de obras y a la libre circulación de productos de construcción.

Para la aplicabilidad de los eurocódigos en cada territorio nacional, la definición de los valores relativos a los coeficientes de corrección, ponderación y seguridad de acciones, materiales y otros factores, queda reservada a los Estados miembros.

En el futuro el Eurocódigo-2 constituirá, probablemente, un procedimiento alternativo reconocido, pero no obligatorio, en el marco de la Instrucción Española de Hormigón (EH).

SUMMARY

Eurocodes are voluntary technical specifications for planning and execution of building and civil engineering structures.

Eurocodes preparation began as an idea in 1976, upon an initiative of the Commission of the European Communities.

In 1990 the studies on Eurocodes were transferred to the European Committee for Standardization (CEN).

Thus, in the future the Eurocodes will be considered as European standards.

Insofar as the mandates of normalization with respect to Eurocodes are carried out in the frame of the Directive 89/106/EEC (construction products), they will have the nature of harmonized European standards.

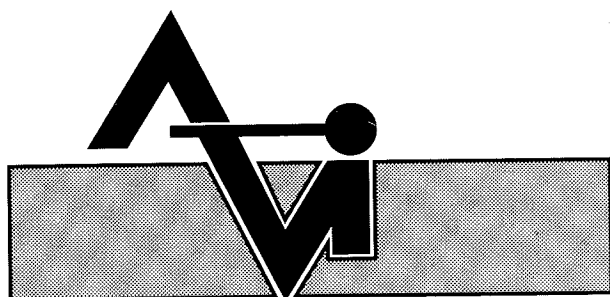
The elaboration of the Eurocodes within the CEN is fulfilled through a special process under the guidance of the Member States and the Commission of the European Communities itself.

The Eurocode-2 refers to concrete structures.

The Eurocodes will contribute to improve conditions of competition in the matter of public contracts of works, and to the free movement of construction products.

As for the application of Eurocodes in every national territory, and referring to the coefficients of correction, pondering and security of actions, materials and other factors, the definition of the values is reserved to the Member States.

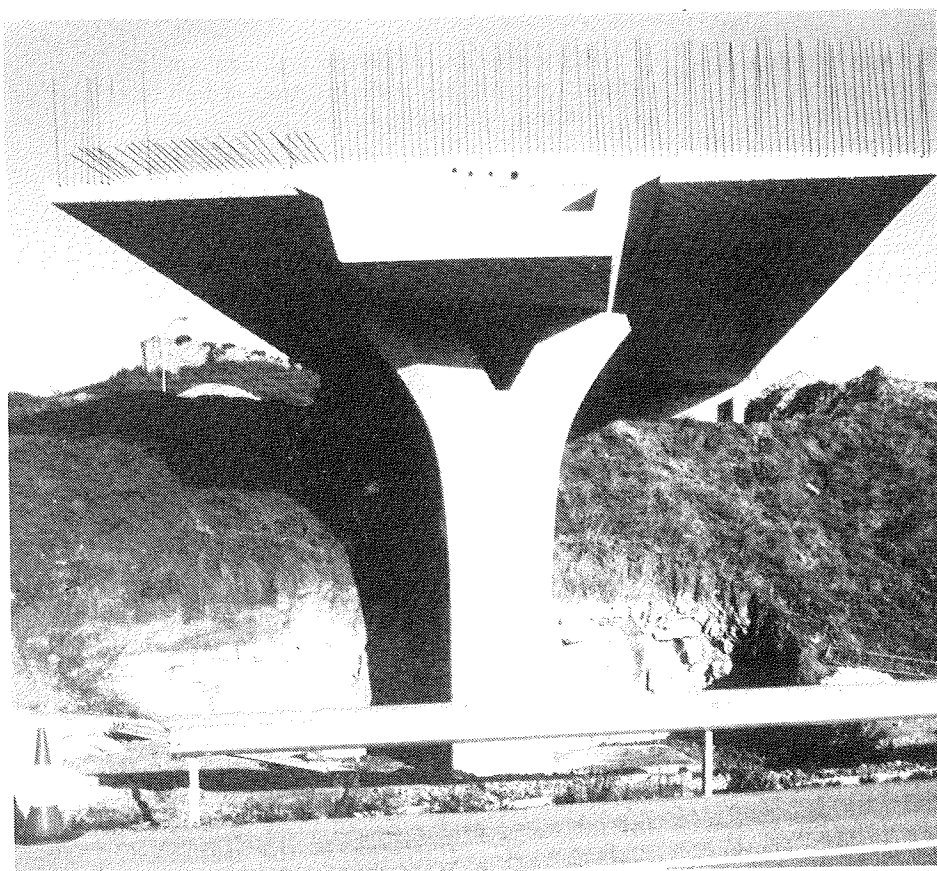
In the future, Eurocode-2 will probably be an alternating recognized but not compulsory procedure in the frame of the "Instrucción Española del Hormigón, (EH)" (Spanish Regulation for Concrete).



ALVISA

PREFABRICACION LIGERA Y PESADA

PUENTES - NAVES INDUSTRIALES - FORJADOS



ANDUJAR
Polígono Industrial Ave María - Apart. 248.
Tel: 953/50 63 00 JAEN

BARCELONA
Avda. Josep Tarradellas, 8-10, 5º, 1ª.
Tel: 93/439 82 33

GRANADA
c/ Divina Pastora, 9. Portal 11 - Bajo.
Tel: 958/27 46 86

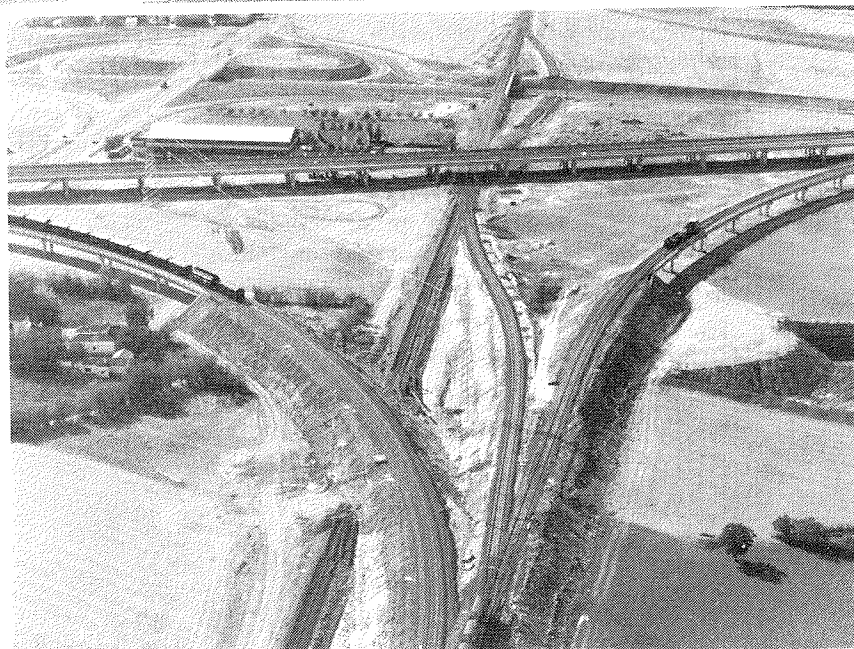
HUESCA
Paseo Lucas Mallada, s/n.
Tel: 974/22 39 00

MONZON
Carretera de Lérida, s/n.
Tel: 974/40 07 80 HUESCA

TORREJON DE ARDOZ
Carretera de Torrejón-Loeches, km. 4,200.
Tel: 91/675 04 50 MADRID

ZARAGOZA
Paseo de la Constitución, 31.
Tel: 976/23 75 02

MADRID: DIRECCION COMERCIAL
c/Orense, 10-12. Tel: 91/555 05 35



Bases del proyecto (*)

Miguel Díaz-Llanos Ros
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director del Departamento de Ingeniería Civil
Empresarios Asociados, S.A.

INTRODUCCION

El título más apropiado del apartado 2 es "Bases del Proyecto" y no sólo de cálculo, pues en él se establecen las bases que se han de seguir en:

- La concepción de la estructura.
- Los criterios del proyecto.
- Las especificaciones de los materiales.

Estos conceptos se seguirán y desarrollarán con mayor detalle en los apartados sucesivos.

La numeración que se utiliza en estos comentarios no es completa ni jerárquica, dado que, para una referencia cruzada más fácil, se corresponde con los párrafos del Eurocódigo 2 Parte 1 (EUR-2, en adelante) que se comentan y, por lo tanto, no son ordinales de ella.

2.1. Requisitos fundamentales

El epígrafe 2.1 establece los requisitos fundamentales. Comienzan con la concepción y construcción de la estructura, haciendo mención explícita a conceptos tales como:

- Probabilidad aceptable.
- Uso de la estructura.
- Período de vida útil.
- Coste.
- Grado de seguridad.
- Acciones durante la ejecución y uso.
- Durabilidad en relación con costes de mantenimiento.
- Reflexión sobre acciones: Extraordinarias, accidentales e imprevistas.

La consecución de estos objetivos se hará mediante:

- Materiales adecuados.
- Proyecto y grado de detalle.
- Procedimientos de: Control de producción, cálculo, ejecución y uso.

La concepción de la documentación del proyecto en EUR-2 no sigue un formato predeterminado y deja libertad en su organización, y es completa si se sigue lo indicado en este epígrafe. Su aplicación a España no ofrece problema ante la Ley de Contratos del Estado, y su adaptación puede ser inmediata. El artículo 4 de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-91), desarrolla en detalle el contenido de la documentación, de acuerdo con la mencionada ley, y estructura la información en los documentos que componen el proyecto. Dado que no se proporciona una estructuración en el EUR-2, la adaptación está conseguida sin modificación.

2.2. Definiciones y clasificaciones

2.2.1. Estados límites últimos y de servicio

La correspondencia con estos apartados está recogida en la EH-91, en los artículos 30.2 y 30.3. Se puede decir que son similares conceptualmente y están más desarrollados en la EH-91.

2.2.2. Acciones

La descripción y clasificación de las acciones se pueden considerar similares, sin más que refundir las acciones del pretensado de la Instrucción EP, en un solo código de hormigón,

* Jornada de presentación del Eurocódigo 2. "Estructuras de Hormigón". 3.ª Ponencia.

EUR-2 y, por razones prácticas, dentro de él, está tratado aparte.

Se hace referencia, constantemente, al Eurocódigo de Acciones y ello da lugar a que no sea práctico, requisito necesario para un código. El alcance de los códigos de acciones debe limitarse a la definición y obtención de las acciones; y el alcance del código de hormigón debe incluir el tratamiento de dichas acciones hasta el dimensionamiento. El EUR-2 utiliza referencias a definiciones no incluidas en su texto y que no son evidentes ni habituales. La existencia de normativa complementaria se presenta con frecuencia en la bibliografía internacional y, sin embargo, se obvia la dificultad. Una explicación a esta situación puede ser lo poco avanzado que se encontraba el Eurocódigo de Acciones en el momento de desarrollar el EUR-2 y, presumiblemente, cuando se editen ambos ello obligue a una reconsideración. Los artículos correspondientes de EH-91 son los 27, 28 y 29. En el Cuadro 1 se incluyen los Coeficientes de Simultaneidad del Eurocódigo 1.

$$E_d = \gamma_{sd} E (\gamma_g G_k, \gamma_q Q_k \dots) \dots\dots 2.2 (b)$$

“que implica hacer un análisis no lineal hasta el nivel de γ_g veces G_k , γ_q veces Q_k ..., y luego incrementar E aplicando el factor γ_{sd} .”

2.2.3. Propiedades de los materiales

Los valores característicos de los materiales se convierten en valores de cálculo al dividirlos por el coeficiente parcial de seguridad y permiten, con los datos geométricos, determinar la resistencia de cálculo. Este tema se trata con mayor profundidad en el capítulo 3.

2.2.4. Datos geométricos

Se introduce, en algunos casos, el valor geométrico de cálculo, al incrementar el valor nominal con un valor que representa las imperfecciones.

CUADRO 1
Coefficiente de simultaneidad
Eurocódigo Nº 1

Acción	Coeficiente de simultaneidad		
	De combinación	De frecuencia	De Cuasi-permanencia
Sobrecargas de uso	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Edificios de viviendas	0,5 a 0,7	0,4	0,2
Oficinas y almacenes	0,7	0,6	0,3
Aparcamientos	0,7	0,7	0,6
Viento	0,7 (*)	0,7 (*)	0 (*)
Nieve	0,7 (*)	0,2 (*)	0 (*)
Temperatura	?	?	?

(*) Valores variables, según el emplazamiento de la construcción.

ψ_0 : Cuando no actúa aisladamente sino en compañía de alguna otra acción variable.

ψ_1 : La duración en que es sobrepasado es muy pequeña o nula.

ψ_2 : Es sobrepasado durante una gran parte de la vida de la obra.

Los valores de cálculo se expresan mediante el producto de un factor de seguridad por el valor característico de la acción. En la EH-91 corresponde a los artículos 30 y 31. En el EUR-2, se distinguen factores de seguridad y valores característicos adicionales, por ejemplo, superior e inferior. En el Cuadro 2 se incluyen los coeficientes de ponderación de acciones en estados límite últimos del Eurocódigo 1.

En el EUR-2, se describen procesos de cálculo no lineal, y se permite una aproximación, designada “procedimiento de linealización”, para introducir el coeficiente de seguridad, como γ_{sd} .

2.3. Requisitos de diseño

Requiere la verificación de los estados límites, es decir, de:

- Equilibrio.
- Rotura.
- Transformación en mecanismo.
- Inestabilidad.
- Fatiga.

Con:

- Todas las situaciones de cálculo y en las hipótesis de carga más significativas.
- Así como considerar las posibles desvia-

CUADRO 2

Coeficiente de ponderación de acciones en estados límite últimos: Eurocódigo nº 1

Acción	Coeficiente	Efectos	
		Desfavorable	Favorable
Permanente	γ_G	1,35	1,0
Pretensado	γ_P	1,20	0,9
Variables	γ_Q	1,50	0
Deformación impuesta:			
Cálculo NO lineal	γ_{ind}	1,50	0
Cálculo lineal	γ_{ind}	1,20	0

ciones de las acciones.

—Con modelos suficientemente precisos.

La correspondencia con la EH-91 está recogida en los artículos 31 a 35.

2.3.2.2. Combinación de acciones

Tanto el Cuadro 2.1, como las ecuaciones 2.7 (a) y 2.7 (b) nos muestran dos situaciones de proyecto que hay que tener en cuenta.

La “Combinación Fundamental” corresponde a acciones permanentes y transitorias en su consideración normal, diferentes a las comprobaciones de fatiga y pretensado, y se representa por la ecuación siguiente:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \dots\dots 2.7 (a)$$

Se debe destacar que, en esta ecuación, se admite combinar una de las acciones variables, tomada con su valor característico, subíndice 1, y en cambio las demás, se combinan con su valor de combinación, subíndice > 1 (ψ_0 por su valor característico).

La segunda situación de proyecto, representada por la ecuación 2.7 (b), “Combinación Accidental”, considera las acciones de este tipo y se combinan con las permanentes y con las variables, haciendo para las variables la distinción de que una se toma con su valor frecuente, afectándola con el coeficiente ψ_1 , y las demás, con sus valores casi permanentes, afectándolas con el coeficiente ψ_2 .

$$\sum \gamma_{GA,j} G_{j,k} + A_d + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \dots\dots 2.7 (b)$$

En general, se tomará $\gamma_{GA} = 1$, salvo indicación en contra.

En el caso en que existan elementos pretensados, los efectos de los mismos deberán incluirse en las ecuaciones anteriores.

Para zonas sísmicas, se remite al Eurocódigo-8, y para el fuego, al Eurocódigo-10. Se deja pendiente el estudio de los efectos de fatiga.

En el Cuadro 3 se comparan las situaciones de proyecto del Eurocódigo 2, frente a la combinación de hipótesis de la EH-91.

CUADRO 3

Situaciones de proyecto - Eurocódigo 2

<p>Permanentes o transitorias</p> $\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} \times G_{K,j} + \gamma_{Q,1} \times Q_{K,1} + \sum \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{K,i}$
<p>Accidentales</p> $\sum_j \gamma_{G,a} \times G_{K,j} + A_d + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \times Q_{K,i}$
<p>Combinación de hipótesis - EH-91</p> $H_1 = \gamma_{f,g} \times G + \gamma_{f,q} \times Q$ $H_2 = 0,9 \times (\gamma_{fg} \times G + \gamma_{fq} \times Q) + 0,9 \times \gamma_{fq} \times W$ $H_3 = 0,8 \times (\gamma_{fg} \times G + \gamma_{fq} \times Q) + F_{eq} + W_{eq}$

2.3.2.3. Valores de cálculo de las acciones permanentes

En relación con los valores de cálculo de las acciones permanentes, se introduce el valor de cálculo superior, para aquéllas que aumenten el efecto de las acciones variables (efectos desfavorables), y el valor de cálculo inferior, para aquéllas que lo minoren.

Además, "cuando los resultados sean muy sensibles a la variación de la magnitud de la acción permanente de una parte de la estructura a otra, la parte favorable y desfavorable se considerarán como acciones individuales ... (P3)".

En la EH-91, artículo 32, se detallan consideraciones similares, proporcionando los siguientes valores:

Para la desfavorable:

$$\gamma_{fg} = \frac{\gamma_f}{1,3} \leq 1,05 \text{ en fase de construcción}$$

$$\gamma_{fg} = \frac{\gamma_f}{1,3} \leq 1,15 \text{ en fase de servicio}$$

Y para la favorable:

$$\gamma_{fg} = 0,9$$

Para estructuras de Edificación se simplifica el Cuadro 2.1 sustituyéndolo por el Cuadro 2.2, y las ecuaciones 2.7 se transforman en las siguientes:

Con una sola acción variable:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + |1,5| Q_{k,1} \dots \dots 2.8 (a)$$

Con dos o más acciones variables:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + |1,35| \sum_{i>1} Q_{k,i} \dots \dots 2.8 (b)$$

Los coeficientes de mayoración de acciones desfavorables que la EH-91 proporciona, varían entre 1,40 y 1,80, siendo función del nivel de control de ejecución y de los daños previsibles. El valor normal es 1,60, y en los casos donde los cálculos sean muy rigurosos, se consideren todas las hipótesis y se estudien todos los detalles, se podrá reducir en un 5%, lo que equivale a un coeficiente de 1,52, es decir, prácticamente 1,5, que coincide con el recomendado en el EUR-2 en situación | — |, lo que significa que se trata de valores indicativos y que pueden ser utilizados otros valores por los Estados Miembros.

La EH-91 hace la distinción entre casos de una o varias sobrecargas variables, pero no con carácter general, aunque sí considera los casos particulares del viento y sismo. En la hipótesis de viento, se incluye una reducción del coeficiente de mayoración de acciones, multiplicán-

dole por 0,9. Esto equivale, en el caso normal, a pasar de un coeficiente de seguridad de 1,5 a 1,35, es decir, idéntico, en este caso, al indicado en el EUR-2 para edificación. Las acciones sísmicas quedan remitidas al Eurocódigo-8 (EUR-8), y la EH-91 proporciona el valor 0,8. Es más lógica y coherente la posición de la EH-91, que coincide con otros códigos internacionales, definiendo el tratamiento de la acción y remitiendo su obtención al código específico. Aparentemente, se vuelve a manifestar la necesidad de reeditar el EUR-2 después de la edición del EUR-8, incluyendo el tratamiento de las acciones sísmicas, una vez definidas.

En el Cuadro 4 se presenta un ejemplo comparativo de las situaciones de proyecto frente a las hipótesis de carga, para sobrecarga y viento.

CUADRO 4

Ejemplo comparativo Situaciones de proyecto

Q: Sobrecarga
W: Viento

Eurocódigo 2	EH-91
1,35 G + 1,50 Q	1,60 G + 1,60 Q
1,35 G + 1,50 Q + 1,05 W	1,44 (G + Q + W)
1,35 G + 1,05 W + 1,50 Q	
En general, el valor de la acción total es mayor en EH-91 que en el Eurocódigo.	

2.3.3.2. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

El Cuadro 2.3 del EUR-2, proporciona los coeficientes parciales de seguridad de las propiedades de los materiales.

Para la "Combinación Fundamental", el hormigón se minora con un valor |1,5| y el acero con |1,15|. Esto corresponde en la EH-91 a un nivel de control normal para ambos materiales.

Para la "Combinación Accidental" los coeficientes son |1,3| y |1,0|, respectivamente. La idea de no incrementar el coste de la estructura bajo una hipótesis de carga accidental poco probable, en la misma cuantía que bajo una hipótesis de carga fundamental, es razonable. Sin embargo, la redacción del párrafo (2) es poco afortunada y puede inducir a error. Aunque es cierto que hay diferencias entre la resistencia de una probeta en un ensayo y su resistencia en obra, no es ésta la única razón de la existencia de un coeficiente de minoración de los materiales.

Los epígrafes siguientes del texto del EUR-2, remiten a las distintas partes de su articulado, para una mejor comprensión.

2.3.4. Estados límite de servicio

A diferencia de la EH-91, artículo 31.2, donde los coeficientes de seguridad para las hipótesis de servicio se igualan a la unidad, en el EUR-2 se definen tres combinaciones:

Combinación rara:

$$\Sigma G_{k,j} (+P) + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \dots 2.9 (a)$$

Combinación frecuente:

$$\Sigma G_{k,j} (+P) + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \dots 2.9 (b)$$

Combinación casi permanente:

$$\Sigma G_{k,j} (+P) + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \dots 2.9 (c)$$

Es ineficaz el hecho de no proporcionar el significado de lo que el Eurocódigo de Acciones entiende por combinación rara, frecuente y casi permanente, pues se impide su utilización directa. Este epígrafe debería ser revisado cuando se edite el Eurocódigo de Acciones; y para su aplicación por un Estado Miembro, debe ser aclarado.

Para estructuras de Edificación, las expresiones 2.9 antes citadas se simplifican sustituyéndolas por las siguientes:

Para una sola acción variable:

$$\Sigma G_{k,j} (+P) + Q_{k,1} \dots 2.9 (d)$$

Para dos o más acciones variables:

$$\Sigma G_{k,j} (+P) + 0,9 \sum_{i \geq 1} Q_{k,i} \dots 2.9 (e)$$

Si se comparan ambos sistemas de ecuaciones, se puede observar que para Edificación se considera $\psi = 1$ y, además, aparece una minoración de 0,9 cuando existen más de dos acciones variables. Aparece ser un contrasentido que se minore, por debajo de la unidad, lo que entendemos por valor característico de una acción. Ahora bien, teniendo en cuenta que se trata de una combinación de acciones, la minoración debe estar considerando la probabilidad de ocurrencia del conjunto simultáneo de acciones de distinto origen, con sus valores característicos. Para que sea posible esta reducción, debe ser demostrable la no simultaneidad de sus efectos máximos, es decir, si las acciones fuesen coetáneas, las solicitaciones máximas de sus efectos no se presentarán en el mismo instante, o bien la probabilidad de que ello ocurra está fuera del rango del alcance del riesgo previsto en el proyecto. Una explicación o interpretación como la dada, debería incluirse en su aplicación.

2.4. Durabilidad

Este tema será tratado con mayor profundidad en epígrafes posteriores.

2.5. Análisis

El EUR-2 considera las siguientes idealizaciones del comportamiento:

- Elástico (2.5.3.2-2.5.3.3).
- Elástico, con redistribución limitada (2.5.3.4.2).
- Plástico (2.5.3.5.5), con modelos de bielas y tirantes (2.5.3.7).
- No lineal (apéndice 2).

Identifica la necesidad de análisis locales, cuando no pueda admitirse la hipótesis lineal de deformaciones.


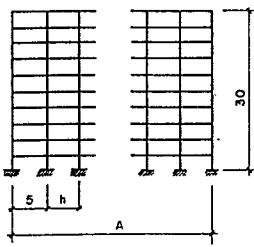
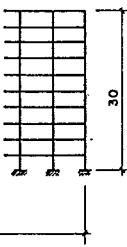
Los epígrafes (4) y (5) recogen la práctica para estructuras de Edificación.

2.5.1.3. Imperfecciones

En los casos de análisis en estados límites últimos, se deberán considerar imperfecciones, y sus efectos se deberán combinar de manera conjunta con las acciones. Se introduce en el análisis, como una imperfección eficaz, una inclinación de la vertical, según se describe en los epígrafes (4) a (8). Se admite, en caso de conveniencia, sustituir las desviaciones de la vertical por fuerzas horizontales equivalentes. Es posible ignorar el efecto de las imperfecciones, cuando en el cálculo se introduzcan acciones horizontales mayores de otro origen; y no se considerarán en las combinaciones accidentales.

En el Cuadro 5 se presenta un ejemplo comparativo entre las imperfecciones según el Eurocódigo 2 y el viento como acción horizontal.

CUADRO-5
EJEMPLO

IMPERFECCIONES	FRENTE	VIENTO
		
<p>ACCIONES</p> <p>$G = 0,3 \text{ t/m}^2$ $Q \text{ CUBIERTA} = 0,2 \text{ t/m}^2$ $Q \text{ FORJADOS} = 0,3 + 0,12 = 0,42 \text{ t/m}^2$ $W = 0,075 \text{ t/m}^2$</p>	<p>IMPERFECCION EFICAZ</p> <p>$\psi = 1/100\sqrt{L}$ $\psi = 1/100\sqrt{30} = 1/548 < 1/400$</p>	
<p>CALCULO V</p> <p>CUBIERTA $(0,3 + 0,2) \times 5 = 2,5 \text{ t/m}^2$ PISOS $(0,3 + 0,42) \times 5 = 3,61 \text{ t/m}^2$ $[(0,3 \times 9) + (0,2 + 0,42 \times 8) \times 0,7] \times 5 = 25,96$ $H = \frac{25,96}{400} (n+1) = 0,065 (n+1) \text{ t/m}$</p> <p>+ REDUCCION POR SIMULTANEIDAD DE CARGA EN VARIOS FORJADOS</p>	<p>CALCULO W</p> <p>PARA $h = 30 \text{ m}$ $W = 0,075 \text{ t/m}^2$ $W = 1,2 \times 0,075 \times 30 = 2,7 \text{ t/m}$</p> <p>$W < H$ $2,7 < 0,065 (n+1)$ $n > 41,6$ $A \geq 210 \text{ m}$</p>	

Para un edificio normal de 10 plantas en situación expuesta, la acción del viento es inferior a la imperfección eficaz del Eurocódigo 2 para una longitud superior a 210 metros.

2.5.1.4. Efectos de segundo orden

Será necesario su consideración cuando afecten a la estabilidad o cuando puedan provocar que se alcance un estado límite último en alguna sección crítica.

2.4.1.6. Proyectos a partir de ensayos

Se admite, aunque no se proporciona más información en este apartado.

2.5.2.1. Modelos estructurales para análisis de conjunto

VIGA O PILAR

Para el EUR-2, un elemento puede ser considerado viga o pilar cuando la luz o la longitud del elemento es mayor, o igual, al doble del canto medio de la pieza. "Una viga cuya luz sea inferior al doble de su canto, se considera una viga de gran canto". Esta definición coincide con la dada en la EH-91, artículo 59.1. Sin embargo, añade el requisito de que sean "rectas", al referirse a vigas pared, e impone la condición de "2,5 en vigas continuas".

PLACA

Para el EUR-2, un elemento puede ser considerado como placa, cuando la luz mínima no es menor que cuatro veces el espesor medio de la placa. No se identifica esta limitación en la EH-91.

PLACA UNIDIRECCIONAL

"Una placa sometida a cargas predominantemente distribuidas, puede considerarse unidireccional en los siguientes casos:

- (a) Si tiene dos bordes libres (sin apoyos) y sensiblemente paralelos o
- (b) Si es la parte central de una placa sensiblemente rectangular, apoyada en los cuatro bordes, cuya relación entre la longitud de sus lados sea mayor que 2".

PLACA NERVADA COMO SOLIDA

Se considerará así cuando la cabeza y los nervios tengan suficiente rigidez a torsión [véase epígrafe (5)].

MURO

Deberá tener una longitud horizontal superior a cuatro veces su espesor.

2.5.2.2. Datos geométricos

2.5.2.2.1. Anchura eficaz de las alas

Aunque se establecen los principios P (1) y P (2), en los que se indica que la anchura eficaz de las alas depende de:

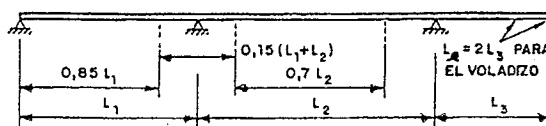
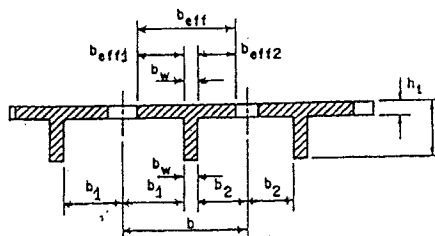
"Las dimensiones de las alas y el alma, del tipo de carga, la luz, las condiciones de apoyo y la armadura transversal",

las reglas de aplicación que proporcionan (3) y (4) sólo desarrollan el cálculo en base a las luces eficaces que, exclusivamente en este epígrafe, corresponden a la distancia entre momentos nulos.

En la EH-91 se proporciona la Tabla 50.1 a VIGA EN T EXENTA y la Tabla 50.1.b. VIGA EN T MULTIPLES. En ellas aparece lo que se entiende por "l", luz del elemento.

En el Cuadro 6 se comparan ambas normativas que, según se indica, concuerdan para determinados valores.

CUADRO 6
Anchura eficaz
Vigas en T



EUROCODIGO-2 $b_{ef} = b_w + (1/5) \cdot l_0 < b$

EH-91 Para $l_0 > 5 \cdot (b - b_w)$
 $b_{ef} = b$

2.5.2.2.2. Luz eficaz de vigas y losas

El EUR-2 define la luz eficaz como la que resulta de la suma de dos valores, a_1 , a_2 , a la luz libre entre apoyos. Los valores a_i son función

del apoyo, según se indica en la Figura 2.4, y varían entre 0 y 1/2 del canto o 1/2 del espesor del apoyo.

En la EH-91, artículo 29.2, se define la luz de cálculo como el menor de los dos valores siguientes:

- a) La distancia entre ejes de apoyo.
- b) La luz libre, más el canto.

La aplicación del EUR-2 puede realizarse directamente, sin más que entender que el epígrafe 2.5.2.2.2 del EUR-2 es una extensión que modifica ligeramente el artículo 29.2, de la EH-91.

2.5.3. Métodos de cálculo

2.5.3.1. Consideraciones básicas

Las consideraciones básicas las resume EUR-2 en tres principios:

“P (1) Todos los métodos de cálculo satisfarán el equilibrio”.

P (2) Si no se comprueban las condiciones de compatibilidad, en los estados límites últimos la estructura deberá tener la capacidad de deformación suficiente, y en los estados límites de servicio su comportamiento será satisfactorio.

Se sobreentiende que las condiciones de compatibilidad deben referirse a las deformaciones de la sección. No se define qué se entiende por “capacidad de deformación suficiente”. Sería conveniente, en la aplicación, añadir alguna aclaración adicional.

P (3) Normalmente, se usará la teoría de primer orden (estructura sin deformar) y en los casos en que las deformaciones lleven a un aumento significativo de las sollicitaciones, se considerará la estructura deformada (teoría de segundo orden).

Faltaría por indicar qué se entiende por un “aumento significativo”.

En la EH-91, artículo 29, “Determinación de los efectos originados por las acciones”, se proporcionan las consideraciones básicas del análisis estructural.

Posteriormente, el EUR-2 dedica varios epígrafes a consideraciones particulares sobre los análisis de distintos elementos:

- Vigas.
- Placas.
- Pórticos.
- Placas pretensadas.
- Muros y placas cargados en su plano.
- Ménsulas cortas.
- Vigas de gran canto.
- Zonas de anclaje de postesado.
- Redistribuciones de momentos flectores.

Refiere los análisis tipo no lineal y plástico al apéndice 2.

El EUR-2 está organizado de manera que incluye, en el apartado 2, los principios del análisis y profundiza al entrar en detalles y en elementos estructurales específicos. Posteriormente, el apartado 5 completa los detalles de la armadura. La organización de la EH-91 es diferente, dado que en ella encontramos todo lo referente al elemento estructural, análisis y dimensionamiento, en los mismos artículos.

La comparación del articulado de análisis estructural por elementos, entre ambos códigos, excede el alcance previsto para esta ponencia. Sin embargo, debe señalarse que sería necesario realizar un análisis con mayor detalle entre ambos códigos, antes de su aplicación.

2.5.4. Determinación de los efectos del pretensado

En el EUR-2, en la Parte 1, se incluyen las estructuras pretensadas con tendones internos completamente adheridos; y en la Parte 1D se incluyen las que contengan tendones sin adherir o externos.

2.5.4.2. Determinación de la fuerza de pretensado

Se proporcionan las fórmulas 2.18 y 2.19 para calcular el valor medio de las fuerzas de pretensado en función del tiempo, considerando los distintos tipos de pérdidas; y se remite al apartado 4.2.3 para los detalles del cálculo.

P (3) indica que para las condiciones de servicio se debe considerar un margen que tenga en cuenta las posibles variaciones del pretensado. Estos márgenes son, según (4), $|1,1|$ y $|0,9|$, en ausencia de una determinación más rigurosa, y siempre que la suma de las pérdidas debidas al rozamiento y a efectos dependientes del tiempo, sea menor que el 30% del pretensado inicial.

P (6) indica que para el estado límite último, el valor de cálculo del pretensado viene dado por:

$$P_d = \gamma_p P_{m, t}$$

Los valores de γ_p vienen dados en el Cuadro 2.2 y oscilan entre $|0,9|$ y $|1|$ para efectos favorables y $|1,2|$ a $|1,0|$ para efectos desfavorables; aunque en 2.3.3.1 (5), se indica que se podrán utilizar coeficientes parciales de seguridad reducidos a $|1|$, en ciertas condiciones.

2.5.5. Determinación de los efectos de la deformación diferida del hormigón

El EUR-2 proporciona, en este epígrafe, la formulación para el cálculo de la fluencia del

hormigón; y remite a los capítulos 3 y 4 para la obtención de los valores y coeficientes diversos, así como al apéndice 1, para un análisis más ajustado y al 3 para los efectos de segundo orden.

La EH-91 dedica el artículo 26.9 al tema de la fluencia del hormigón.

La formulación que siguen ambos códigos es diferente y requiere un análisis para la aplicación del EUR-2 en España.

RESUMEN

Se presenta un comentario a las Bases de Proyecto del Eurocódigo 2 "Estructuras de Hormigón" y se compara con la normativa española vigente EH-91 y EP-80.

Los conceptos que se comparan son:

- Estados límites últimos y de servicio.
- Coeficientes de seguridad.
- Combinación de acciones.
- Análisis de estructuras.
- Imperfecciones.
- Modelos estructurales.

En general, hay una gran similitud tanto con-

ceptual como de detalle. El Eurocódigo 2 puede proporcionar ventajas al proyectista para la determinación de esfuerzos de cálculo y para realizar, cuando se requieran, modelos estructurales avanzados.

SUMMARY

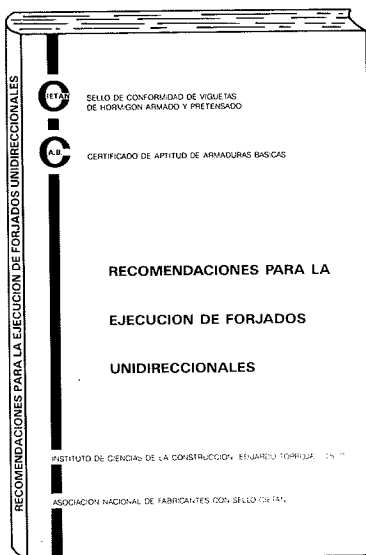
A commentary to Basis of Design according to Eurocode 2 "Design of Concrete Structures" is presented and compared to the Spanish Codes EH-91 and EP-80.

The concepts compared are:

- Ultimate and service Limit States.
- Safety Coefficients.
- Load Combinations.
- Structural Analysis.
- Imperfections.
- Structural Models.

In general, between the two codes there is a great similarity not only at the conceptual but also at the detail level. The Eurocode 2 may provide advantage to the engineer in the determination of the design values of actions and to build Advanced Structural Models when required.

* * *



Los interesados en esta publicación deberán dirigirse a:

Secretaría Sello CIETAN
Instituto de Ciencias de la Construcción
"EDUARDO TORROJA"
C/Serrano Galvache, s/n.
28033 MADRID
Tel.: (91) 302 04 40

RECOMENDACIONES PARA LA EJECUCION DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES (EDICION REVISADA)

La Asociación Nacional de Fabricantes con Sello CIETAN, en colaboración con el INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION "EDUARDO TORROJA", continuando con la labor divulgadora iniciada con la edición del libro "RECOMENDACIONES PARA LA EJECUCION DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES", publica una segunda edición del mismo, revisada, adecuándola a la Normativa vigente.

El libro persigue un doble objetivo: El primero, informar y dar a conocer a los técnicos y constructores que intervienen en la realización de un forjado, las distintas soluciones constructivas idóneas de acuerdo con la vigente Normativa, según sean los diversos tipos de forjados y apoyos, desde un punto de vista eminentemente práctico, intentando paliar la escasez en España de bibliografía que lo aborde. El segundo es dar a conocer, a todos los sectores implicados en la ejecución de forjados, la existencia de productos con Sello CIETAN.

La obra ofrece un amplio y detallado compendio de soluciones constructivas, desarrolladas de forma gráfica para su mejor y más fácil interpretación. En su redacción han participado todos los sectores implicados: técnicos, fabricantes y organismos públicos y privados ligados a la construcción.

Durabilidad*

C. Andrade
 Dra. Química Industrial
 Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja"
 CSIC - Madrid

INTRODUCCION

Los documentos que se van a comentar en la presente comunicación son, por un lado, a nivel nacional, la EH-91 y la EP-80, y por otro, el EC-2 y su complemento la ENV-206.

Dado que en los aspectos relativos a Durabilidad, son mucho mayorés las coincidencias que las discrepancias entre ellos, se ha pensado organizar esta presentación, más en forma descriptiva que en forma de comparación continua. Así, se van a ir enumerando y comentando, artículo por artículo, todos aquéllos que tratan de aspectos relativos a la durabilidad en los cuatro documentos mencionados, ya que excepto en el EC-2, la durabilidad no constituye un único capítulo o un núcleo continuo en el articulado, sino que se van dando recomendaciones de forma dispersa.

Ya que las coincidencias entre los documentos nacionales y los europeos son muy grandes, tanto en la filosofía general que subyace en los redactores, como en el alcance y limitaciones de prescripciones y recomendaciones, se ha pensado que era mejor ofrecer una especie de "diccionario" o explicación de dónde se pueden encontrar, en cada documento, los aspectos relativos a durabilidad. Realmente, en la versión última de nuestra EH se recogen ya casi todas las innovaciones que contiene el EC-2 con la ENV-206, de tal forma que para los especialistas españoles, va a resultar familiar y sencillo el uso de los documentos europeos.

Otra cuestión diferente es si, las prescripciones actuales relativas a durabilidad, resuelven todos los interrogantes que hay planteados con relación al hormigón armado situado en ambientes muy agresivos. En los comentarios finales, se afirma que el actual estado de la normativa es todavía insuficiente y no contempla los últimos avances realizados en el campo de la cuantificación de la vida útil de las estructuras de hormigón. Al respecto hay ya constituido un grupo de trabajo mixto entre el TC104 del CEN (Hormigón) y el EC-2, con el fin de trabajar en propuestas más modernas del capítulo de durabilidad y unas prescripciones de la ENV-206 más acordes con los últimos estudios en la materia.

CONCEPTOS GENERALES

La feliz asociación de propiedades mecánicas y físicoquímicas entre hormigón y acero, hizo pensar, al comienzo de este siglo, que el hormigón armado sería un material de durabilidad prácticamente ilimitada, ya que debido a su elevada alcalinidad, el hormigón confería al acero una pasividad que lo podía mantener estable durante períodos muy prolongados de tiempo. Se pensó así que el hormigón armado era un material que no necesitaría mantenimiento.

Es lógico pues que, durante décadas, los problemas de durabilidad no se hayan abordado más que de forma adicional o colateral en los códigos de cálculo, ya que no se asociaba la durabilidad a una necesidad intrínseca del material, que pudiera verse afectada de forma sistemática. Así pues, la situación actual en que

* Jornada de presentación del Eurocódigo-2 "Estructuras de Hormigón", 4ª Ponencia.

nos encontramos es que los Códigos nacionales recogen preferentemente todos los aspectos que tienen que ver con la resistencia mecánica del material, y prácticamente sólo hay recomendaciones muy generales sobre durabilidad.

Sin embargo, la realidad presente muestra un número creciente de estructuras que se deterioran en contacto con medios agresivos, sin que se hayan podido desarrollar todavía los métodos de predicción que permitan, tanto desde la fase del proyecto como durante la vida en servicio, calcular la durabilidad de las estructuras de hormigón armado.

Con esta perspectiva de falta de conocimientos para predecir algunos de los problemas de durabilidad que presentan el hormigón armado y el pretensado, se va a pasar a analizar cómo tratan este problema las dos Instrucciones españolas actualmente vigentes, EH-91 y EP-80, y se compararán con el contenido del Eurocódigo 2 y la ENV 206 a la que se refiere el Eurocódigo, en los aspectos relativos a los materiales.

Para ello es necesario recordar primero, cuáles son las principales causas de deterioro que pueden sufrir el hormigón armado y el pretensado. Con respecto al hormigón en sí mismo, los tipos de ataque físico, químico o biológico que más frecuentemente se pueden producir son:

- Ataque por sulfatos y agua de mar.
- Reacción árido-álcali.
- Ataque por ácidos y lixiviación.
- Ataque por sustancias amoniacales.
- Acción del hielo y recristalización de sales.
- Abrasión mecánica.
- Fisuración por retracción.
- Ataques biológicos.

En cuanto a las armaduras, los tres tipos de factores que pueden desencadenar una corrosión son:

- Penetración de cloruros.
- Carbonatación del recubrimiento.
- Fenómenos de corrosión bajo tensión.

Como ya se ha mencionado, muy pocos códigos prestan una atención especial a estos problemas de durabilidad, aunque la preocupación creciente hace que en estos últimos años se hayan multiplicado los intentos de dar soluciones globales, mediante la redacción de capítulos enteros en los actuales códigos, o la publicación de "estados del arte".

En general, en casi todos los códigos, y desde luego en el Español y el Eurocódigo, las referencias a la durabilidad se encuentran insertas en los siguientes apartados:

- Materiales:
 - Proporción y tipo de cemento.
 - Relación a/c.
 - Tipos de áridos.
 - Contenido máximo en cloruros.
- Fabricación y puesta en obra del hormigón:
 - Compactación.
 - Curado.
- Geometría de los elementos y detalle de armado.
 - Recubrimientos.
- Estados límites de servicio: máxima anchura de fisura transversal permitida.

Además, contienen una Clasificación de Agresividad del Ambiente donde se va a situar la estructura y existe un capítulo donde se intenta compendiar unas recomendaciones generales para asegurar una adecuada durabilidad.

INSTRUCCION EH-91

Esta Instrucción contiene una serie de indicaciones para evitar los tipos de ataque antes mencionados, excepto para el caso de ataque por: a) ácidos, b) lixiviación, c) sustancias amoniacales, d) ataques biológicos y e) sólo muy levemente, hace referencia a la adecuación de los áridos frente a un ataque por abrasión. Así pues, da algunas indicaciones muy generales y no siempre suficientemente cuantificadas, para evitar el ataque por sulfatos o agua de mar, la reacción árido-álcali, la acción de las heladas y la corrosión de las armaduras.

Los distintos capítulos en los que se encuentran estas referencias, que se detallan a continuación, son:

—Art. 5º: Cemento: Se limitan los usos de los distintos cementos (un amplio detalle sobre la utilización de los diversos tipos de cemento aparece en los Anejos 3 y 4 de la Instrucción). No se limita el contenido en ión cloruro del cemento y sólo se remite al artículo 10, que lo limita en el conjunto del hormigón.

Se limita la proporción mínima de cemento a 250 kg/m³ en hormigón para hormigones armados y la máxima se sitúa en 400 kg/m³, aunque se permite aumentar hasta 500 kg/m³ en circunstancias excepcionales.

—Art. 6º: Agua: También se limitan las características del agua de amasado, en especial su pH, contenido en sulfatos, ión cloruro, hidratos de carbono y sustancias orgánicas solubles.

—Art. 7º: Aridos: Las indicaciones sobre la idoneidad de los áridos son numerosas, dándose indicaciones sobre su granulometría, “coeficiente de forma”, resistencia a las heladas y naturaleza no reactiva frente a los álcalis y estables en sí mismos (sin compuestos de azufre ni materia orgánica). Los compuestos de azufre (SO_4^{2-}) se limitan al 0,4% del peso de árido seco, y para los cloruros vuelve a remitir al artículo 10 que pone un límite al conjunto del hormigón.

—Art. 8º: Otros componentes: Se prohíbe el uso de aditivos que contengan cloruros y sólo se permiten las cenizas volantes como adiciones al hormigón.

En el caso de las cenizas volantes es necesario destacar que se sugiere hacer ensayos de carbonatación y permeabilidad, cuando estos requisitos no se solicitan en todo el resto de la Instrucción.

—Art. 10º: Hormigón: Se fija el límite de contenido total de cloruros en 0,4% del peso de cemento, y se alude a que en ambientes agresivos, la durabilidad no se puede asegurar con la simple resistencia mecánica, y que las cualidades especiales que se exijan al hormigón para una determinada durabilidad, deberán figurar en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

—Art. 13.1: Colocación de armaduras: Se recomienda que estén limpias de sustancias perjudiciales y de óxido no adherente y se dan una serie de indicaciones sobre la distancia entre ellas que permita un correcto rellenado de la pieza.

Este artículo contiene los valores del espesor de recubrimiento en función de la agresividad del ambiente, que se reproduce en la Tabla 13.3 (Cuadro Nº 1).

Estos recubrimientos deberán ser aumentados en caso de ambientes muy agresivos, pero en todo caso, si el recubrimiento va a superar los 40 mm, se deberá colocar una malla de reparto.

—Artículos 15-16-17-18-19-20: En estos artículos se dan una serie de recomendaciones generales que pretenden recordar la necesidad de una “buena práctica” en la fabricación, puesta en obra, compactación y curado del hormigón, sin que por otro lado se aporten valores cuantitativos, excepto en el caso del curado que se indica que debe ser de 7 días como término medio, y debe aumentarse un 50% en caso de que la superficie de las piezas vaya a estar en contacto con aguas agresivas.

En las juntas de hormigonado ya no se prohíbe el contacto de una misma armadura con dos cementos diferentes, a menos que éstos sean incompatibles entre sí.

En cuanto al hormigonado en tiempo frío y caluroso, se recuerda la prohibición de usar aditivos anticongelantes que contengan cloruros.

—Art. 24: Prevención y protección contra acciones físicas y químicas: Este artículo tiene como objetivo comentar algunas bases teóricas sobre los tipos de ataque que pueden sufrir el hormigón y sus armaduras. Se puede considerar como el compendio, en materia de durabilidad, de toda la Instrucción. En su parte final se recogen las limitaciones de la relación a/c y contenidos mínimos de cemento, en función de la agresividad del ambiente. Se reproducen en el Cuadro Nº 2.

También, en la parte final de comentarios, se menciona el ensayo de permeabilidad al agua según UNE 83309/90, al que también alude el Eurocódigo, y fija la penetración máxima de

CUADRO Nº 1
(Tabla 13.3 de la EH-91)

Los recubrimientos mínimos, en mm establecidos en el articulado (subepígrafe b) se resumen en la tabla que sigue, en la que f_{ck} se expresa en kp/cm^2

Condiciones ambientales de la estructura	Elementos en general			Láminas, piezas con paramentos protegidos; piezas prefabricadas		
	$f_{ck} < 250$	$250 \leq f_{ck} < 400$	$f_{ck} \geq 400$	$f_{ck} < 250$	$250 \leq f_{ck} < 400$	$f_{ck} \geq 400$
I —Interior de edificios. —Exterior. de baja humedad	20	15	15	15	15	15
II —Exteriores normales. —Contacto con aguas norm.	30	25	20	25	20	20
III —Atmósf. marina o indust. —Contacto con el terreno. —Contacto con aguas salinas o ligeramente ácidas.	40	35	30	35	30	25

CUADRO 2
(Cuadro 24.4 de la EH-91)

Ambiente	Relación máxima a/c	Contenido mínimo en cemento kg/m ³	
		Hormigón en masa	Hormigón armado
I	0,65	150	250
II	0,60	175	275
II h	0,55	175	300
II f (*)	0,50	200	300
III	0,55	200	300
III h	0,50	200	300
III f (*)	0,50	200	325
Químicamente agresivo (**)	0,50	200	325

(*) En estos casos, deberán utilizarse aireantes, que produzcan un contenido de aire ocluido mayor o igual que el 4,5%.

(**) En el caso particular de existencia de sulfatos, el contenido mínimo en cemento de los hormigones en masa se elevará a 250 kg/m³. Además, tanto para hormigones en masa como para los armados, el cemento deberá ser resistente a los sulfatos, si el contenido en sulfatos del agua es mayor o igual que 400 mg/kg, o si en suelos es mayor o igual que 3.000 mg/kg.

agua en < 50 mm y la media en < 30 mm.

—Art. 30.3: Estados límites de utilización: Aquí menciona la Instrucción la durabilidad por última vez, al referirse al estado límite de fisuración controlada. La abertura máxima de las fisuras, se cuantifica, en los artículos 44.1 y 44.2, en la forma que se detalla en el Cuadro N^o 3 adjunto.

—Art. 9^o: Áridos: Se limita el contenido en sulfatos y cloruros de los áridos, pero de forma diferente que en la EH. En lo referente a los sulfatos, la EP se puede considerar obsoleta, y en cuanto a los cloruros, los limita al 0,03% del peso total de la muestra seca.

—Art. 10^o: Aditivos: Prohíbe el uso de sustancias que puedan favorecer la corrosión de las

CUADRO 3

Ambiente I	$w_k \leq 0,4 \text{ mm}$
Ambiente II	$w_k \leq 0,2 \text{ mm}$
Ambiente III	$w_k \leq 0,1 \text{ mm}$
Para recubrimientos c superiores a c_{min} , podrán aumentarse los valores anteriores multiplicándolos por la relación $c/c_{\text{min}} \geq 1,5$.	
En estructuras expuestas a ambientes químicos especialmente agresivos o que deban asegurar estanquidad a líquidos o gases, el proyectista fijará el límite de la anchura de fisura, disminuyendo prudentemente el valor fijado para el caso de Ambiente III.	

INSTRUCCION EP-80

La Instrucción relativa al hormigón pretensado, aunque tiene la denominación del año 80, en realidad ha sufrido revisiones posteriores, en 1985. En la actualidad, está próxima la publicación de la última revisión y, por lo tanto, alguno de los artículos no se comentarán, por resultar claramente obsoletos. Se pretenden destacar sólo aquellos aspectos que inciden en lo específico del hormigón pretensado y su riesgo de sufrir corrosión bajo tensión.

—Art. 7^o: Cemento: En este artículo se limita el contenido de ión cloruro del cemento al 0,03% en peso del mismo.

—Art. 8^o: Agua: En los contenidos máximos de sustancias perjudiciales en el agua, es más restrictiva esta Instrucción, para el contenido de sulfatos y cloruros, que la del hormigón armado, según se deduce del Cuadro N^o 4

CUADRO 4

	EH-91	EP-80
—pH	> 5	< 5
—Sulfatos (SO ₄ ²⁻) en cementos SR	< 1 g/l < 5 g/l	< 1 g/l < 0,25 g/l
—Cloruro (Cl ⁻)	< 6 g/l	
—Hidratos de carbono	0	0
—Sustancias orgánicas	< 15 g/l	< 15 g/l

armaduras, como cloruros, sulfuros o sulfitos y prohíbe el uso de aireantes en los elementos con armaduras ancladas por adherencia.

—Art. 13.7: Suministro y almacenamiento de las armaduras: Se obliga a un almacenamiento muy cuidado de las armaduras activas, que se deben mantener en locales ventilados y limpios.

Art. 17: Productos de inyección: Se indica que deben estar exentos de sustancias como cloruros, sulfuros, nitratos, etc. y a continuación detalla otras características que deben cumplir estos productos para asegurar la adecuada protección al acero.

—Art. 20.3: Distancias entre armaduras activas. Recubrimientos. Para elementos que vayan a ser comprobados en Clase I, los recubrimientos mínimos para armaduras longitudinales que se detallan, son:

CUADRO 5

- Para $\phi \leq 3$ mm. siendo ϕ el diámetro máximo de las armaduras:
 - 8 mm. para piezas en ambientes protegidos;
 - 10 mm. para piezas en ambientes no protegidos;
 - 13 mm. para piezas sometidas a la acción de ambientes agresivos.
- Para diámetros superiores:
 - 10 mm. para piezas en ambientes protegidos;
 - 12 mm. para piezas en ambientes no protegidos;
 - 15 mm. para piezas sometidas a la acción de ambientes agresivos.

El recubrimiento mínimo de las armaduras transversales será de 7 mm.

Para piezas que hayan de ser comprobadas en las clases II y III, remite al artículo 19 de armaduras pasivas, que no se ha comentado por estar obsoleto con respecto a la EH-91.

En cuanto a recubrimientos en estructuras postesas, lo que la Instrucción indica es:

CUADRO 6

En cuanto a recubrimientos, en el caso de estructuras situadas en ambientes no agresivos o poco agresivos, los valores mínimos serán por lo menos iguales al mayor de los límites siguientes (véase figura 20.3.2).

- En dirección vertical:
 - 4 cm.
 - La dimensión horizontal de la vaina o grupo de vainas en contacto.
- En dirección horizontal:
 - 4 cm.
 - La mitad de la dimensión vertical de la vaina o grupo de vainas en contacto.
 - La dimensión horizontal de la vaina o grupo de vainas en contacto.

En casos particulares, cuando existan atmósferas fuertemente agresivas o especiales riesgos de incendio, estos recubrimientos deberán aumentarse.

La tolerancia que se permite es del 20% de su valor teórico.

—Art. 31.2: Ejecución de la inyección: Se indica que ésta debe efectuarse lo antes posible después del tesado. En caso de retrasarse, hay que asegurar una protección adecuada a las armaduras.

—Art. 33: Prevención y protección contra acciones físicas y químicas: Este capítulo pretende, al igual que en la EH-91, recoger un resumen de los posibles riesgos, de ataque del hormigón y de corrosión de sus armaduras. Se trata de una recopilación de principios muy generales. Sólo destaca que, en la parte de comentarios, se incluye un ensayo para estudiar la posible susceptibilidad de las armaduras a sufrir fenómenos de corrosión bajo tensión. Este ensayo, conocido como “el del tiocianato amónico” es el mismo recomendado por la FIP.

—Art. 40.3: Estados límites de utilización: Nuevamente vuelve a considerar la durabilidad en relación con el ancho de fisura máxima permitida, aludiendo a la mayor susceptibilidad a la corrosión de las armaduras activas, que exigen medidas más restrictivas que las pasivas. En este artículo, la Instrucción define las tres clases en las que se pueden comprobar las estructuras, reservando la clase I para estructuras particularmente expuestas a la corrosión, o a las que se exija una elevada estanquidad o resistencia a la fatiga.

—Art. 51.6: Estado límite de fisuración controlada. Finalmente, en este artículo se limita la abertura máxima de las fisuras, a los valores siguientes:

CUADRO 7

Las aberturas calculadas de las fisuras en los diversos elementos estructurales de la obra, bajo el efecto de las solicitaciones indicadas en el Artículo 50º, no sobrepasan los valores límites siguientes:

$w_{\mu m} = 0,1$ mm. en el caso de elementos estructurales expuestos a la intemperie, o interiores en atmósfera húmeda o medianamente agresiva, bien ventilada.

$w_{\mu m} = 0,2$ mm. en el caso de elementos estructurales interiores, en atmósfera normal.

EUROCODIGO 2

El Eurocódigo, en su versión actual, no resulta excesivamente diferente, en presentación y contenido, de lo que las Instrucciones españolas contienen. Una variante que complica algo al usuario es que el Eurocódigo remite a la

Norma europea ENV 206 en todo lo relativo al material hormigón y a otra, todavía no redactada, en lo relativo al material acero. Por ello, aquí se considerará también la ENV 206, ya que contiene todo lo relativo a las limitaciones en el contenido de cloruros, clasificación de ambientes, limitaciones de la relación a/c y proporción de cemento. Habrá que esperar a la publicación de la norma sobre el acero para completar la visión de conjunto.

Al contrario que nuestras Instrucciones, los materiales no se tratan al comienzo sino que se abordan en el capítulo 3, y se dedica todo un capítulo, el 4, a los requisitos de durabilidad. Dentro de él se tratan las bases de cálculo, y se alude también a problemas de durabilidad al estudiar los estados límites de servicio.

Una diferencia importante que se debe destacar es que el Eurocódigo comienza su capítulo 2 de "Requisitos Fundamentales" definiendo la vida útil de una estructura, que es aquella durante la cual se espera que no necesite costos inesperados de reparación y mantenga una adecuada durabilidad.

Capítulo 3: Propiedades de los materiales: Aquí remite directamente a la ENV 206 en cuanto a las características del hormigón y su tecnología de fabricación. Esta norma será comentada después.

En cuanto a las características del acero, sólo hace una alusión, en 3.3.5.3, a que las armaduras activas deben tener una baja susceptibilidad a la corrosión bajo tensión. Posteriormente, en el artículo 6.3.3.2, también alude a la necesidad de cuidar el estado superficial de las armaduras para que no perjudique la adherencia, ni la durabilidad. Asimismo, en 6.3.4.2, comenta sobre el almacenamiento de las armaduras activas en el mismo sentido que nuestra Instrucción.

Finalmente, en el capítulo 6.3.4.6, detalla los requisitos para una correcta inyección de las vainas de postensado y las características de los productos de inyección, similares a los indicados en nuestra Instrucción. En el límite de cloruros en estos productos, remite a las normas nacionales.

Capítulo 4: 1. Requisitos de durabilidad: La diferencia de este capítulo con nuestras Instrucciones consiste en que es mucho más sintético y trata de dar recetas concretas en lugar de recordar principios generales. Aún así, resulta todavía poco resolutivo en problemas particulares, como se comentará después.

Trata de resumir en pocas páginas todos los aspectos que es necesario tener en cuenta cuando se pretende conseguir una adecuada durabilidad, excepto aquéllos relacionados con la anchura máxima de fisura que los aborda más adelante, en el apartado 4.4.2.

Comienza el apartado 4.1 con una definición de lo que considera una durabilidad adecuada. Indica que es la que alcanza la estructura cuando cumple sus funciones de servicio resistencia y estabilidad, sin pérdida significativa de utilidad o costos inesperados de mantenimiento.

Señala que, para la mayoría de las estructuras, los requisitos que se definen en el Eurocódigo son suficientes para asegurar la durabilidad; pero que existen situaciones en las que se necesitará plantear desde el proyecto otros requisitos, más o menos rigurosos, según se pretenda, más o menos durabilidad.

Sin embargo, no cuantifica en ningún momento cuál es el número de años que supone la vida útil que define.

Para graduar la agresividad del ambiente, adopta la clasificación ISO, que se muestra en el Cuadro N° 8, que relaciona con los requisitos detallados en la ENV 206, que se comentarán después. Esta clasificación de ambientes, incluye dos más que no contempla nuestra EH-91, y que son el relativo a la acción de sales de deshielo (3) y el relativo a ataques químicos al hormigón (5). Así, el 1 y 2 son equivalentes a los mismos nuestros, y el 3 nuestro, trata de compendiar los 3 y 4 del Eurocódigo; pero en realidad se puede asimilar preferentemente al 4. Aunque nuestra Instrucción, en su Cuadro 24.4 (Cuadro N° 2) relativo a la relación a/c y proporción de cemento, ya incluye la acción de heladas y fundentes.

A continuación distingue entre ataque de tipo químico y de tipo físico, lo cual supone una clara diferencia con respecto a nuestras Instrucciones, si bien tampoco menciona para nada los posibles ataques de tipo biológico.

Los ataques de tipo químico los clasifica como debidos a:

- Almacenamiento de líquidos.
- Medios agresivos (se refiere al Cuadro N° 8).
- Contacto con gases y soluciones químicas, como ácidos o sales de sulfatos.
- Cloruros contenidos en el hormigón.
- Reacciones entre las materias primas del hormigón, como la reacción ácido-álcali.

En cuanto a los ataques físicos menciona:

- La abrasión.
- Acción del hielo-deshielo.
- Penetración de agua.

En ambos casos considera que estos ataques pueden ser fácilmente evitados si se siguen las especificaciones dadas en la ENV 206 y se seleccionan los materiales adecuados para fabricar el hormigón.

A continuación, aborda lo que llama "efectos indirectos" que pueden afectar a la durabilidad,

CUADRO 8

Tabla 4.1: Tipos de exposición en función de las condiciones ambientales

Tipo de exposición		Ejemplo de condiciones ambientales
1. Ambiente seco		Interiores de edificios para viviendas y oficinas(1)
2. Ambiente húmedo	a) Sin heladas	—Interior de edificios con elevada humedad (p. ej. lavanderías). —Elementos exteriores. —Elementos interiores en suelos no agresivos y/o agua.
	b) Con heladas	—Elementos exteriores expuestos al hielo. —Elementos en suelos no agresivos y/o agua, expuestos al hielo. —Elementos interiores con elevada humedad y expuestos al hielo.
3. Ambiente húmedo con hielo y sales descongelantes		Elementos exteriores e interiores expuestos al hielo y agentes de deshielo.
4. Ambiente marino	a) Sin hielo	—Elementos parcial o totalmente sumergidos en agua salada o en la zona de salpicaduras. —Elementos en aire saturado de sal (zonas costeras).
	b) Con hielo	—Elementos parcial o totalmente sumergidos en agua salada o en la zona de salpicadura y expuestos al hielo. —Elementos en aire saturado de sal y expuestos al hielo.
Los casos siguientes se pueden dar independientemente o en combinación con los tipos anteriores		
5. Ambiente químicamente agresivo (2)	a	—Ambiente de una agresividad química débil (gas, líquido o sólido). —Atmósfera agresiva industrial.
	b	—Ambiente de una moderada agresividad química (gas, líquido o sólido).
	c	—Ambiente de una alta agresividad química (gas, líquido o sólido).

1) Este tipo de exposición es válido únicamente si, durante la construcción, la estructura o alguno de sus elementos no están expuestos a condiciones más duras durante un período prolongado de tiempo.

2) Los ambientes químicamente agresivos están clasificados en ISO/DP 9690. Se pueden utilizar las siguientes condiciones de exposición equivalentes:

Tipo de exposición 5a: Clasificación ISO A1G, A1L, A1S.

Tipo de exposición 5b: Clasificación ISO A2G, A2L, A2S.

Tipo de exposición 5c: Clasificación ISO A3G, A3L, A3S.

y como tales entiende las deformaciones inesperadas a lo largo de la vida útil, que pueden traer problemas de fisuraciones no previstas.

Proyecto: Pasa a continuación a enumerar aspectos que se deben tener en cuenta en la fase de proyecto y destaca, en cuanto a los aspectos generales, la importancia de considerar con detalle:

—La adopción de formas geométricas adecuadas que minimicen la retención de agua o humedad.

—El tamaño y forma de los elementos expuestos, que permitan un drenaje adecuado. En especial, hay que considerar la posible generación de fisuras transversales a través de las cuales pueda circular el agua.

—Detalle de armado.

—Recubrimientos adecuados, que luego aborda con más profundidad.

En cuanto a los aspectos particulares que hay que tener en cuenta en el Proyecto de elementos de hormigón armado, enumera:

- Condiciones de tensión.
- Fisuración.
- Deformaciones.
- Requisitos generales de durabilidad.
- Recubrimientos.
- Detalle de armado.

Y para pretensado indica que las armaduras activas deben estar protegidas de cualquier acción agresiva.

Recubrimientos: Considera que el recubrimiento cumple las siguientes funciones:

- Transmitir las fuerzas de adherencia.
- Asegurar que no ocurra su pérdida (spalling).
- Proveer de resistencia al fuego.
- Proteger al acero contra la corrosión.

A continuación, enumera una serie de princi-

pios para que el recubrimiento cumpla estas funciones y resume en el Cuadro 9 los valores mínimos del recubrimiento, que considera más adecuados en función de la agresividad del ambiente.

de fisuras longitudinales, llamando la atención sobre su incidencia en la durabilidad, por lo que sugiere limitar las tensiones en los ambientes 3 y 4 para que esto no ocurra.

En cuanto a las fisuras transversales en hor-

CUADRO 9

Tabla 4.2: Recubrimientos mínimos para hormigón normal (mm)

Hormigón armado		Clase de ambiente según Tabla 4.1								
		1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c
Recubrim. mínimo (mm)	Hormigón armado	15	20	25	40	40	40	25	30	40
	Hormigón pretensado	25	30	35	50	50	50	35	40	50

En cuanto a las tolerancias de estos valores, acepta 0-5 mm en elementos prefabricados y 5-10 mm en los fabricados a pie de obra. El recubrimiento mínimo más la tolerancia es lo que da el recubrimiento nominal.

Como circunstancias particulares señala:

—Para hormigones vertidos contra el suelo, el recubrimiento mínimo debe ser de 75 mm, debido a las posibles irregularidades de terreno. En cambio, si el terreno está bien preparado y alisado puede disminuirse hasta 40 mm.

—En cuanto a elementos con armaduras pretensas, los recubrimientos deben ser de al menos 2 veces el diámetro del tendón y en barras corrugadas 3 veces. En elementos con armaduras postesas, el recubrimiento mínimo es el diámetro de la vaina.

—Finalmente, indica que los recubrimientos se deben relacionar con las calidades de cada hormigón particular y se refiere a la tabla 3 de la ENV 206 que luego se expondrá. También permite una reducción de 5 mm en los valores del Cuadro 9 para tableros o para hormigones de clase C40/50, pero el recubrimiento mínimo debe ser siempre al menos de 15 mm.

No recomienda ninguna malla de reparto para recubrimientos superiores a 40 mm.

Materiales: Finaliza el capítulo 4.1 con referencias a la calidad de los materiales y al procedimiento de construcción y en ellos se refiere a la ENV 206.

Capítulo 4.4.1 y 4.4.2: Limitación de las tensiones bajo cargas de servicio y estados límites de fisuración: En estos capítulos aborda las limitaciones de la abertura de fisura que se puede alcanzar en condiciones de servicio en la estructura.

Por un lado y como novedad con respecto a nuestra Instrucción, se refiere a la posibilidad

migón armado, el tratamiento es, en cierta forma, diferente que en nuestra Instrucción y representa una novedad, en general, ya que no limita la abertura de fisura en función de la agresividad del ambiente, sino que la limita a 0,3 mm para cualquier tipo de ambiente, excepto para el ambiente 1 donde dice que puede ser incluso mayor, debido a su no agresividad. Con respecto al ambiente 5 llama la atención, en cambio, sobre que los requisitos pueden ser más rigurosos.

En el caso del hormigón pretensado, en cambio, sí considera la necesidad de limitar más rigurosamente las fisuras y lo resume en el Cuadro 10.

CUADRO 10

Tabla 4.10: Criterios para elementos pretensados

Clase de ambiente	Cálculo de la anchura de fisura, w_k , bajo la combinación de cargas frecuentes (mm)	
	Armaduras postesas	Armaduras pretensas
1	0,2	0,2
2	0,2	Descompresión
3	Descompresión	
4	Revestimiento de los tendones y $w_k = 0,2$	

ENV 206

Como se ha podido ver a lo largo de los anteriores apartados, no puede omitirse unas referencias a esta norma, ya que es constantemente citada por el Eurocódigo 2 cuando aborda los problemas de Durabilidad. Esta norma recoge todos los requisitos para una adecuada fabrica-

ción, puesta en obra y control de calidad, del hormigón.

La primera referencia a temas de durabilidad aparece en el apartado 5.3 relativo a la elección del tipo de cemento y es de destacar, en el apartado 5.5, los límites al contenido en cloruros del hormigón, que se reproducen en el Cuadro N° 11.

CUADRO 11

Tabla 1. Máximo contenido en cloruros del hormigón

Hormigón	Cl por peso de cemento
En masa	1%
Armado	0,4%
Pretensado	0,2%

El apartado 5.7 está dedicado a dar recomendaciones para evitar la reacción árido-álcali. No aparecen limitaciones especiales en el agua de

amasado. Los requisitos para conseguir un hormigón durable se abordan en el apartado 6, también dando recomendaciones muy generales, como hace la EH-91, aunque de forma más sintética.

La clasificación de agresividad del ambiente es la misma del Eurocódigo 2. Finalmente, en la Tabla 3 se resumen todos los requisitos que debe cumplir el hormigón en función de la agresividad ambiental. Esta Tabla 3 es la que cita el Eurocódigo n° 2 en su capítulo 4.1 (véase Cuadro N° 12).

A continuación, en el apartado 7.3.1.4 se indican los requisitos de resistencia a la abrasión y es de destacar que en los apartados correspondientes a la colocación y puesta en obra del hormigón, se cuantifica el tiempo de curado en función de la mayor o menor exposición al sol.

En el apartado 7.3.1.5 se establecen los criterios de impermeabilidad al agua del hormigón, estableciendo que la penetración máxima,

CUADRO 12

Requisitos de durabilidad relacionados con las clases de ambiente

Requisitos	Clases de ambiente, de acuerdo con Tabla 2								
	1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c
Máxima relación a/c —Hormigón en masa —Hormigón armado —Hormigón pretensado	0,65 0,60	0,70 0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45
Mínimo contenido en cemento. Kg/m ³ —Hormigón en masa —Hormigón armado —Hormigón pretensado	150 260 300	200 280 300	200 280 300	300	300	300	200 280 300	300	300
Mínimo contenido de aire del hormigón fresco, en %, para tamaño máximo de árido de: —32 mm —16 mm — 8 mm	* * *	* * *	4 5 6	4 5 6	* * *	4 5 6	* * *	* * *	* * *
Resistencia al hielo de los áridos	*	*	Sí	Sí	*	Sí	*	*	*
Impermeabilidad del hormigón, de acuerdo con cláusula 7.3.1.5	*	*	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Tipos de cemento, según EN 197							Resistente a sulfatos para contenido en sulfatos: > 500 mg/kg en agua > 3.000 mg/kg en suelo		

CUADRO 13
Clases de resistencia del hormigón en función de la relación a/c

Clases de resistencia del cemento	Relación a/c				
	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
CE 32.5	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50
CE 42.5	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55

según norma ISO 7031, debe ser de 50 mm y la media debe ser de 20 mm. Para estos casos, se limita la relación a/c a 0,55.

Finalmente, en el apartado 11.3.8, relativo al plan de muestreo para los criterios de conformidad en las relaciones a/c, aparece una tabla 20 que se reproduce en el Cuadro N^o 13 (que no se aplica si se añaden adiciones del tipo II o se usan agentes aireantes) que relaciona la relación a/c con las clases de resistencia.

No aparece ninguna referencia a problemas especiales generados por juntas de hormigonado.

COMENTARIOS FINALES

El Eurocódigo 2 y su complemento la ENV 206, contienen una serie de indicaciones para asegurar una adecuada durabilidad de las estructuras de hormigón armado y pretensado, que en algunos aspectos mejoran el contenido de nuestras Instrucciones EH-91 y EP-80, y que en otros aspectos dan menores detalles o no resuelven ni cuantifican las lagunas existentes.

Así, no se cuantifica lo que se entiende por "una adecuada durabilidad" o lo que es lo mismo, no se define el número de años de vida útil de las diversas estructuras. Tampoco se alude más que muy vagamente, a qué hacer en medios especialmente agresivos, ni qué se entiende en estos casos por una durabilidad adecuada. Todo ello ha hecho, que el subcomité del CEN perteneciente al TC 104 [el WG 1 (ENV 206)/TC1 (durabilidad)], esté revisando ya el contenido de la ENV 206 y del Eurocódigo, para intentar ofrecer soluciones cuantitativas más precisas y menos ambiguas. Aunque, por el momento, su trabajo es una apuesta para el futuro, cuando se tengan que revisar la Norma y el Eurocódigo.

Para el presente, la adopción del Eurocódigo no introduce en España variantes demasiado significativas con respecto a lo que ya tenemos, excepto en el hecho de que clasifica los ambientes en dos tipos más (uno que considera las sales de deshielo y otro los ataques al hormigón), lo que lleva a una cierta mayor complejidad aparente en los requisitos de los componentes del

hormigón.

También su alcance es mayor en cuanto a los riesgos de ataque al hormigón, a los que dedica un nivel de agresividad ambiental y remite a las normas ISO para su control y detalla cómo evitarlos, en la ENV 206 (reacción árido-álcali).

Por otro lado, no hay que olvidar que el Eurocódigo permite el tratamiento más detallado a nivel nacional, de aquellos aspectos que no se consideran suficientemente tratados en él.

El cambio en la consideración de la abertura máxima de fisura, centrándolo en una sola de 0,3 mm, en general (para el pretensado es similar a nuestra Instrucción EP-80 que lo limita a 0,2), es novedad no sólo para nuestro país, y habrá que contrastar en la práctica, que realmente lleva a una mejora de la durabilidad, y no sólo a una simplificación de los cálculos. Así, el hecho de no graduar la abertura de fisura en función de la agresividad del ambiente, aparece como consecuencia de que no se ha encontrado una relación clara entre abertura de fisura y grado de corrosión. Sin embargo, y sobre todo en presencia de ambientes con cloruros (el 3 y 4) es claro que toda fisura supone un acceso fácil para la llegada del agresivo, por lo que esta limitación a 0,3 mm de la abertura de fisura puede llevar a mayores riesgos de ataque a la armadura.

Finalmente, el EC hace mayor énfasis en la importancia de la selección de la geometría de la pieza y el efecto de posibles deformaciones inesperadas.

En resumen, el Eurocódigo 2 aborda los problemas de durabilidad de una forma bastante similar a nuestras Instrucciones, con un esquema clásico de incidir sobre: a) la limitación y control de los materiales y puesta en obra del hormigón, b) limitar el contenido de cloruros y c) limitar la abertura de fisura en servicio. Es el esquema de "todo o nada" en el sentido de que se tratan de poner los medios para que la agresión no se produzca, pero no considera qué pasa cuando el agresivo entra, ni indica qué tiempo puede tardar en entrar. Es decir, sigue dejando los interrogantes sobre qué hacer en medios particularmente agresivos.

RESUMEN

Se enumeran y comentan los diversos artículos de la EH-91, EP-80, EC-2 y ENV-206 que abordan prescripciones relativas a la durabilidad del hormigón. Los comentarios se realizan de forma sucesiva, tal y como se contemplan en los distintos documentos, ya que las coincidencias entre ellos son mucho mayores que sus discrepancias. En realidad, la reciente EH-91 contiene ya la mayoría de las prescripciones que existen en el EC-2 y en la ENV-206. Así, espesores de recubrimiento, contenidos mínimos en cemento, contenidos máximos de cloruros y anchuras de fisura, son muy similares en todos los documentos. Tal vez novedades son, en los documentos europeos, que contemplan 5 clases de ambiente en lugar de las tres de los códigos españoles, y la forma de calcular las máximas anchuras de fisura. En resumen, todos los documentos siguen la línea clásica de tratamiento de los aspectos relativos a la durabilidad.

* * *

SUMMARY

The different articles related to durability aspects of EH-91, EP-80, EC-2 and ENV-206 are discussed. The comments are offered article by article due to the agreement between all the four documents is much higher than the discrepancies. In fact, the EH-91 already has incorporated most of the requirements described in EC-2 and ENV-206. Thus, concrete covers, minimum cement contents, maximum chloride proportions and crack widths are very similar in all the documents. Perhaps, innovations of the european documents compared with the national ones, are, that 5 exposure classes are considered instead of the 3 of Spanish Codes, and the models for calculation the maximum crack widths. In summary, all the documents follow the classic approach of other codes in the way they try to deal with durability aspects.

Importante competición de arquitectura abierta para estudiantes de 29 países

Un reto para los participantes españoles

Estudiantes de arquitectura procedentes de unas 350 universidades y escuelas técnicas superiores de 29 países europeos —desde el Atlántico a los Urales y desde el Mediterráneo al Artico— están invitados a participar en una competición para proyectar una nueva Academia de arquitectura e ingeniería de la construcción en Dessau, Alemania. La competición ha sido patrocinada por tres sociedades del *Grupo Pilkington: Pilkington Glass Ltd.*, Reino Unido; *Pilkington Float Glass AB*, Suecia; y *Flachglas AG*, Alemania. Las inscripciones se organizarán sobre una base regional, totalizando los premios 61.500 Ecus (aproximadamente 8,2 millones de pesetas). Se sorteará un jurado de 11 arquitectos de entre los países participantes, incluyendo al Sr. Víctor López Cotelo de Madrid (véase lista adjunta).

La competición, denominada “La Bauhaus del Futuro”, que tiene su propio logotipo, sigue los planes del estado alemán de Sachsen-Anhalt de crear una nueva escuela politécnica en tres ciudades. La sede principal de dicha escuela politécnica, la Academia que alojará las facultades de arquitectura e ingeniería y diseño de la construcción, estará situada en Dessau, hogar de la Bauhaus original inaugurada en 1926.

Ciudad Jardín de hace 100 años

Dessau, en la Alemania del Este, a 130 km al

sudoeste de Berlín, se ha visto perjudicada por su proximidad al complejo químico de Bitterfeld; pero hace 200 años, la propia Dessau fue objeto de una competición que condujo a su creación como ciudad jardín.

Se pedirá a los estudiantes que proyecten la nueva escuela politécnica en un área comprendida entre la Bauhaus original y la ciudad, dentro del contexto del proyecto de “Reino del Jardín Industrial” iniciado por el taller de Bauhaus en 1990. Los participantes recibirán detalles del proyecto del Jardín Industrial, junto con un vídeo de 20 minutos y los planos del lugar y de sus alrededores.

Sir Anthony Pilkington, Presidente del Grupo Pilkington, dice: “Aunque somos fabricantes de vidrio, se incita a los estudiantes a que especifiquen vidrio solamente donde éste contribuya a la función deseada o a la estética del proyecto. En la Bauhaus de 1927, el uso innovador del vidrio jugó un papel cardinal y de inspiración, y prevemos que los vidrios de control ambiental modernos demostrarán por sí mismos su valor sin insinuación alguna por parte del patrocinador”.

David Button, director de Pilkington Glass Consultants y Profesor de Diseño y Tecnología del Vidrio en la Universidad de Bath (que es también portavoz de las compañías alemana y sueca) dice: “La Bauhaus de Walter Gropius tuvo una historia accidentada. Importada de Weimar en 1926, pasó primero a poder de los

nazis y luego de la Unión Soviética. Su papel original como centro de excelencia en arquitectura y diseño industrial se disipó, pero fue restaurada conforme al proyecto original de Gropius, en 1976 y ha funcionado otra vez como centro para las artes y las ciencias, con inclusión de la arquitectura, desde 1987. Es particularmente agradable poder asociar la competición con la cuna de la arquitectura europea moderna y extenderla a estudiantes que serán los primeros, desde hace varias generaciones, que ejerzan en una Europa Unida”.

“La Bauhaus del Futuro” funcionará inicialmente en seis regiones:

1. Bélgica, Luxemburgo, Países Bajos, Francia.
2. Reino Unido e Irlanda.
3. Europa Central, Alemania, Austria, Suiza.
4. Europa Septentrional, Dinamarca, Noruega, Suecia, Finlandia, Islandia, Estonia.
5. Europa Oriental, Letonia, Lituania, Bulgaria, Checoslovaquia, Polonia, Ucrania, Hungría, Rusia, Bielorrusia, Rumanía.
6. Europa Meridional, Grecia, Italia, España, Portugal.

Los premios (en Ecus) dentro de cada región serán como sigue:

1º: 2.000; 2º: 1.500; 3º: 1.000; 4º: 750; 5º: 500, más 10 premios de recomendación, de 200 Ecus cada uno. Los competidores que alcancen los tres primeros puestos en cada región se calificarán para la final, en la que los premios (en Ecus) serán: 1º: 5.000; 2º: 4.000; 3º: 2.000; 4º: 2.000 y 5º: 1.000.

Puede solicitarse información adicional a la Secretaría de la Competición:

Future Bauhaus

C/o Pilkington Deutschland GmbH
Ernestinenstr. 60
Postfach 102825
D-4300 Essen 1, Alemania
Tel.: + 49 201 2946130
Fax: + 49 201 2946139

o dirigiéndose a:

Carlos Schroeder
Schroeder & Guerra
Concha Espina, 55
28016 Madrid
Tel.: 1 564 0684/96
Fax: 1 564 0687

Lista de Jurados Técnicos

Dieter Bankert, Arquitecto, Bauhaus Dessau (D).

Prof. Dipl.-Ing. Hans Busso von Busse, Munich (D).

Victor López Cotelo, Arquitecto, Madrid (E).

Ir. Mels Crouwel, Arquitecto BNA, Amsterdam (NL).

Mike Davies (Richard Rogers Ass.), Londres (GB).

Ivano Gianola, Arquitecto, BSA, Mendrisio/TI (CH).

Prof. Dipl.-Ing. Karla Kowalski, Graz (A).

Dr. Jiri Musil, Arquitecto, Praga (CS).

Dr. Penjos Stolarow, Arquitecto, Sofía (BG).

Niels Torp, Arquitecto, Oslo (N).

Claude Vasconi, Arquitecto, París (F).

Materiales*

José Manuel Gállego Estévez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Laboratorio Central de Estructuras y
Materiales, CEDEX, MOPT

1. GENERALIDADES

El EC-2 se apoya, en cuanto al hormigón, en la ENV 206, que desarrolla toda la temática de tecnología del hormigón-material.

En cuanto al acero de armar y pretensar, EC-2 desarrolla sólo parcialmente este tema, dejando para las EN 10.080 y EN 10.138 (en preparación) el desarrollo de tipos y requisitos de los aceros utilizables.

En cuanto a elementos accesorios para pretensado, EC-2 se extiende más, dado que no se ha iniciado ningún trabajo al respecto en CEN.

2. HORMIGÓN

—El hormigón ligero, inicialmente previsto para la Parte 1 del EC-2, finalmente se llevó a la parte 1C, actualmente en preparación.

—El hormigón en masa se ha llevado a la Parte 1A, en preparación.

—EC-2 no cubre en su Parte 1: hormigón sin finos, hormigón gasificado, hormigón pesado, estructuras mixtas. Tampoco cubre los aspectos de resistencia al fuego de los materiales.

—EC-2 se basa en la resistencia a compresión en probeta cilíndrica, si bien se tipifican los hormigones también según resistencia en probeta cúbica, pero sólo a efectos de métodos alternativos para comprobar cumplimiento de especificaciones.

—EC-2 no trata (como hace EH) en extenso, los componentes del hormigón (áridos, agua, etc.) sino sólo el hormigón resultante. Cómo llegar hasta ahí, debe consultarse en ENV-206.

Tipificación de hormigones, según f_{ck} , en Mpa

EC-2:	C12/15	C16/20	C20/25
	C25/30	C30/37	C35/45
	C40/50	C45/55	C50/60
	(probeta cilíndrica/cubica)		
EH-91:	H-125	H-150	H-175
	H-200	H-225	H-250
	H-300	H-350	H-400
	H-450	H-500	(kp/cm ²)

—EC-2 indica que para hormigones de resistencia inferior a C12/15 o superior a C50/60, la aplicabilidad de los criterios de EC-2 debe ser investigada, y por tanto no deben usarse para hormigón armado o pretensado, salvo justificación.

—Resistencia mínima del hormigón:

EC-2: En elementos de hormigón armado: C12/15
 En elementos con armaduras postesas: C25/30
 En elementos con armaduras pretesas: C30/37

EH-91: En hormigón en masa y hormigón armado con barras lisas: H-125.

En hormigón armado con barras corrugadas: H-150 (AEH-400)
 H-175 (AEH-500)

EP-80: Hormigón pretensado: H-250.

Por tanto, sólo en el caso de armaduras pretesas es EC más exigente que la reglamentación española.

—EC-2 da, para cada clase resistente de hormigón, los valores de resistencia a tracción media (f_{ctm}), superior, con fractil 95% (f_{ctk})

* Jornada de presentación del Eurocódigo 2. "Estructuras de Hormigón". 5.ª Ponencia.

0,95), e inferior, con fractil 5% ($f_{ctk} 0,05$). La reglamentación española sólo da valores para esta última, si bien, véase gráfico adjunto, con valores muy parecidos a los del EC-2. Sin embargo, EC es más completo, pues determinados comportamientos del hormigón son función de los valores medio o superior de la resistencia a tracción. (Véase figura 1).

—EH da, para el mismo valor de f_{ck} , valores inferiores del módulo de deformación del hormigón, en el caso de hormigones con $f_{ck} \leq 250$ kp/cm^2 y valores superiores de dicho módulo, para $f_{ck} \geq 300$ kp/cm^2 . (Véase figura 1).

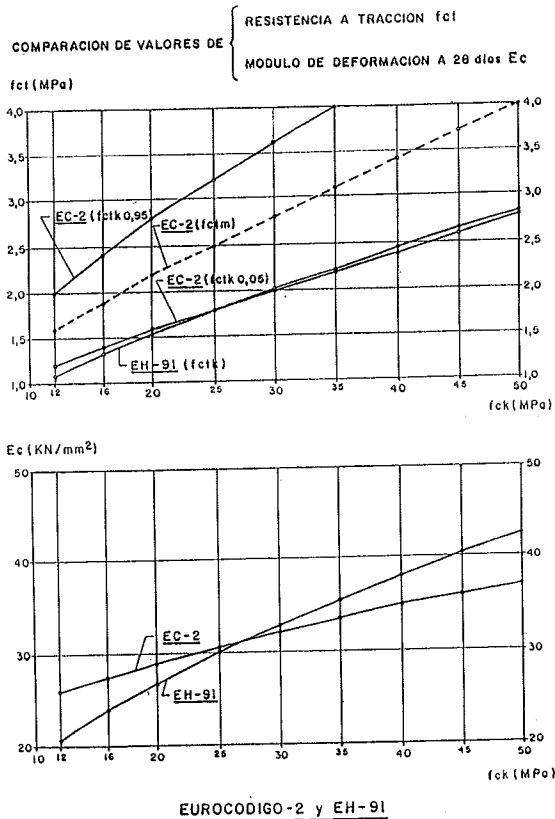


Fig. 1.

—Retracción y fluencia:

En comparación con el tratamiento extenso de EH y EP, el Eurocódigo sólo da los valores del coeficiente final (a tiempo infinito) de retracción y el de fluencia mediante sendas tablas, función de las siguientes variables:

Retracción a tiempo ∞ : $\epsilon_{cs\infty} = f$ (humedad relativa, espesor ficticio, situación interior/exterior de la pieza).

Fluencia a tiempo ∞ : $\phi(\infty, t_0) =$ (humedad relativa, espesor ficticio, edad a la puesta en carga).

Ambas tablas son válidas para consistencia plástica, según ENV 206 (cono 50 a 150 mm). Para consistencia blanda, deben multiplicarse

sus valores por 1,20 y para consistencia rígida, por 0,70. En el caso de emplear superplastificantes, debe entrarse en las tablas con la consistencia antes de añadir dicho aditivo.

Debe tenerse en cuenta la diferente definición de consistencias en EH y ENV-206.

	Consistencia	Asiento en cm.
EH:	Seca	0-2
	Plástica	3-5
	Blanda	6-9
	Fluida	10-15
ENV-206:	Rígida S1	1-4
	Plástica S2	5-9
	Plástica S3	10-15
	Blanda S4	≥ 16

La comparación entre las tablas 3.3 y 3.4 del Eurocódigo y los valores calculados según EH-91, muestra que el Eurocódigo da valores netamente superiores de la retracción (del orden de un 50% más altos, para humedad relativa 50% y del orden de un 75% más altos, para humedad relativa 80%) mientras que EH da valores moderadamente superiores de fluencia (del orden de un 18% más altos). Esta comparación corresponde a secciones normales, con valor de la relación área/perímetro entre 60 y 230.

Las tablas dadas en el Articulado del Eurocódigo se complementan con el Apéndice 1 del documento, que da expresiones, que proceden de los trabajos del C.E.B., para el cálculo de la retracción y fluencia, en casos donde se requiere mayor precisión.

El Apéndice 1 da también valores más altos de la retracción que la EH. De hecho, el Apéndice 1 coincide con la tabla 3.4 para hormigones de resistencia media, a 28 días, de 30 N/mm^2 , y da valores ligeramente superiores a la tabla, para resistencias inferiores a 30 N/mm^2 , y valores ligeramente inferiores, para resistencias superiores a dicho valor.

3. ACERO DE ARMAR

—Contempla el acero en barras, rollos y mallas electrosoldadas.

—No entra a definir los métodos de fabricación aceptables, las características requeridas, los métodos de ensayo y de comprobación de cumplimiento de especificaciones, para lo que se refiere a la EN 10.080 y documentos semejantes.

—Exige definir en términos de valores característicos, no sólo el límite elástico y la resistencia a tracción, sino también la relación entre ambos, f_t/f_y , el alargamiento bajo carga

máxima y el índice de corrugas, f_R .

—Clasifica los aceros en función de:

- Grado (límite elástico).
- Clase (según ductilidad).
- Diámetro.
- Características superficiales.
- Soldabilidad.

—En cuanto al grado, el Eurocódigo no da ninguna indicación. El estado de avance de la EN 10.080 parece indicar una tendencia a normalizar sólo un grado de acero (probablemente de $f_y = 500$ MPa) con una reducción del número de diámetros diferentes, lo cual, si bien de gran interés para los fabricantes de acero, no lo es para la economía de las construcciones.

—Clase: Introduce dos clases de ductilidad, alta y normal (distinción inexistente en España), además de prever la posibilidad de una clase S de ductilidad especialmente alta, para zonas sísmicas.

Clase H (ductilidad alta): $\epsilon_{uk} > 5\%$, $[f_t/f_y]_k > 1,08$.

Clase N (ductilidad normal): $\epsilon_{uk} > 2,5\%$, $[f_t/f_y]_k > 1,05$.

siendo ϵ_{uk} el alargamiento bajo carga máxima (valor característico).

Se indica que las barras corrugadas de menos de 6 mm de diámetro no deben ser tratadas como de ductilidad alta.

Define dos tipos de características superficiales:

- Barras corrugadas (alta adherencia).
- Barras lisas (baja adherencia).

Dicha alta adherencia vendrá regulada en la EN 10.080, cuyo borrador hace referencia a su constatación a través del índice de corrugas f_R , función de la geometría de los resaltos o nervaduras de la barra (número de filas de nervios, altura y ángulo de los resaltos, etc.). Es decir, no se exigen ensayos específicos de adherencia tipo pull-out, o beam-test, como exige la EH-91.

—Soldabilidad: Indica que el acero tendrá una soldabilidad adecuada al uso previsto, exigiendo, si se desconoce si un acero es o no soldable, y se requiere esta característica, la realización de ensayos al respecto. No obstante, debe indicarse que el borrador de EN 10.080 contempla sólo aceros soldables, garantizándose esta soldabilidad a través de los requisitos metalúrgicos de composición química del acero que a continuación se indican:

$$C_{equiv.} = C_i + \frac{Mn}{6} + \frac{C_r + M_o + V}{5} + \frac{N_i + Cu}{15} \leq 0,50$$

$$C \leq 0,24 \quad P \leq 0,055 \quad S \leq 0,055 \quad N \leq 0,013$$

donde los contenidos en los distintos elementos

se dan en %. Estos requisitos son semejantes a los de la UNE 36.068, relativa a barras corrugadas de acero soldable.

—Límite elástico real del acero: exige que no sobrepase en más de un cierto porcentaje (que se indicará en la correspondiente normativa) el valor del límite elástico garantizado del acero.

—Otras características: aptitud al doblado, resistencia de las uniones de las mallas electro-soldadas y resistencia a fatiga (para esta última característica, deberá consultarse la futura Parte 1E del Eurocódigo).

4. ACERO DE PRETENSADO

—Contempla el acero en alambres, barras y cordones.

—Como ocurría en el acero de armar, refiere para los métodos de fabricación aceptables, características requeridas, métodos de ensayo y de comprobación de cumplimiento de especificaciones, a la EN 10.138 y documentos semejantes.

—Exige definir en términos de valores característicos, la resistencia a tracción, el límite elástico 0,1% y el alargamiento bajo carga máxima.

—Clasifica los aceros en función de:

Grado (resistencia a tracción y límite elástico 0,1%).

Clase (según relajación).

Diámetro.

Características superficiales.

—En cuanto al grado, el Eurocódigo remite a la EN 10.138, en preparación. Exige que la carga máxima a tracción real del acero, no sobrepase en más de un cierto porcentaje (que se indicará en la correspondiente normativa) el correspondiente valor garantizado.

—Clase: define tres clases, según la relajación.

Clase 1: alambres y cordones de relajación alta.

Clase 2: alambres y cordones de relajación baja.

Clase 3: barras.

Para proyecto, indica que pueden tomarse como valores de relajación a 1.000 horas y 20°C, los siguientes valores de pérdida de tensión (en % de la tensión inicial).

Clase	Acero	σ_{po}/f_{pk}		
		60%	70%	80%
1	Alambres y cordones de relajación alta.	4,5	8,0	12,0
2	Alambres y cordones de relajación baja.	1,0	2,5	4,5
3	Barras	1,5	4,0	7,0

En esta tabla, σ_{po}/f_{pk} es la tensión inicial, expresada en porcentaje de la resistencia característica a tracción.

Estos valores pueden compararse con los de la Instrucción EP, que, para las pérdidas de tensión correspondientes a $\sigma_{po}/f_{pk} = 70\%$ exige:

- Alambres de baja relajación (grado R-2): 2,0.
- Torzales y cordones de baja relajación (grado R-2): 2,0.
- Alambres de relajación normal (grado R-5): 5,0.
- Torzales y cordones de relajación normal (grado R-6): 6,0.
- Barras: 3,0.

Por otro lado, el Eurocódigo da una indicación de la evolución de la relajación con el tiempo. Así, la pérdida de tensión a 100 horas sería el 55% de la pérdida a 1.000 horas, y la pérdida a muy largo plazo sería 3 veces la pérdida a 1.000 horas.

—Módulo de elasticidad del acero: el Eurocódigo establece, para esta característica, los siguientes rangos:

- Alambres y barras: 195-205 KN/mm² (valor medio, 200).
- Cordones: 175-195 KN/mm² (valor medio, 190).

EP establece que puede tomarse, en el diagrama de proyecto, el valor (si no existen datos experimentales) $E_p = 1.800.000 \text{ K}_p/\text{cm}^2$.

—Ductilidad: a efectos de análisis estructural, el Eurocódigo establece que las armaduras postesas se consideren de ductilidad alta, y las pretesas de ductilidad normal.

—Otras características: el Eurocódigo remite a la norma de aceros de pretensado, en cuanto a profundidad máxima admisible de fisuras longitudinales, resistencia a estados multiaxiales de tensión, y susceptibilidad a corrosión bajo tensión. En cuanto a la resistencia a fatiga, remite a la futura Parte 1E del Eurocódigo. En este sentido, debe decirse que las versiones de borrador del Eurocódigo eran mucho más explícitas, cuantificando en detalle todas estas características.

5. ELEMENTOS PARA PRETENSADO

El Eurocódigo hace una breve referencia, de carácter bastante general, a los anclajes y acopladores, así como a las vainas, remitiendo, para su desarrollo, a las correspondientes Normas o Documentos de Aprobación Europeas.

En cuanto a anclajes y acopladores establece los siguientes requisitos importantes (que no cuantifica) de cara al comportamiento en servicio:

—Eficacia relativa del conjunto tendón-anclaje (o del acoplador) en comparación con el tendón solo, en términos de resistencia a tracción.

—El alargamiento de rotura del conjunto tendón-anclaje (o del tendón acoplado).

—La resistencia a fatiga de dicho conjunto (o del tendón acoplado).

—La carga que puede transferir el anclaje al hormigón, teniendo en cuenta la situación del anclaje en la sección transversal del hormigón, la resistencia de éste, la separación entre anclajes y el armado de la zona de anclaje.

El Eurocódigo (cuyo desarrollo futuro en este sentido parece irá por la línea de las Recomendaciones de la FIP relativas a sistemas de pretensado, que a su vez coinciden con la tendencia de la normativa española actual) se limita, por tanto, a exigir como principio que el conjunto tendón-anclaje y el tendón acoplado tengan características mecánicas suficientes para cumplir los requisitos básicos del Capítulo 2, y que los elementos de anclaje y su disposición sean adecuados para una correcta transferencia del pretensado al hormigón, sin un grado de fisuración inaceptable de la zona de anclaje.

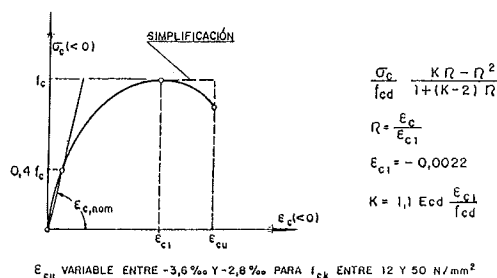
6. DIAGRAMAS TENSION-DEFORMACION DE LOS MATERIALES

a) Hormigón

El Eurocódigo establece una distinción entre diagramas para análisis estructural y diagramas para cálculo de secciones. (Véase figura 2).

DIAGRAMAS TENSION - DEFORMACION DEL HORMIGON

o) PARA ANALISIS ESTRUCTURAL



b) PARA CALCULO DE SECCIONES

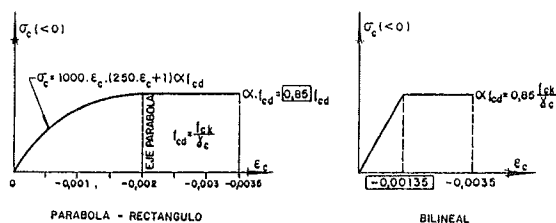


Fig. 2.

Para el análisis estructural no lineal o por métodos plásticos, o para el cálculo de efectos de segundo orden, propone un diagrama, para cargas de corta duración, de tipo parabólico, que coincide con el recogido en la EH-91 en su Artículo 43. "Pandeo", si bien permite la simplificación de sustituir la rama descendente de la parábola por un tramo horizontal. Admite, no obstante, otros diagramas, de resultados concordantes, como el bilineal.

Para el cálculo de secciones, se propone un diagrama parábola rectángulo simplificado, si bien se admiten también otros diagramas que concuerden satisfactoriamente con aquél, como el diagrama bilineal o el rectangular (en éste, acepta un bloque de compresiones de valor $[0,85] f_{cd}$, excepto si el ancho de la sección comprimida se reduce al acercarnos a la fibra extrema comprimida, en cuyo caso será de $[0,80] f_{cd}$).

b) Aceros de armar y de pretensar

Para ambos tipos de acero, y para temperaturas entre -20°C y 200°C , se propone un diagrama bilineal, con vértice en f_{yk} (acero de armar) o en $0,9 f_{pk}$ (acero de pretensar), y limitando la deformación al valor característico del alargamiento bajo carga máxima, ϵ_{uk} .

Para el cálculo de secciones (y también para comprobaciones locales), permite una de las dos hipótesis siguientes:

—Diagrama bilineal, con rama superior

horizontal y sin limitación de la deformación del acero (si bien recomienda limitarla "en algunos casos").

—Diagrama bilineal, con rama superior inclinada, y deformación del acero limitada a $[0,01]$. (Véase figura 3).

En resumen, por tanto, el Eurocódigo únicamente contempla diagramas bilineales, y no considera diagramas curvilíneos de cálculo, como hacen EH y EP para el acero pasivo sin escalón de cedencia netamente marcado, y para el acero de pretensado.

NOTA: De acuerdo con el Eurocódigo 2, los valores numéricos enmarcados (identificados por \square) son indicativos. Los Estados Miembros pueden especificar, en estos casos, otros valores distintos de los indicados.

RESUMEN

Se analizan los requisitos relativos a los materiales (hormigón, acero de armado y pretensado, elementos para pretensado) del Eurocódigo 2, comparándolos con los establecidos en las vigentes Instrucciones españolas EH y EP.

La comparación incluye tipos y clasificación de materiales, propiedades exigidas y diagramas tensión-deformación de los mismos. Se incluye también una comparación de los valores de retracción y fluencia para casos habituales.

SUMMARY

The requirements of materials (concrete, reinforcing steel, prestressing steel, prestressing devices) given in the Eurocode 2 are compared with the corresponding ones in the present Spanish Code for Plain and Reinforced Concrete, EH and Code for Prestressed Concrete, EP.

The comparison includes types and classification of materials, required properties and stress-strain diagrams. It is included also a comparison of values for shrinkage and creep for the most frequent cases.

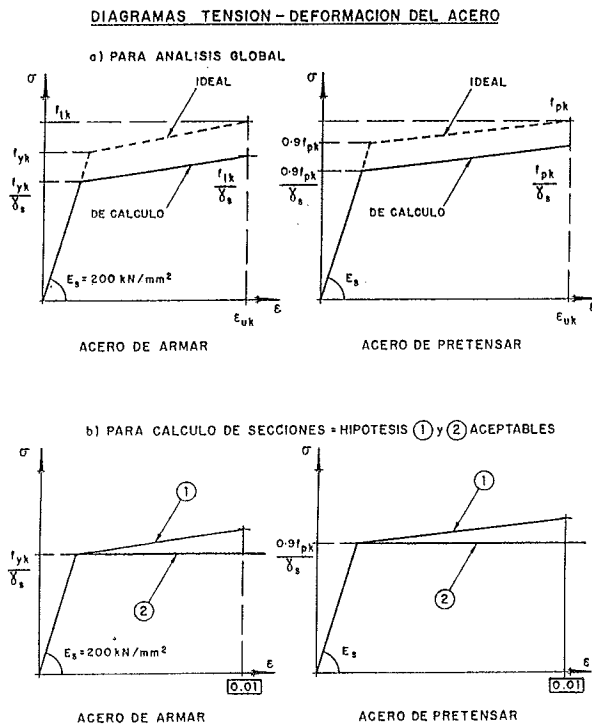


Fig. 3.

Nosotros lo hicimos.



ENSIDESA EN LA EXPO '92

ENSIDESA ha participado activamente en la Expo '92. Proyectos, suministro, fabricación y montaje de estructuras. Llave en mano.

Directamente, o a través de nuestra filial PERFRISA, hemos estado presentes en estas grandes obras :

- Puente de 'La Barqueta'
- Puente del 'V Centenario'
- Puente de 'Las Delicias'
- Puente de 'Chapina'
- Puente de 'La Cartuja'
- Puente 'Reina Sofía'
- Pabellón del Futuro
- Pabellón de Los Descubrimientos
- Edificio Expo
- Pabellón de España
- Pabellón del C.O.I.
- Pabellón de Retevisión
- Pantalla Jumbotron/Sony
- Pabellón U.S.A.
- Pabellón Canada
- Pabellón Cuba
- Pabellón Nueva Zelanda
- Pabellón Papua Nueva Guinea
- Pabellón Asturias
- Pabellón Navarra
- Pabellón La Rioja
- Pabellón Murcia
- Carril del Tren 'AVE'

ENSIDESA

Estados límites últimos (flexión/compresión y pandeo)*

Francisco Morán Cabré
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Instituto de Ciencias de la
Construcción "Eduardo Torroja"
C.S.I.C.

1. FLEXION/COMPRESION

Las disposiciones del EC2 sobre el cálculo de secciones en Flexión/Compresión (art. 4.3.1) son sensiblemente concordantes con las de la EH-91, difiriendo sólo en algunos detalles que se comentan a continuación.

Por una parte, la presentación del EC2 es más ordenada y racional, distinguiéndose entre los Principios P, de carácter general y cumplimiento obligatorio, y las Reglas de aplicación, de carácter particular y uso optativo, que pueden ser sustituidas por otras si se justifica que la seguridad es equivalente.

Por otra, se da un tratamiento unificado a estructuras de hormigón armado y de hormigón pretensado. Ello afecta, en este apartado, al diagrama de pivotes [(art. 4.3.1.2 (2)], que es el mismo que el de la EH-91, pero ligeramente distinto al de la EP vigente (Fig. 1). Esta dife-

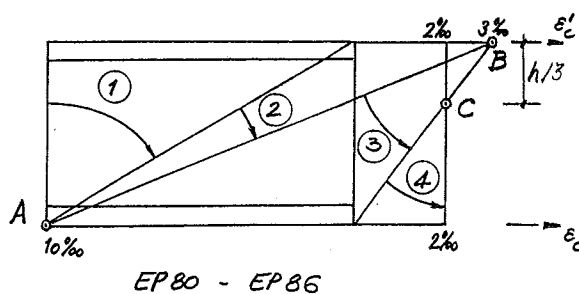
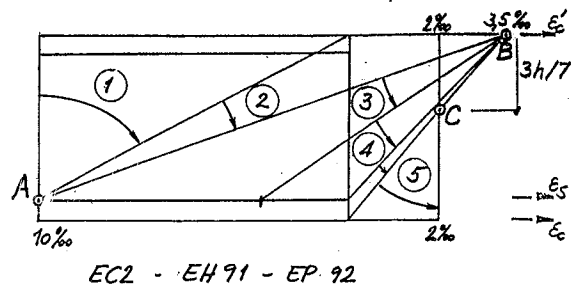
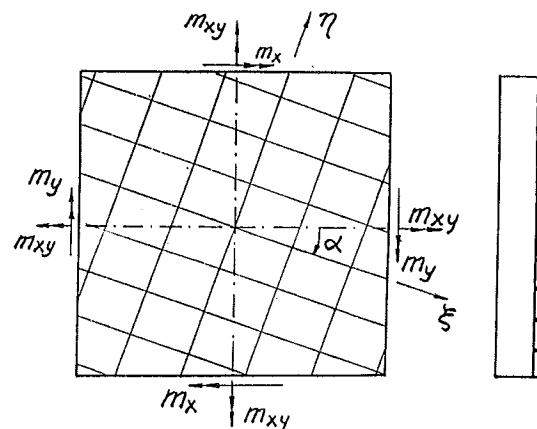


Fig. 1. Diagrama de pivotes.

* Jornada de presentación del Eurocódigo 2 "Estructuras de Hormigón", 6ª Ponencia.

rencia entre los diagramas de hormigón armado y pretensado, de repercusión práctica casi imperceptible, se introdujo en la normativa española por razones teóricas, y desaparecerá en la futura Instrucción EP-92, actualmente en elaboración, en la que se adopta el mismo diagrama de pivotes de la EH-91 y del EC2.

Por último, se trata el caso de armado de zonas de placas en las que las tensiones principales se desvían de la dirección de armado (Fig. 2), estableciéndose que si la desviación es mayor de 15 grados los momentos deben transformarse para obtener los momentos equivalentes en las direcciones de armado. El código Modelo MC-90 da reglas sencillas para efectuar esta transformación.



PARA $\alpha > 15^\circ$ HAY QUE TENER EN CUENTA
LOS MOMENTOS TORSORES m_{xy}
VER FORMULAS EN "MANUAL FLEXION" CEB
Y EN A2.B

Fig. 2. Tensiones principales oblicuas en placas.

2. PANDEO. GENERALIDADES

Frente a las 6 páginas dedicadas en la EH-91 al Pandeo (art. 43), el EC2 presenta el tema a lo largo de 14 páginas, en su artículo 4.3.5 "Esta-

dos Límites Últimos inducidos por deformaciones estructurales (Pandeo)", dedicándole además el Apéndice 3, de otras 8 páginas, que contiene información complementaria sobre el tema. Se trata, pues, de una presentación extensa de un artículo indudablemente importante y complejo, como corresponde al tema tratado, que contiene novedades significativas respecto a la EH. A continuación se analizan las más relevantes de entre estas diferencias.

Como en el caso del ELU de Flexión/Compresión, se aprecia en general un esfuerzo para mejorar la ordenación y la racionalidad de la presentación. En el Apéndice se incluyen tres organigramas destinados a aclarar la marcha de las comprobaciones que hay que efectuar en las distintas situaciones posibles y los artículos aplicables en cada caso (figuras A3.1, 2 y 3). Cabe decir que en el documento actual (Draft original de diciembre de 1989) estos organigramas están mal presentados, resultando muy difícil descifrar el contenido de varias casillas, por el reducido tamaño de la letra y la mala calidad de la reproducción.

Entre los aspectos generales debe destacarse, en primer lugar, el tratamiento de la seguridad [A3.1 (1) y (2) a (6)]. Se admite una reducción en los coeficientes de seguridad para el cálculo de deformaciones en edificios de varios pisos, definiendo como tales los que tengan una altura total sobre cimentación mayor de 22 m. Esto afecta tanto al coeficiente de mayoración de acciones como al de minoración de resistencia del hormigón, pudiéndose reducir ambos en un 10%. Por otra parte, para el cálculo de deformaciones debidas a la fluencia, se admite aplicar a las cargas cuasi-permanentes un coeficiente de mayoración de 1,1.

Respecto a estas deformaciones de fluencia, se admite el principio general de que pueden ignorarse, siempre que conduzcan a un incremento de los momentos de primer orden menor del 10% [A3.4 (8)]. Se trata de un principio puramente teórico, puesto que resulta difícil saber a priori cuál será el incremento de los momentos. Para el estudio de la fluencia se puede aplicar un método general o métodos simplificados, como un diagrama tensión-deformación del hormigón afín, o un aumento de la excentricidad adicional o de la inclinación accidental (véase más adelante). En edificios intraslacionales no prefabricados, pueden, en general, despreciarse las deformaciones de fluencia [A3.4 (9)].

Una diferencia significativa respecto a la normativa española es la obligación de tener en cuenta las imperfecciones geométricas (art. 4.3.5.4), ligadas a las tolerancias constructivas, y que pueden afectar significativamente a los esfuerzos de segundo orden. Es necesario considerar una inclinación general de la estructura [4.3.5.4 (2)] del orden de 1/200. Esta disposi-

ción, análoga a otras recogidas en el Código Modelo del CEB desde 1978, es molesta, pues exige el uso de programas de ordenador y obliga a modificar las coordenadas de los nudos de la estructura. En general, es más sencillo considerar cargas horizontales de efecto equivalente, que resultan ser del 1/200 de las cargas verticales, y que en la práctica suelen ser bastante menores que las de viento o sismo. Por ello, la repercusión práctica de esta regla no es demasiado importante, permitiendo, sin embargo, evitar el olvido completo de las cargas horizontales en el cálculo, bastante extendido todavía, por desgracia, entre algunos proyectistas españoles.

En el caso de piezas comprimidas, las imperfecciones geométricas deben tenerse en cuenta introduciendo una excentricidad adicional [4.3.5.4 (3)], que desempeña un papel análogo al de la excentricidad accidental de la EH, siendo no obstante de carácter muy distinto. Por una parte, no se trata de un valor mínimo de la excentricidad inicial, sino de un valor que hay que añadir a esa excentricidad en cualquier caso, lo que es, en general, más exigente; y por otra, depende, no de las dimensiones de la sección, sino de la longitud de pandeo de la pieza.

El mayor rigor del EC2 se manifiesta también en la obligación de tener en cuenta el comportamiento del suelo en la estabilidad de la estructura [principio A3.1 (9)], lo que está bastante alejado de la práctica común en nuestro país, y en la recomendación de no considerar coeficientes de empotramiento de rigidez demasiado elevada, que conducirían a estimaciones excesivamente optimistas de la longitud de pandeo de los soportes de pórticos, como puede verse en los nomogramas de la figura 4.2.7, equivalentes a los de la EH-91, salvo que en estos últimos no se limita la rigidez de los empotramientos.

3. PANDEO DE ESTRUCTURAS ESBELTAS

Por lo que respecta al pandeo global de estructuras (Fig. 3), el EC2 comienza por clasificarlas, por una parte, en arriostradas y no arriostradas, y por otra en intraslacionales y traslacionales.

La clasificación en arriostradas y no arriostradas (arts. 4.3.5.3.1 (1) y 4.3.5.3.2), inexistente en la EH, viene determinada por la existencia o no de rigidizadores unidos a la cimentación y cuya rigidez a flexión y cortante sea tal que atraigan, al nivel de ésta, al menos el 90% de las cargas horizontales que actúen sobre la estructura. La regla es análoga a la dada en el MC-90 del CEB, si bien en este último se presenta sólo como regla de aplicación particular para edificios, subordinada al principio general de que cualquier estructura puede considerarse arriostrada si consta de una parte arriostrada y de